

## INFORME DE LA SEGUNDA REUNIÓN INTERSESIONES DEL GRUPO ESPECIES DE ATÚN ROJO DE 2021 (En línea, 2-9 de septiembre de 2021)

*Los resultados, conclusiones y recomendaciones incluidos en este informe reflejan solo el punto de vista del Grupo de especies de atún rojo. 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 de la reunión, adopción del orden del día, disposiciones para la reunión y designación de relatores

La segunda reunión intersecciones del Grupo de especies de atún rojo de 2021 («el Grupo») se celebró en línea del 2 al 9 de septiembre de 2021. Los Dres. John Walter (Estados Unidos) y Enrique Rodríguez-Marín (UE-España), relatores, respectivamente, de los stocks del Atlántico occidental y del Atlántico este y Mediterráneo, inauguraron y copresidieron la reunión.

En nombre del secretario ejecutivo, la Dra. Ai Kimoto, y el vicepresidente del SCRS, Dr. Rui Coelho (UE-Portugal), dieron la bienvenida a los participantes de la reunión. Los copresidentes del Grupo procedieron a revisar el orden del día, que se adoptó con algunos cambios (**Apéndice 1**).

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

| <i>Sección</i>  | <i>Relatores</i>               |
|-----------------|--------------------------------|
| Puntos 1, 10    | A. Kimoto                      |
| Puntos 2.1, 2.2 | N. Taylor                      |
| Punto 2.3       | C. Peterson                    |
| Punto 2.4       | N. Taylor                      |
| Punto 2.5       | S. Miller                      |
| Punto 2.6       | H. Arrizabalaga                |
| Punto 2.7       | T. Carruthers                  |
| Punto 2.8       | A. Parma                       |
| Punto 3.1       | T. Rouyer                      |
| Punto 3.2       | S. Deguara                     |
| Punto 3.3       | S. Tensek                      |
| Punto 4         | J. Walter                      |
| Punto 5         | A. Gordo                       |
| Punto 6         | G. Melvin                      |
| Puntos 7,9      | J. Walter y E. Rodríguez-Marín |
| Punto 8         | A. Di-Natale, H. Peña          |

### 2. MSE

#### 2.1 Actualización del consultor de la MSE sobre el trabajo realizado desde la reunión del Grupo técnico de atún rojo en julio

El consultor de MSE presentó una actualización del trabajo realizado desde la reunión de 2021 del Grupo Técnico de MSE del BFT (BFT MSETG) (SCRS/P/2021/050). El informe de la reunión MSETG de atún rojo (Anón. 2021 in press), está publicado en el sitio web de ICCAT. La lista de tareas a realizar tras la reunión de julio del BFT MSETG (Anón. 2021 in press), las acciones emprendidas para completar estas tareas y los detalles adicionales de lo que se hizo se resumen en la **Tabla 1**. La prueba de robustez relacionada con la estimación de la escala en el marco de M3 se consideró una prioridad secundaria porque se había asignado la máxima prioridad a las tareas que se necesitaban inmediatamente para una presentación directa de los resultados a la Comisión en lo que quedaba de 2021.

Con respecto a la medición propuesta de "Tendencia Bastante Buena" (PGT) (**Tabla 1**), se consideró que la medición PGT no era informativa y era difícil de codificar, por lo que se modificó para que fuera la "Tendencia de Sobrepesca" (OFT), que se define como:

$$OFT = \begin{cases} \log(SSB) & SSB < \text{dynamic SSBMSY} \\ 0.1 & SSB > \text{dynamic SSBMSY} \end{cases}$$

Se realizaron recibí muchas adiciones y mejoras importantes en la aplicación shiny para resolver los problemas identificados (**Tabla 1**). Se recordó a los desarrolladores de procedimientos de ordenación candidatos (CMP) que la forma más eficaz de utilizar la aplicación shiny es descargarla y ejecutarla desde una máquina local. Esto mejorará la velocidad de la aplicación, ya que muchas peticiones simultáneas al servidor Shiny pueden hacerla más lenta.

Quedan pendientes los siguientes puntos:

1. ROM pendientes (conjunto de robustez de los OM)
  - hiperestabilidad
  - captura brasileña (donde la implementación actual es sólo parcial)
  - parámetros intermedios
  - ajuste de US\_RR\_66\_144
  - ajuste de OM#35 a distribución previa estacional
2. Investigación de los historiales de biomasa de las "capturas brasileñas"
3. Capacidad de estimación de la escala M3 con datos hasta 2019

## **2.2 Examen de las recomendaciones del Grupo de trabajo técnico sobre atún rojo de julio**

El Grupo debatió cómo se habían abordado los escenarios de reclutamiento en el desarrollo del Modelo Operativo (MO) y la ponderación de los niveles correspondientes a este eje de incertidumbre (factor). Se recordó al Grupo que la tabla de ponderaciones de los OM (**Tabla 2**) figura en la sección 9.2 del Documento de especificaciones de ensayos (TSD). La ponderación actual de los niveles del factor de reclutamiento (R) fue de 0,4, 0,4 y 0,2, para R1, R2 y R3 respectivamente.

El Grupo debatió los diagramas de Zeh. Se observó que el desempeño del procedimiento de ordenación (PM) puede compararse utilizando estos gráficos, pero que la diferencia en las medianas entre los MP debe explicarse claramente. Además, se observó que, para algunas simulaciones, es difícil discriminar entre los CMP con los diagramas de Zeh. Para cada simulación, el desempeño del CMP puede normalizarse con respecto a la media de todos los CMP. Este enfoque controla las condiciones simuladas, revelando más claramente la diferencia relativa de desempeño entre los CMP. Esta función se ha añadido como opción en los diagramas Zeh de la aplicación shiny.

### **2.2.1 Examen de la aceptabilidad de los OM recondicionados**

El consultor de la MSE presentó un breve resumen de los resultados del recondicionamiento. Los OM recondicionados presentados en junio de 2021 mostraron en general una mayor coherencia en los ajustes de los índices en relación con la matriz de referencia de los OM originales, tal como se describe en los documentos SCRS/2021/124 y SCRS/2021/125. Muchos de los OM originales mostraban claras evidencias de múltiples ajustes conflictivos o un comportamiento problemático de «viaje de ida». Con los OM reajustados, la mayor coherencia de los índices y el claro contraste de los datos hicieron que los modelos tuvieran menos conflictos entre los índices y una mayor capacidad para estimar los parámetros clave.

De los OM que requerían un reajuste, el número se redujo de 64 a 32 (R3 se basa en el ajuste R1). En general, las estadísticas relacionadas con el ajuste son comparables (y cuando son diferentes muestran un mejor ajuste). Una excepción es el índice de la prospección de larvas del Mediterráneo occidental (MED\_LAR\_SUV); pero en el caso de las proyecciones se debe a la actualización de los datos y, en cualquier caso, se caracteriza por el ajuste a partir de 2012. En el caso de la zona occidental, se hizo un gran esfuerzo para volver a ajustar los GLM de los índices de manera que las mayores discrepancias de escala entre las trayectorias no

contrastadas anteriormente "planas" y las nuevas trayectorias recientes de pendiente positiva permitieran el contraste de las series temporales para que los modelos estadísticos pudieran estimar la escala. Como consecuencia de que los datos actualizados de la zona occidental muestran más contraste, la  $B_{RMS}$  estimada para el stock occidental tiende a ser menor en las nuevas actualizaciones de los OM.

En el caso de los datos de composición por tallas, los niveles de factor de ponderación alto y bajo muestran un rango más ajustado de las trayectorias de stock, y un rango más ajustado del estado del stock. Aunque las estimaciones del estado del stock no siempre fueron tan elevadas como las anteriores, el mencionado contraste que ahora se estima en el tamaño del stock a lo largo del tiempo proporciona una mejor capacidad para estimar los parámetros clave, y probablemente proporciona trayectorias más plausibles para los stocks con largos historiales de explotación.

Cuando se compararon los ajustes a otros tipos de datos para los OM originales y reacondicionados, los ajustes de las capturas totales, los datos de stock de origen (SOO), los ajustes de las marcas electrónicas y los ajustes de la composición por tallas fueron muy similares. A grandes rasgos, las principales conclusiones del reacondicionamiento fueron las siguientes: no se produjeron cambios sustanciales, el aumento del stock oriental está ahora mejor determinado (más firme); la tendencia del stock occidental es ahora coherente entre los OM; todos los OM / stocks muestran aumentos recientes (más optimistas); en general, el condicionamiento de los OM a los datos ha mejorado con respecto a los modelos originales; y algunas de las grandes acumulaciones de atún rojo en el grupo plus se han reducido en gran medida, dado que se ha añadido la senescencia a los escenarios de baja M.

El Grupo también revisó las recomendaciones del MSETG sobre los índices que pueden utilizarse en los CMP (en la Tabla 7.1 del TSD figura la lista de índices recomendados y la justificación de la recomendación). Además, los índices US Rod & Reel (RR) 66-114 y US RR 115-144 se combinaron en un solo índice. El índice de prospección aérea del GBYP ha sido examinado y revisado por un grupo de expertos y ha sido reevaluado para su uso en el desarrollo de CMP. Se tomó la decisión de incluir el índice de prospección aérea GBYP revisado para la región de Baleares entre los que pueden utilizarse en los CMP, ya que este índice fue el que se examinó anteriormente, así como en las iteraciones más recientes del condicionamiento de los OM (véase la sección 3.3). Se está llevando a cabo una evaluación adicional de un índice combinado, así como de enfoques basados en modelos, y se podría considerar su uso en el futuro.

El Grupo también revisó otros índices que se habían considerado adecuados para el desarrollo del CMP y observó que éstos superaban las pruebas de diagnóstico. El Grupo aceptó las recomendaciones del MSETG recogidas en la tabla 7.1 del TSD (**Tabla 3**). No se propuso ninguna revisión de la matriz de referencia de OM y el Grupo adoptó la matriz de referencia actual (**Tabla 4**).

#### *2.2.2 Examen de las pruebas de robustez*

A excepción del OM de capturas brasileñas, los índices no lineales, los niveles intermedios de los parámetros para M y la sobreponderación del índice US RR 66-144, se han completado todas las pruebas de solidez prioritarias identificadas en la tabla 9.4 del documento TSD. EL OM de captura brasileña sólo necesitó pequeñas actualizaciones para completar el condicionamiento. Dado que esta reunión se centró en la matriz de referencia, el examen de estas cuatro pruebas de robustez pendientes se pospuso hasta que se completara el desempeño del CMP con respecto a la matriz de referencia. Aunque puede ser necesario realizar más pruebas de robustez en una fecha posterior, **el Grupo no tenía propuestas de pruebas de robustez adicionales y se adoptaron las recomendaciones del MSETG sobre las pruebas de robustez.**

#### *2.2.3 Consideración de cualquier revisión a la ponderación de la plausibilidad de los OM*

El Grupo revisó la tabla de referencia y observó que el MSETG no había propuesto ninguna revisión de las ponderaciones de plausibilidad para la matriz de referencia que figura en la **Tabla 4**.

Tras algunas aclaraciones sobre la matriz de referencia del OM, el Grupo acordó adoptar la matriz de referencia, señalando que se trataba de un logro importante que debía destacarse. La adopción de la matriz de referencia de los OM fue una parte esencial del proceso, que hizo posible el progreso hasta la fecha en el desarrollo de procedimientos de calibración del CMP utilizando dicha matriz de referencia.

Se recordó a los participantes que no todos los OM de la matriz de referencia se ponderaban por igual. El Grupo revisó la ponderación de cada factor/nivel que figura en la sección 9.2 del TSD. Se observó que, además de la ponderación especificada en la **Tabla 2**, habrá que conceder a las pruebas de robustez una "ponderación" en cierto sentido, de tal modo que no se les conceda una importancia desproporcionada con respecto a su plausibilidad. El Grupo observó que el papel de las pruebas de robustez en la selección de los CMP no estará del todo claro hasta que se haya completado la selección primaria de los CMP con respecto a la matriz de referencia y, por consiguiente, aplazó los debates sobre este asunto hasta más adelante.

El Grupo debatió los ejes de incertidumbre de los OM. Se señaló que la evaluación de la zona oeste se había actualizado recientemente, y se planteó la cuestión de cómo la actualización de la evaluación de la zona oeste podría afectar a la matriz de referencia. Como respuesta, se señaló que, con respecto al proceso plurianual más amplio de la MSE, siempre se aportaría nueva información en el proceso y que, en general, se aplicaban las normas de la guillotina (para no actualizar los OM ni añadir nuevos datos), de modo que los OM no se actualizaban a menos que la nueva información indicara que el stock estaba fuera del rango de niveles considerados para el conjunto de OM (tales actualizaciones tienen lugar en la siguiente ocasión en que se revisa el MP, probablemente unos cinco años después de su adopción). Dado que la actualización de la evaluación de la zona oeste sólo supuso un aumento de aproximadamente el 25 % en la escala de biomasa en equilibrio, y que la evaluación actualizada se encuentra dentro del rango existente de escalas de OM que están cubiertas por la matriz de referencia de OM, no se consideraron necesarios cambios en este momento. Se observó que el Grupo podría reevaluar su ponderación de los OM sobre la base de esta información más adelante en el proceso.

Reconociendo que las ponderaciones de plausibilidad pueden cambiar en el futuro, **el Grupo acordó las ponderaciones de los OM de referencia que figuran en la Tabla 2.**

#### *2.2.4 Plazos de desarrollo y comunicación a corto plazo para la MSE*

El Grupo revisó el calendario a corto plazo del plan de trabajo detallado propuesto por el MSETG, que incluía una lista detallada de tareas que debían completarse antes de la reunión de la Comisión de ICCAT de noviembre de 2021. El Grupo respaldó estas propuestas y las incorporó a un plan de trabajo global sobre el atún rojo.

### **2.3 Desarrollo y examen de CMP**

#### *2.3.1 Pruebas circulares de los desarrolladores de CMP*

Cada uno de los desarrolladores del CMP proporcionó una actualización mediante la presentación de un documento (por ejemplo, SCRS/2021/152; SCRS/2021/153; SCRS/2021/155; SCRS/2021/156) o de forma oral, y las descripciones matemáticas están disponibles en el **Apéndice 5**. En particular, varios desarrolladores de CMP informaron de que el desempeño de CMP, tal y como se había perfeccionado para maximizar el desempeño dentro del espacio de proyección determinista, no siempre se traducía en un desempeño aceptable cuando se aplicaba con estocasticidad (por ejemplo, la norma auxiliar de TC y AI para responder activamente a las tendencias del índice no funcionaba bien con las proyecciones estocásticas). En relación con esto, los desarrolladores de los CMP observaron que los objetivos de calibración de los CMP seleccionados desarrollados en el marco de las proyecciones deterministas no siempre se replicaron con una semejanza razonable cuando los CMP se aplicaron a las proyecciones estocásticas (por ejemplo, NC y AI). Los desarrolladores de CMP también destacaron el valor del procesamiento paralelo y la mayor potencia de computación en el proceso de desarrollo de CMP.

#### *2.3.2 Examen y comparación de los resultados de CMP*

El consultor MSE presentó una revisión y comparación de los resultados del CMP tanto formalmente (SCRS/P/2021/051) como informalmente (a través de la aplicación web shiny).

En particular, las ponderaciones de plausibilidad de los OM tuvieron un impacto mínimo en el desempeño de los CMP tanto para el stock del este como del oeste.

Se destacaron las diferencias en el desempeño de los CMP cuando se aplican en un entorno determinista en comparación con un entorno estocástico. Principalmente, la variabilidad de las mediciones del desempeño

resultantes fue mayor en los escenarios estocásticos, y los percentiles de probabilidad más bajos para las estadísticas de desempeño fueron peores en los escenarios estocásticos que en los escenarios deterministas. Estas diferencias fueron mayores en la zona oeste y en el stock occidental, donde el desempeño medio ponderado cambió entre las proyecciones deterministas y las estocásticas, especialmente en el caso de algunos CMP (como se indica en la sección 2.3.2; por ejemplo, NC, AI), en comparación con la zona este y el stock oriental (**Figura 1**). El Grupo debatió las razones de estos cambios en el desempeño, sugiriendo que podría deberse al uso de puntos de referencia dinámicos. Se observó que **las magnitudes de las diferencias en el desempeño de los CMP deterministas frente a los estocásticos eran específicas del CMP y probablemente podrían reducirse con un refinamiento posterior.**

El Grupo preguntó si el actual protocolo de calibrado debería modificarse para tener en cuenta las diferencias de desempeño de los CMP deterministas y estocásticos. Una mayor investigación sobre los factores que impulsan este desempeño diferencial (por ejemplo, la estocasticidad del reclutamiento o la variabilidad del índice) podría ayudar a responder a esta pregunta, y se propuso la idea de calibrar CMP seleccionados con un objetivo de calibrado específico en el marco de un conjunto de proyecciones estocásticas. El Grupo apoyó la calibración de los resultados estocásticos (si no resultaba prohibitivo desde el punto de vista computacional) para garantizar una comparación equitativa del desempeño de cada CMP. El consultor de MSE propuso el desarrollo de un OM dedicado a la calibración que comprenda una muestra de réplicas de OM estocásticos (SCRS/P/2021/054). El calibrado de OM propuesto tiene la ventaja de que es más representativo del desempeño global de la biomasa para la matriz estocástica completa y también hace que el calibrado de CMP sea más eficiente desde el punto de vista computacional. El Grupo apoyó la propuesta provisional (**Apéndice 6**); el calibrado específico de OM se incluirá en la próxima versión del paquete MSE y será utilizado por los desarrolladores para calibrar sus CMP.

El Grupo observó que los resultados del CMP reflejan las ventajas y desventajas de las mediciones del desempeño, y no es razonable esperar que un solo CMP supere a los demás para cada objetivo de ordenación. No se identificó ninguna medición única que describiera las ventajas y desventajas en las mediciones de desempeño clave (por ejemplo, Br30 (merma después del año de proyección 30) frente a C30 (promedio de capturas durante los años proyectados 21-30)), lo que llevó al Grupo a concluir que la integración humana de los resultados será crucial para comparar y seleccionar las mejores CMP. El Grupo debatió cómo deben utilizarse las tablas, los diagramas de ventajas y desventajas y los diagramas de proyección (diagrama de gusano de capturas y biomasa) para comparar y reducir el conjunto de CMP (véase la sección 2.4). El Grupo estuvo de acuerdo en que evitar el colapso del stock es una estadística de desempeño imprescindible para evaluar el desempeño de los MP (por ejemplo, centrarse en los MP con los percentiles más bajos de  $Br30 > 0$ ) y que debe considerarse la dinámica tanto a corto como a largo plazo (véase la sección 2.4). El Grupo destacó la necesidad de considerar y presentar la comparación de los resultados del CMP para cada stock (stocks oriental y occidental). Se observó que existen ventajas y desventajas inherentes en el desempeño de ordenación de cada zona y que el Grupo consideraría la presentación de las ventajas e inconvenientes en los desempeños para los stocks oriental y occidental con detenimiento en el futuro.

El Grupo extrajo los TAC iniciales en el primer año (2023) de implementación del CMP (C1) en todos los CMP y comprobó que había una relativa coherencia entre el asesoramiento de ordenación actual y los TAC iniciales. El Grupo remite al equipo de comunicación de la MSE la cuestión del modo en que esto podría utilizarse para informar nuevos debates. El Grupo constató con firmeza que C1 tiene poca ponderación para elegir los CMP, ya que el enfoque debería ser el desempeño a largo plazo.

El Grupo preguntó si las mediciones de desempeño (por ejemplo, la variación media anual de las capturas: AAVC) debe presentarse por separado para cada escenario de reclutamiento, reflejando el desempeño diferencial de los CMP necesario para alcanzar los objetivos de ordenación en cada escenario. Según los análisis cualitativos preliminares, el desempeño relativo de los CMP en los distintos escenarios de reclutamiento no cambió de forma apreciable.

### *2.3.3 Condensar los CMP en 2-3 para su posterior presentación en esta fase*

Se propusieron tres opciones para reducir el número de CMP en liza para su posterior consideración:

| Opción: | Descripción de la propuesta               |
|---------|-------------------------------------------|
| 1       | «Satisfaciente»                           |
| 2       | Clasificación                             |
| 3       | Centrarse en los objetivos de la Comisión |

**Opción 1- «Satisfaciente»:** Se presentó una propuesta que detalla un protocolo de satisfaciente, en el que los CMP que no alcancen un umbral mínimo de desempeño son eliminados de cualquier consideración futura.

El consultor de MSE propuso seis criterios preliminares para este umbral de “satisfaciente” (**Apéndice 7**):

- (1) Mantenimiento de una biomasa elevada en la zona este (<25 % de las simulaciones caen por debajo de Br30=0,5)
- (2) Mantenimiento de una biomasa elevada en la zona oeste (<25 % de las simulaciones caen por debajo de Br30=0,5)
- (3) Mantenimiento de altas capturas a largo plazo en la zona este (<25 % de las simulaciones caen por debajo de C30=10kt en todos los OM)
- (4) Mantenimiento de altas capturas a largo plazo en la zona oeste (<25 % de las simulaciones caen por debajo de C30=1kt en todos los OM)
- (5) Mantenimiento de una AAVC baja en la zona este (mediana de la AAVC < 25 % en todos los OM)
- (6) Mantenimiento de una AAVC baja en la zona oeste (mediana de la AAVC < 25 % en todos los OM)

Sobre la base de los criterios del umbral de «satisfaciente» prototipo propuestos anteriormente, dos CMP superaron los seis criterios de «satisfaciente» (AI4 revisado y FZ4), y cuatro CMP superaron cinco de los seis criterios de «satisfaciente» (FZ1, AI2 revisado, FZ2 y BR4).

El Grupo debatió si se debería exigir a los CMP que superen cada uno de los criterios del umbral de «satisfaciente» y si se debería ajustar la intensidad de los criterios del umbral de «satisfaciente». El desarrollo posterior del CMP debería realizarse teniendo en cuenta estos criterios. Se acordó que es necesaria la aportación de la Comisión antes de poder seguir perfilando los criterios para el umbral de «satisfaciente». **Se animó al Grupo a examinar detenidamente estos criterios propuestos y/o a proponer criterios para «satisfaciente» alternativos o mejorados, y a consultar las orientaciones proporcionadas en la reunión de julio del MSETG BFT (Anón. 2021).**

**Opción 2- Clasificación:** Se presentó una propuesta para clasificar los CMP en función de su desempeño relativo en las estadísticas de desempeño destacadas tras el debate de la reunión del MSETG de BFT de julio (véase la sección 4.5 de dicho informe).

Estas estadísticas de desempeño incluyen las destacadas en la reunión de julio del BFT MSETG (Anón. 2021), donde las mediciones incluyen: AAVC, AvC10, AvC30, AvgBr30, Br30, LD y OFT (véase la sección 2.4). Los CMP se clasificarían, por orden o desempeño relativo de cada estadística correspondiente, y los MP que obtuvieran los mejores resultados en todas las estadísticas de desempeño consideradas pasarían a un refinamiento posterior. Esta opción 2 refleja la dimensión humana necesaria para comparar y seleccionar los CMP para su posterior presentación a la Comisión.

El consultor de MSE presentó tablas de los CMP codificadas por colores y clasificadas para cada estadística de desempeño. El Grupo debatió la necesidad de reducir la dimensión de las tablas (idealmente a < 7 estadísticas de desempeño), posibles estadísticas de desempeño alternativas (por ejemplo, la incorporación de un criterio de clasificación combinado este y oeste) y la incorporación de criterios de «satisfaciente» en estas tablas. **El Grupo propuso no reducir las dimensiones de estas tablas en la reunión actual hasta que se haya logrado un mayor refinamiento de los CMP y el nivel de «satisfaciente» sea mayor, y volvió a hacer hincapié en la necesidad de examinar los diagramas de las trayectorias de las capturas y la biomasa. Se acordó que este proceso no debía precipitarse y que todas las estadísticas de desempeño debían conservarse en este momento.**

El Grupo preguntó si las estadísticas de desempeño se ponderarían, ya que no todas las mediciones de desempeño incluidas en las tablas para la clasificación de los CMP tienen la misma importancia. El Grupo señaló que algunas mediciones eran cruciales (por ejemplo, las estadísticas de LD y Br30), y que la Comisión debería informar de otros criterios de clasificación.

**Opción 3: Centrarse en los objetivos de la Comisión** La tercera propuesta consistía en centrarse específicamente en los objetivos de ordenación identificados por la Comisión (presentados en el documento de comunicación de resultados preliminares de la sección 2.5).

La Comisión esbozó cuatro objetivos conceptuales de desempeño (donde algunas cantidades y porcentajes relevantes se dejaron en blanco o no se definieron). En los casos en que los objetivos operativos no estaban totalmente definidos, se recomendó que se estudiara a fondo el espacio de ventajas y desventajas asociado y se presentara a la Comisión. **El Grupo convino en que la opción 3 podía integrarse fácilmente en las opciones 1 y 2, por lo que quedó excluida como recomendación independiente.**

El Grupo propuso combinar las opciones 1 a 3 a la hora de condensar los CMP para su posterior presentación. En particular, **el Grupo sugirió que la condensación de los CMP se basara en mayor medida en los criterios de «satisfaciente» (opción 1) y que se realizara primero el protocolo de «satisfaciente» antes de la clasificación comparativa de los CMP (opción 2).** Esto recibió un firme apoyo porque la consideración del desempeño de los CMP debe medirse en dos stocks y zonas (este y oeste), y porque el protocolo de «satisfaciente» es más fácil de explicar a las partes interesadas.

El Grupo debatió además la utilización del conjunto de OM (ROM) en la comparación y selección de CMP para su posterior presentación. Se observó que los CMP deberían superar primero, como mínimo, los criterios de «satisfaciente», y que también debería tenerse en cuenta el desempeño de los ROM a la hora de seleccionar un PM.

El Grupo dio prioridad a la necesidad de presentar a la Comisión los resultados de los CMP calibrados estocásticamente para permitir una comparación adecuada de CMP. **Se encargó a los desarrolladores de CMP que realizaran una nueva calibración siguiendo el método de calibración estocástica (Apéndice 6) lo antes posible.** El Grupo identificó además las principales ventajas e inconvenientes inherentes a la ordenación del BFT con respecto a las cuales era necesaria la aportación de la Comisión, lo que incluye (1) la captura frente a la recuperación, (2) ventajas y desventajas de la captura este-oeste, y (3) la captura frente a la AAVC (véase la siguiente tabla y la sección 2.5). A efectos logísticos, las ventajas y desventajas se priorizaron como (1) > (3) > (2). El Grupo destacó que, en esta fase, la presentación de CMP debe esbozar el espacio de ventajas y desventajas de la ordenación y que no se trata de seleccionar el mejor CMP, dejando tiempo para un mayor perfilamiento del CMP.

Visión general del plan de trabajo de MSE para 2021. Un enfoque estructurado para transmitir los resultados de la MSE a la Comisión y a la Subcomisión 2 más adelante en 2021.

| <i><b>Punto</b></i> | <i><b>Acción</b></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | Los resultados deberían ser los de los ensayos estocásticos (no deterministas) de los CMP con respecto a(principalmente) la matriz, ya que reflejan mejor la realidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2                   | Los resultados deben desarrollarse calibrándolos con respecto a los objetivos Br30 para facilitar su comparación. Esta calibración debería ser idealmente para los ensayos estocásticos, en lugar de para los deterministas como en la actualidad.                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3                   | La propuesta del consultor de MSE de calibrar los ensayos estocásticos, en lugar de utilizar una mediana de todos los OM de la matriz, representa una forma computacionalmente práctica de avanzar; dará resultados cercanos a la calibración estocástica en toda la matriz.                                                                                                                                                                                                                      |
| 4                   | Se pedirá a todos los desarrolladores que vuelvan a calibrar sus CMP con el conjunto de opciones de calibración existentes (esto no debería ser oneroso), que vuelvan a ejecutar sus CMP estocásticamente para la matriz, y que devuelvan los resultados al consultor MSE tan pronto como sea posible.                                                                                                                                                                                            |
| 5                   | El <b>primer objetivo</b> será utilizar estos resultados para las opciones de calibración existentes con el fin de ilustrar las principales ventajas y desventajas del desempeño (capturas frente al objetivo de recuperación en 30 años), para tratar de obtener (a su debido tiempo, no inmediatamente) alguna indicación por parte de la Subcomisión 2 y de la Comisión de algún rango en este espacio de ventajas y desventajas dentro del cual podrían querer considerar una elección final. |

- 6 Sólo es necesario utilizar uno de los CMP para este fin. Los mejores diagramas que se tienen que utilizar pueden decidirse más tarde (por ejemplo, la mediana AvC30 frente a la mediana Br30 o un 5 % inferior a Br30 para el este y el oeste).
  - 7 El **segundo objetivo** será mostrar la compensación este-oeste: es decir, para un mismo riesgo en términos de Br30, más capturas en el este suponen menos capturas en la zona oeste. Esto sólo requiere un CMP para la demostración, pero requerirá que el desarrollador de ese CMP ajuste los valores de los parámetros de control para mantener los objetivos de calibración de desarrollo del este y del oeste mientras, por ejemplo, se aumentan los TAC del área del este, pero se reducen los del área del oeste. Idealmente, pero no necesariamente, este CMP sería el mismo que el utilizado para (5).
  - 8 El **tercer objetivo** es demostrar, para una única elección de calibración de desarrollo, las otras ventajas y desventajas sobre las que los responsables de la toma de decisiones tendrán que asesorar en última instancia, como la variabilidad del TAC frente al TAC medio a lo largo del tiempo para el mismo riesgo de recurso, y la captura final al final del periodo en comparación con la merma más baja, etc.
  - 9 Para este último propósito se deben seleccionar tres CMP. Su elección NO debería ser con vistas a que sean los tres "mejores" actuales en algún sentido; más bien esa elección debería estar determinada por el hecho de que los tres elegidos abarquen la gama más amplia de desempeños en esos otros ejes de ventajas y desventajas para una calibración de desarrollo determinada, con el fin de ilustrar mejor la gama de opciones que podrían lograrse en la práctica.
  - 10 Sólo estos conceptos de ventajas y desventajas, y ninguno de los resultados sugeridos anteriormente, se presentarán en la reunión de la Subcomisión 2 que comienza el 15 de septiembre de 2021 (no hay suficiente tiempo asignado en esa reunión para más, y tampoco para obtener y preparar resúmenes de los resultados de lo anterior).
  - 11 Los resultados relacionados con los tres objetivos deberían presentarse en la reunión de la Subcomisión 2 asociada a la reunión de la Comisión que se celebrará a finales de este año, teniendo en cuenta que las limitaciones de tiempo impedirán que se intente conseguir demasiado en ese momento:
    - a) La máxima prioridad son los resultados que abordan el **primer objetivo**.
    - b) La siguiente prioridad se asigna a los resultados relacionados con el **tercer objetivo**
 Los resultados que abordan el **segundo objetivo** podrían elevarse en esta lista; sin embargo, hay que tener en cuenta que eso requerirá un trabajo adicional y menos directo en el CMP seleccionado para ese proceso.
  - 12 Los resultados iniciales proporcionados al consultor de la MSE tan pronto como sea posible deben ser comunicados entonces por el consultor de la MSE en la reunión del Grupo de especies de atún rojo del 21 de septiembre de 2021, para permitir que se proponga y se haga una elección de los CMP que se utilizarán para abordar cada uno de estos tres objetivos.
- 

## 2.4 Mediciones del desempeño y estadísticas para la comunicación

### 2.4.1 Examen y recorte de las mediciones existentes

y

### 2.4.2 Estadísticas para la comunicación

El consultor de la MSE explicó el uso de la aplicación shiny para mostrar las mediciones de desempeño de varios CMP. El enfoque principal era cómo se pueden mostrar las diferentes mediciones del desempeño, cómo se pueden comparar los diferentes CMP y cómo se pueden explorar las mediciones de desempeño para los CMP individuales. El consultor también sugirió que el Grupo fuera más estratégico y empezara a mirar más allá de las mediciones de desempeño Br30 y AvC30, en las que se había centrado hasta ahora. Algunos de los puntos más destacados del debate fueron:

- La AAVC (variación media anual de las capturas) es importante para la variabilidad entre periodos de ordenación y está bien relacionada con un objetivo específico de la MSE;
- C30 (mediana de las capturas entre los años 21-30) también es importante, ya que proporciona una visión de lo que es más probable que sea el TAC cuando se haya asentado, y también proporciona una perspectiva diferente a la de C10 (mediana de las capturas entre los años 1-10) o a la de AvC30 (mediana de las capturas entre los años 1-30), ya que estos comienzan en el mismo lugar (TAC inicial);



- La comparación de AvC30 y C30 permite explorar las capturas a largo plazo de un CMP, ya que los descensos pronunciados de las capturas a largo plazo pueden quedar enmascarados por los valores de AvC30;
- Para algunas medidas de desempeño, es importante revisar no sólo la mediana, sino también las colas (extremos inferior y superior de la distribución);
- En la aplicación shiny se puede utilizar "P.Tab" para ajustar los rangos intercuantiles; esto puede ser útil para comparar los CMP y eliminar los que no están alcanzando un objetivo requerido;
- Para comparar un pequeño número de CMP (o unos cuantos objetivos de calibrado diferentes para el mismo CMP), el diagrama múltiple de Zeh resulta muy útil. Esta función compara hasta 3 CMP en hasta 3 mediciones de desempeño a la vez;
- En el caso de AAVC, hay que tener cuidado al revisar esta medida de desempeño; un valor grande en un CMP puede ser lo que está permitiendo que los TAC futuros cambien lo suficientemente rápido como para manejar los supuestos de producción radicalmente diferentes incorporados en los diferentes OM, por lo que podría ser necesaria una mayor exploración;
- La pestaña de diagramas de tendencias (proyecciones estocásticas) permite a los usuarios explorar más a fondo los diagramas para considerar cómo está respondiendo el CMP a las condiciones cambiantes.

Tras esta presentación y el debate, el Grupo revisó la lista actual de mediciones del desempeño en la Tabla 10.1 del TSD para confirmar que la tabla incluía todas las mediciones de desempeño deseadas. El Grupo también revisó las mediciones de desempeño que el MSE TG había destacado como mediciones de desempeño "clave" necesarias para la evaluación de los CMP. Al revisar la lista de mediciones de desempeño, el Grupo también revisó la información que se había proporcionado hasta el momento sobre los objetivos de la MSE para asegurarse de que había mediciones de desempeño vinculadas a cada objetivo que se tiene que evaluar (Res. 18-03, [Informe de la reunión intersecciones de la Subcomisión 2 de 2020](#) e [Informe de la primera reunión intersecciones de la Subcomisión 2 de 2021](#)). Hubo cierta preocupación por el hecho de que la lista actual de mediciones de desempeño no recogiera una estadística que midiera el estado de los stocks con respecto al hecho de estar en el cuadrante verde del diagrama de Kobe ( $B > B_{RMS}$  y  $F < F_{RMS}$ ). Se ha añadido a la lista una nueva medición para cubrir este objetivo. En general, el Grupo se mostró satisfecho con la lista en su conjunto, pero introdujo algunas modificaciones que se exponen a continuación.

Las siguientes mediciones de desempeño se pusieron en negrita para identificarlas como "clave":

- Se añadió LD (la merma más baja) proporcionando el 5º percentil inferior y el 15º percentil inferior, además de la estadística de la mediana existente;
- OFT (tendencia de sobrepesca) y C30 se añadieron a la lista de mediciones de desempeño clave.

El Grupo también acordó añadir dos estadísticas a la tabla, pero no como mediciones de desempeño "clave", y eliminar una de la tabla 10.1 del TSD.

- C1 (mediana de las capturas en el primer periodo de ordenación). Esto sería útil para indicar la variabilidad de las capturas en la primera iteración del MP;
- F, estadística relacionada con la sobrepesca. La información detallada será considerada por el Grupo en el periodo intersecciones y
- Se eliminó de la tabla PGT (tendencia bastante buena).

Véase la **Tabla 5** para la nueva versión actualizada de la tabla 10.1 del TSD. El Grupo consideró que sería mejor no reducir la lista de mediciones del desempeño en ese momento, sino que era mejor esperar hasta que se mejoren los CMP. Entonces, se podría revisar la lista para ver si alguna de las mediciones de desempeño está correlacionada o es redundante. Se reconoció que la lista actual es demasiado larga para que la Comisión pueda asimilarla en su totalidad, por lo que será necesario proporcionar al equipo de comunicación de la MSE un subconjunto para los debates con la Comisión.

En el documento SCRS/2021/151 se presentaron los efectos de los períodos de transición en el desempeño de conservación y rendimiento de los del CMP. En general, el Grupo consideró que el documento era útil y sugirió que sería beneficioso debatir con la Comisión un enfoque de transición. Algunos miembros del Grupo sugirieron que en el documento se comparen los "asesoramientos sobre TAC" históricos con las capturas históricas que se utilizan actualmente en el documento.

## **2.5 Mensajes sobre la MSE (material para el SCRS, la Comisión y otras partes interesadas)**

### *2.5.1 Examen de los documentos a presentar del equipo de comunicación de la MSE: resumen de una página, resumen ejecutivo (4 páginas), presentación y diapositivas*

En la reunión de julio del BFT MSETG se creó un equipo de comunicación de la MSE y se le encargó la elaboración de una serie de materiales para compartirlos con la Subcomisión 2 y la Comisión. Entre ellos se incluye un resumen de 4 páginas sobre la estructura y los resultados preliminares de la MSE, un resumen de 1 página y proyectos de presentaciones para las reuniones de la Subcomisión 2 de septiembre y noviembre de 2021. Los materiales también serán utilizados por los embajadores de la MSE durante los seminarios web de octubre de 2021, a la espera de que la Subcomisión 2 apruebe ese programa durante su reunión del 13 al 15 de septiembre de 2021.

El Grupo acordó que los materiales de comunicación deberían centrarse en los avances científicos logrados en los últimos dos años desde el último intercambio sustantivo entre el SCRS y la Subcomisión 2 (es decir, la reunión intersesiones de marzo de 2019), en lugar de limitarse a ofrecer una visión general y una justificación de la MSE y el enfoque del MP. La Comisión ya se ha comprometido a utilizar la MSE (Rec. 15-07), y hay material de comunicación general sobre la MSE disponible en otros lugares (por ejemplo, [www.harveststrategies.org](http://www.harveststrategies.org)).

Se presentó al Grupo el proyecto del resumen de 4 páginas de la MSE y se aceptaron comentarios a lo largo de la reunión para mejorar el documento. El Grupo acordó que el documento debería hacer hincapié en las aportaciones requeridas por la Comisión durante el resto de 2021, incluidas las orientaciones sobre el nivel de riesgo aceptable en las ventajas y desventajas, los objetivos de ordenación operativos, la estructura del CMP (por ejemplo, el intervalo de fijación del TAC, los topes del TAC, la variabilidad del TAC) y los puntos de referencia (por ejemplo,  $B_{lim}$ ). También se presentarán los resultados preliminares de los CMP anónimos y representativos, principalmente para ilustrar las ventajas y desventajas.

Hubo cierta preocupación por el hecho de que el documento de resumen de 4 páginas incluía demasiados detalles técnicos para el público objetivo de las sesiones de la Subcomisión 2 y de los embajadores. Por ello, algunos detalles se han trasladado a los apéndices.

Se distribuyó al Grupo un primer borrador de la presentación de diapositivas para la reunión del 12 de noviembre de 2021 de la Subcomisión 2, pero no se presentó por falta de tiempo. Se aceptarán comentarios y sugerencias del Grupo por correo electrónico.

### *2.5.2 Proceso para el compromiso de describir el proceso de MSE para el atún rojo y resumir los resultados hasta la fecha*

El equipo de comunicación de la MSE aceptará comentarios adicionales del Grupo sobre el resumen de 4 páginas y presentará un borrador de la versión final al Grupo de especies de atún rojo el 21 de septiembre de 2021. Una vez aprobado, se elaborará el resumen de una página y se revisará la presentación de diapositivas de noviembre de 2021. Los copresidentes trabajarán con el presidente del SCRS, en consulta con el equipo de comunicación de la MSE, para desarrollar una breve presentación para la reunión intersesiones de la Subcomisión 2 de septiembre de 2021.

A la espera de que la Subcomisión 2 apruebe el programa de embajadores, un miembro del equipo de comunicación de la MSE trabajará con la Secretaría para programar al menos tres seminarios web para octubre de 2021 (uno en inglés, otro en español y otro en francés). Los embajadores utilizarán una versión modificada de la presentación de la Subcomisión 2 de noviembre de 2021 para garantizar la coherencia del contenido y el mensaje. La Secretaría y el Grupo estudiarán la posibilidad de grabar los seminarios web. Todos los materiales de comunicación de los embajadores (es decir, el folleto de 4 páginas, el folleto de 1

página, la presentación y otros materiales, incluido un glosario que se elaborará) se publicarán en el sitio web de ICCAT.

## **2.6 Criterios generales para las circunstancias excepcionales**

Las "circunstancias excepcionales" son situaciones (que se prevé que ocurran con poca frecuencia) en las que surgen razones de peso para que las recomendaciones científicas sobre los límites de capturas difieran finalmente de los resultados del MP adoptado. Se han preestablecido amplias disposiciones, asociadas a un MP en el momento de su adopción, en virtud de las cuales podrían declararse circunstancias excepcionales. Estas disposiciones suelen incluir datos que se salen del rango (normalmente algún intervalo de probabilidad especificado) proyectado cuando se adopta el MP, la falta de disponibilidad continua de algunos de esos datos y una superación considerable del TAC por parte de las capturas. La Subcomisión 2 está desarrollando actualmente un protocolo de circunstancias excepcionales para el atún blanco del Atlántico norte en esta línea, que podría ayudar a informar a un proceso similar para el atún rojo del Atlántico y el pez espada.

A menudo, las disposiciones adicionales deben adaptarse al MP adoptado y, con frecuencia, no se finalizan hasta el año siguiente a dicha adopción para dejar tiempo suficiente para su cuidadosa especificación. El Grupo consideró que éste sería un enfoque adecuado en el caso del MP que se está desarrollando actualmente y decidió no seguir debatiendo este punto del orden del día en este momento.

## **2.7 TSD**

El documento de especificación de ensayos (TSD) está ahora relativamente completo. El consultor de la MSE acordó actualizar el TSD para reflejar los comentarios del revisor del código y describir más claramente los diferentes propósitos y cálculos de las simulaciones estocásticas y deterministas. El TSD actualizado se presentó durante la reunión y la versión más reciente, que incorporaba los cambios en la sección 2.4, está disponible en el **Apéndice 8**.

## **2.8 Progresos de la revisión del código de la MSE**

La SCRS/P/2021/052 informó sobre los progresos de la revisión del código de la MSE por parte del contratista del GBYP, que se inició el 20 de julio de 2021. El trabajo realizado hasta la fecha incluye la revisión del TSF, el modelo operativo M3 ADMB, y la mayoría del código de R para organizar los datos y las entradas para el condicionamiento del modelo. Los resultados de la revisión fueron todos muy positivos, confirmando que las matemáticas de los OM eran correctas, junto con el código informático que los implementa. Se hicieron sugerencias específicas para mejorar la integridad y la claridad de la documentación, y para reducir la posibilidad de posibles errores de codificación en el futuro, pero todas estas sugerencias fueron consideradas por el revisor muy secundarias.

El consultor de la MSE tomó nota de las útiles y detalladas sugerencias recibidas y consideró que el revisor del código de la MSE había hecho un trabajo notable, en especial teniendo en cuenta la complejidad del modelo y del código. El revisor del código de la MSE señaló el notable y competente trabajo realizado al hacer el código y su documentación. Se expresó también el agradecimiento por la exhaustiva revisión del código realizada previamente por la Dra. Carmen Fernández.

Aunque la revisión aún tiene que cubrir algunos componentes del paquete de la MSE (código de proyección y resultados), así como su eficacia de cálculo, los resultados facilitados hasta la fecha indican que ICCAT puede confiar en la validez de la implementación de los principales componentes del código que se están utilizando en la evaluación de estrategias de ordenación para el atún rojo del Atlántico.

## **3. Informe de los subgrupos técnicos de atún rojo y del GBYP (líderes de los subgrupos y coordinador del GBYP)**

### **3.1 Subgrupo técnico sobre modelos de evaluación de atún rojo (EBFT)**

Se presentaron los avances del Subgrupo técnico sobre modelos de evaluación de atún rojo para el atún rojo oriental (SCRS/P/2021/049). El Subgrupo se reunió en mayo de 2021 para organizar el trabajo y definir los

equipos que operarían en las diferentes plataformas de modelación. Tras dicha reunión, los equipos desarrollaron el trabajo en su plataforma. Los equipos del Análisis de población virtual (VPA) y de Stock Synthesis presentaron su trabajo exploratorio en curso, que les permitió identificar los problemas y buscar soluciones. En particular, el trabajo de modelación de Stock Synthesis presentaba un progreso prometedor para la próxima evaluación de stock de 2022. El Grupo señaló los progresos realizados por el Subgrupo y se indicó que el trabajo en otras plataformas de modelación podría empezar en 2022. Se observó que el índice de almadrabas de Marruecos/UE-Portugal incluía peces que entraban en el Mediterráneo, pero también que salían de él, por lo que para abordar esto mejor, podría ser necesario reevaluar cómo considerar estos datos, bien como un único índice combinado o bien como información separada.

El Grupo recomendó también que el trabajo exploratorio en el VPA debería tener en cuenta el efecto de ratio de F, que puede introducir un efecto comparable a hacer que la selectividad tenga forma de cúpula cuando se usan valores por debajo de uno. El Grupo resaltó también que separar los índices con fines de prueba era aceptable en el trabajo exploratorio, pero que esto tenía que estar respaldado por una fuerte razón a priori para otras etapas de la modelación ya que esto descarta una cantidad sustancial de información. El Grupo discutió entonces la necesidad de preparar un plan de trabajo para este Subgrupo para las próximas etapas hasta la evaluación de 2022, que incluía la posible revisión del índice y la inclusión de los datos de determinación de la edad.

### ***3.2 Subgrupo técnico sobre crecimiento en las granjas de atún rojo***

El SCRS/2021/144 presentaba los datos de crecimiento y alimentación de un experimento de 30 meses realizado en Malta, en el que se presentaba el aumento en peso junto con el aumento en talla durante el periodo de ensayo y que se halló que era similar en escala al del análisis de progresión modal del GBYP (MPA) presentado en el SCRS/2021/145. Este documento (SCRS/2021/145) resumía el análisis llevado a cabo de los datos de crecimiento procedentes de ensayos de jaulas de granjas realizados en el mar de Levante, el Mediterráneo occidental, el Mediterráneo oriental y el mar Adriático. Los aumentos de talla superiores (talla) a la talla salvaje determinados en este análisis se usaron como base para el modelo alternativo prediciendo un aumento de peso descrito en el SCRS/2021/147. Durante el análisis MPA del GBYP de los datos de crecimiento en las granjas, se observó que las tallas medidas en el sacrificio eran, generalmente, ligeramente menores que las de los datos de grabación de vídeo de las cámaras estereoscópicas antes del sacrificio, esta anomalía debe analizarse y considerarse cuando se elaboren las tablas finales de crecimiento en las granjas. En el documento SCRS/2021/157 se presentaba un resumen del análisis del crecimiento de atún rojo en una jaula que implicaba el uso de un sistema de inteligencia artificial (IA) analizando datos procedentes de grabaciones de cámaras estereoscópicas y mediciones acústicas. Dicho análisis seguía el aumento en la talla de los peces durante el periodo de cría y presentaba también las mediciones de otros datos biométricos (anchura y altura) con el objetivo de estimar mejor la biomasa. Se discutieron temas como la distancia a la cámara, la turbidez y la profundidad de campo de la cámara estereoscópica, y la consecuencia de ello fue que los peces más grandes estaban menos representados en el conjunto de datos. Se acordó que el uso de sistemas de inteligencia artificial beneficiaría enormemente al cumplimiento y al control y que debería continuar el desarrollo de dichos sistemas.

En el documento SCRS/2021/147 se presentaron las tablas preliminares de crecimiento actualizadas basadas en el análisis de las grabaciones de las cámaras estereoscópicas y en los datos del sacrificio de granjas entre 2015 y 2021. En este documento, se presentaron dos tablas de crecimiento preliminares, la primera basada en el supuesto de que el atún rojo en las jaulas crece de tamaño (talla) a la misma tasa que los peces salvajes y la segunda tabla basada en los datos de talla determinados a partir del análisis MPA realizado con los datos de ensayos en granjas del GBYP (SCRS/2021/145). Se preguntó si las tablas actualizadas podrían aplicarse a una jaula entera, pero los modelos que facilitaban los porcentajes de crecimiento se determinaron usando peces individuales por lo que el uso de los valores para una jaula entera depende de si la distribución de los peces sacrificados está igualmente representada. Lo cierto es que es muy improbable que la jaula entera se encuentre en el límite superior del intervalo de confianza. Los autores explicaron también que el modelo representa mejor el crecimiento en torno a periodos de cría de 6 y 12 meses, siendo menos preciso fuera de estos puntos y que deben explorarse otros enfoques. A partir del análisis presentado en este documento, está claro que existe una gran variabilidad asociada con la ganancia de peso en las granjas.

En el documento SCRS/2021/146 se presentó una nueva ecuación talla y peso (L-W) aplicable al atún rojo capturado en las almadrabas portuguesas, en lugar de la actual ecuación, utilizando datos recopilados

durante 15 años en las almadrabas portuguesas. Se recomendó usar los datos disponibles y usar esta nueva ecuación para los atunes que tienen un factor de condición bajo, porque son atunes que migran fuera del Mediterráneo tras el desove, y son los que capturan las almadrabas portuguesas desde finales de mayo en adelante. Durante la discusión general, se señaló que la ecuación L-W aplicable de Rodríguez-Marín *et al.* (2015) ajustaba mejor la captura marroquí transferida a las jaulas. Con la adopción de la nueva ecuación L-W portuguesa, habrá cuatro ecuaciones diferentes aplicables a las capturas de atún rojo transferidas a las jaulas: almadrabas marroquíes (Rodríguez Marín *et al.* 2015), almadrabas portuguesas (SCRS/2021/146), capturas de cerco en el Adriático (Katavic *et al.* 2017) y capturas de cerco en el Mediterráneo (Deguara *et al.* 2017). Se mencionó la dicotomía entre las ecuaciones L-W utilizadas en la evaluación del stock y las usadas para las capturas que implican peces transferidos a jaulas como un tema que debería discutir el SCRS.

El SCRS/2021/150 resumía la situación respecto a las diversas tareas del estudio que estaba analizando el Subgrupo técnico sobre crecimiento en las granjas de atún rojo, algunas de las cuales fueron descritas en detalle en los documentos presentados al SCRS, así como el resultado de los análisis realizados hasta ahora. El documento presentaba tres tablas, las dos tablas de crecimiento preliminares mencionadas en el SCRS/2021/147 y la tercera tabla que resume el aumento en los datos de talla determinado por el análisis MPA descrito en el documento SCRS/2021/145 y que se utilizó como base para el modelo dando lugar a la segunda tabla preliminar de crecimiento. Las tablas agrupaban toda la población de las jaulas de la granja y dado que algunos de los datos usados en el análisis MPA cubrían periodos de solo unos meses, existe el riesgo de que el análisis sobrestime el crecimiento en las granjas si se extrapola a todo el año. En esta etapa, no habrá tablas separadas para diferentes zonas geográficas, pero son necesarios más análisis. Este documento resumen indicaba que son necesarios más análisis antes de poder elaborar las tablas finales, siendo el objetivo presentarlas antes de 2022.

Tras las discusiones y sugerencias del Grupo, los autores del SCRS/2021/147 revisaron los análisis y proporcionaron tablas actualizadas del peso previsto en el sacrificio y del aumento porcentual en peso del atún rojo como una función del tiempo pasado en las granjas y la longitud a la horquilla inicial en el momento de la introducción en jaula, pero independientes de los supuestos de crecimiento intrínseco (talla). Las nuevas tablas que reflejan estos cambios son las Tablas 1 y 2 de las Respuestas a la Comisión del Grupo (véanse el punto 6.2 y 21.26)

### 3.3 GBYP

#### 3.3.1 Otros asuntos

El SCRS/2021/138 presentaba una visión general y los resultados finales de las actividades llevadas a cabo por el GBYP en la fase 10 y el inicio de la fase 11, que fueron presentados al Grupo por el coordinador del GBYP. Las principales actividades/resultados, por línea de actividad, fueron las siguientes:

- Recuperación y gestión de datos - cambio estratégico de la recuperación de datos a la gestión de datos mediante la creación de bases de datos.
- Marcado - la nueva metodología de colocación facilitó mejoras en la recopilación de datos dado que el periodo de retención de las marcas aumentó significativamente ya que muchas marcas emergieron en la fecha programada; el nuevo enfoque para la colocación de marcas electrónicas mediante estrecha colaboración con los programas de marcado de las CPC facilitó numerosas colocaciones de marcas con costes asociados solo a la compra de las marcas; se celebró un taller de marcado electrónico.
- Estudios biológicos - se llevó a cabo un muestreo en zonas de mezcla de los dos stocks y en granjas del Mediterráneo; los análisis proporcionaron tasas de mezcla entre los dos stocks mejoradas; se realizó un segundo ejercicio de calibración de la lectura de la edad en 2000 otolitos previamente analizados por proveedor de servicios externos - Fish Ageing Services; se finalizaron los estudios de crecimiento en las granjas; se celebró un taller de análisis de ejemplares estrechamente emparentados.
- Índices independientes de la pesquería - se volvieron a analizar las series de las prospecciones aéreas utilizando un enfoque basado en el diseño; se desarrolló un estudio de viabilidad para la aplicación de un enfoque basado en el modelo para las prospecciones aéreas; en 2021 se llevó a cabo una prospección aérea piloto en el mar Balear, combinando un sistema digital y de observadores humanos; se celebró un taller de coordinación de prospecciones de larvas.

- Modelación - continuó el desarrollo de la MSE, se realizó la revisión externa del código de la MSE.

El coordinador informó también al Grupo de la necesidad de obtener la recomendación oficial del SCRS para la extensión del GBYP, dado que la recomendación anterior de 2014 de ampliarlo por 6 años ya no es válida. Propuso también un nuevo enfoque estratégico para las actividades futuras del GBYP con el fin de mejorar la eficacia del programa y adaptarlo a un escenario futuro con menos fondos.

El Grupo reconoció el gran trabajo de todo el equipo del GBYP, los numerosos resultados satisfactorios aportados por el programa y su importante contribución a la mejora del asesoramiento científico a la Comisión. No obstante, se resaltó que debería mejorarse la comunicación con los gestores, con el fin de informarles de resultados concretos del programa y de cómo estos resultados han contribuido de forma directa a la mejora de la evaluación del stock y del proceso de MSE. Se recordó también que el proceso de MSE puede usarse para cuantificar la medida en la que la recopilación de diferentes tipos de datos adicionales ayudará a mejorar aún más el asesoramiento en materia de ordenación.

Se sugirió hacer una lista de actividades del GBYP para el futuro y clasificarla por orden de prioridad, para facilitar el proceso de toma de decisiones en un posible escenario de reducción de los fondos disponibles. Por último, las limitaciones de tiempo impidieron al Grupo una discusión más amplia, en esta reunión, de las estrategias y actividades futuras del GBYP. En última instancia, muchas de tales decisiones finales tendrán que tomarlas el Comité directivo del GBYP. Para facilitar la planificación estratégica y solicitar aportaciones de muchos científicos y expertos para diversas actividades clave, el GBYP celebró dos reuniones el año pasado, una dedicada al mercado electrónico y otra a considerar más en profundidad la viabilidad del mercado recaptura de ejemplares estrechamente emparentados para el atún rojo.

El SCRS/2021/137 presentaba los resultados del ejercicio de calibración que se realizó con el objetivo de garantizar que las lecturas de edad proporcionadas por el laboratorio de Fish Ageing Services (FAS) según el protocolo revisado de lectura de ICCAT. Los autores sugirieron aplicar un vector de corrección a los otolitos leídos por FAS y con más de 10 bandas anuales, con el fin de incorporar las lecturas de FAS en las bases de datos de edad del GBYP.

### *3.2.2 Examen de la prospección aérea y del índice revisado del GBYP*

El coordinador del GBYP informó al Grupo acerca de los resultados del nuevo análisis de toda la serie temporal de las prospecciones aéreas realizada por expertos de CREEM. Los nuevos análisis realizados utilizando el enfoque basado en el diseño demostraron que las estimaciones de abundancia revisadas eran comparables a los resultados previos para tres zonas, mientras que eran diferentes para una zona, aunque dentro de los intervalos de confianza. En términos de biomasa, las dos estimaciones eran comparables para todas las regiones, excepto para una zona en un año, lo que podría deberse a la agrupación diferente de los datos. La mayor discrepancia entre los resultados previos y los nuevos era la relacionada con el peso medio previsto de los peces. Respecto al enfoque basado en el modelo, los resultados demostraron que el número de grupos y las tallas de los grupos eran ligeramente superiores que para el enfoque basado en el diseño, pero se encontraban dentro del intervalo de confianza del 95 %. No obstante, el modelo seleccionado explicaba solo pequeñas partes de variación en la densidad y había grandes incertidumbres en torno a los valores estimados, por lo tanto, son necesarios más análisis, lo que incluye más covariables medioambientales.

El coordinador informó también al Grupo acerca de los resultados de la prospección aérea piloto realizada en la zona del mar Balear en 2021, que combinaba la metodología usual basada en observadores humanos con sistemas digitales para la grabación continua de imágenes a lo largo del recorrido. Los observadores humanos avistaron 23 bancos, principalmente en la zona principal, mientras que el sistema digital identificó 15 bancos, 5 de los cuales no fueron consignados por los observadores humanos. Los resultados indican que una combinación de sistema digital y de observadores humanos es la mejor opción para las prospecciones aéreas de atún rojo.

El Grupo reiteró la importancia del índice de la prospección aérea del GBYP para la evaluación de atún rojo y el proceso de MSE, como uno de los pocos índices independientes de la pesquería que puede potencialmente aportar información sobre las tendencias de la abundancia de atún rojo. Se expresaron algunas inquietudes acerca de la fiabilidad de los resultados de la prospección aérea, dado que la proporción

de avistamientos fallidos fuera del área principal podría variar a lo largo de las series históricas de datos, lo que sugiere que se lleve a cabo otro estudio piloto el próximo año para determinar si una parte de los avistamientos fuera del área principal cambia. El coordinador explicó que los bancos avistados fuera del área principal no eran tan importantes, porque eran en su mayoría de pequeños bancos y recordó al Grupo que el objetivo de la prospección era obtener un índice de abundancia relativa y no estimaciones de abundancia absoluta.

El Grupo recomendó sustituir en la MSE los resultados anteriores de las prospecciones aéreas por los resultados revisados.

#### **4. Examen del Resumen ejecutivo de atún rojo del oeste**

El copresidente facilitó un proyecto del resumen ejecutivo para el atún rojo occidental y la mayoría de las secciones fueron adoptadas por el Grupo. El resumen se finalizará en la reunión del Grupo de especies antes del SCRS.

#### **5. Examen de los índices de abundancia y de otros indicadores de las pesquerías para el atún rojo del este**

El Grupo examinó los indicadores actualizados de abundancia del este para evaluar si respaldaban el actual asesoramiento sobre el TAC de 36.000 t recomendado para 2022 (Rec. 20-07). Para evaluar más eficazmente si los indicadores se corresponden con las proyecciones de la evaluación y, por tanto, respaldan los TAC actuales, el Comité comparó los índices actualizados con intervalos de predicción del 80 %, a partir de la proyección del caso base del modelo VPA de la evaluación de 2017 utilizando capturas observadas en 2016-2020 (**Figura 2**). La comparación del intervalo de proyección sirve como medio para evaluar si los indicadores actualizados se encuentran dentro del rango de expectativas para los modelos. Para interpretar las implicaciones de los puntos fuera de los intervalos del 80 %, el 20 % podría quedarse fuera del intervalo aleatoriamente. Considerando esto en general, los índices se ajustaban razonablemente bien dentro de los intervalos de predicción y no sugieren que el asesoramiento sobre el TAC tenga que revisarse.

Los índices de las almadrabas españolas-marroquíes y marroquíes-portuguesas incluyen a los peces que migran tanto dentro como fuera del Mediterráneo y tener en cuenta dicha dinámica requiere tratamientos estadísticos apropiados. El Grupo discutió la posibilidad de revisar los dos índices de almadrabas mediante el Subgrupo sobre índices antes de la evaluación del stock de atún rojo oriental de 2022.

El SCRS/2021/142 presentaba un índice dependiente de la pesquería basado en los cerqueros en el Mediterráneo occidental, estimado con las tasas de captura de la flota pesquera conjunta de cerco de Balfegó. El índice fluctúa en valores elevados desde 2013, de forma similar al índice de palangre japonés en el Atlántico nororiental. La talla media de los peces en la captura de cerco presentaba dos periodos diferentes posiblemente no solo debido a cambios en la población, sino a cambios en las reglamentaciones de ordenación. El nuevo protocolo implementado por esta flota en 2021 incluye, entre otras medidas, un límite máximo de talla para los bancos que pueden capturarse. Por consiguiente, el tamaño medio de la virada no refleja necesariamente el tamaño medio del banco.

#### **6. Respuestas a la Comisión**

##### **6.1 Atún rojo del Atlántico occidental**

**21.22 Asesorar a la Comisión sobre las medidas de ordenación, enfoques y estrategias adecuadas, lo que incluye, entre otras cosas, sobre los niveles de TAC para el stock de atún rojo del Atlántico occidental para años futuros. Rec. 20- 06, párr. 6(17)**

**Contexto:** 17. En 2021, el SCRS llevará a cabo una evaluación del stock de atún rojo del Atlántico oeste para incorporar los datos más recientes disponibles, lo que incluye cualquier índice nuevo de abundancia adoptado por el Grupo de especies de atún rojo, y asesorará a la Comisión sobre las medidas de ordenación, enfoques y estrategias adecuadas, lo que incluye, entre otras cosas, sobre los niveles de TAC para este stock para años

*futuros Dicha evaluación se realizará de forma que no afecte negativamente a otros trabajos del SCRS, particularmente el proceso en curso sobre la MSE para el atún rojo. Además, se contratará un experto externo de conformidad con los procedimientos estándar de ICCAT. El experto revisará la evaluación de una forma coherente con las prácticas establecidas del SCRS, preparará un informe sobre sus hallazgos y presentará sus hallazgos/resultados al Grupo de especies de atún rojo. No se requerirá una evaluación del stock de atún rojo del Atlántico occidental en 2022 a menos que el SCRS no pueda realizar una evaluación en 2021.*

En 2021, el SCRS realizó una evaluación del stock de atún rojo del Atlántico occidental para incorporar los datos disponibles más recientes, hasta 2020, incluidos los índices de abundancia revisados adoptados por el Grupo de especies de atún rojo. El Comité facilita asesoramiento a la Comisión sobre los niveles del TAC para el stock para 2022 y, a falta de la adopción de un procedimiento de ordenación candidato, para los años 2023 y 2024. Dicha evaluación se realizó de forma que no afectaba negativamente a otros trabajos del SCRS, particularmente el proceso en curso sobre la MSE para el atún rojo. Además, se contrató un experto externo de conformidad con los procedimientos estándar de ICCAT. El experto revisó la evaluación de una forma coherente con las prácticas establecidas del SCRS, y presentará un informe sobre sus hallazgos al Grupo de especies de atún rojo. No será necesaria una evaluación del stock de atún rojo del Atlántico occidental en 2022.

**21.23 EL SCRS informará a la Comisión en 2021 sobre los esfuerzos de las CPC para mejorar la recopilación y análisis de muestras biológicas de las pesquerías de atún rojo del Atlántico, como por ejemplo mediante contribuciones de muestras para el plan de muestreo coordinado recomendado por el SCRS. Rec. 20- 06, párr. 8(20)**

**Contexto:** 20. Las CPC que capturan atún rojo del Atlántico deberían contribuir a la investigación, lo que incluye a la que se está llevando a cabo en el marco del GBYP de ICCAT. Las CPC deberían realizar o continuar realizando esfuerzos especiales para mejorar la recopilación y análisis de muestras biológicas de las pesquerías de atún rojo del Atlántico, como por ejemplo mediante contribuciones de muestras para el plan de muestreo coordinado recomendado por el SCRS. En 2021, el SCRS informará a la Comisión sobre dichos esfuerzos. Además, es importante continuar explorando el muestreo y/u otros enfoques para mejorar, y cuando se requiera desarrollar, índices de abundancia precisos para los juveniles de atún rojo. Las CPC deberían realizar también esfuerzos especiales para garantizar una presentación completa y puntual al SCRS de cualquier dato recopilado.

En años recientes, muchas CPC han aumentado sustancialmente su recopilación de material biológico para determinación de la edad, genética, crecimiento, reproducción y stock de origen mediante el muestreo sistemático de las pesquerías. La cobertura de muestreo de las CPC que capturan atún rojo del oeste asciende, de media, al 15 % de la captura desembarcada y proporciona datos esenciales para la recaptura de ejemplares estrechamente emparentados (CKMR) y para hacer un seguimiento de la composición, crecimiento y reproducción del stock. Podrían realizarse mejoras en la cobertura mediante un aumento en el muestreo y programas nacionales dedicados realizados en colaboración con el GBYP. Los cálculos iniciales realizados como exploración para los estudios de recaptura de ejemplares estrechamente emparentados tanto para el atún rojo del este como para el atún rojo del oeste indican que una cobertura de muestreo mínima debería ser igual o superior al 5 % de la captura de cada CPC en número y que mayores tamaños de muestra proporcionan mayor precisión. Actualmente, las pesquerías de palangre mexicanas del golfo de México y de palangre de Japón tienen una cobertura de muestreo relativamente baja. El Comité respalda el aumento de la cobertura de muestreo biológica en las pesquerías de palangre mexicanas y japonesas para posibles estudios futuros de CKMR. Para obtener una cobertura espacial representativa, el Grupo indicó que este muestreo debería cubrir mareas en todas las pesquerías importantes de atún rojo para una CPC determinada. Además de obtener muestras de los recursos pesqueros, el Comité indicó que un mayor muestreo biológico de recursos no pesqueros (por ejemplo, prospecciones de larvas y muestreo en las granjas) ayudaría también a ampliar la cobertura de muestreo y el número de muestras para los estudios CKMR.



**Tabla:** Muestreo biológico de atún rojo de la zona occidental por CPC durante los años 2016-2019, las muestras pueden incluir otolitos, gónadas, material genético, etc.

| <i>Año</i> | Número total de peces muestreado* | Captura total en número | Cobertura de muestreo total (%) |
|------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 2016       | 1677                              | 13218                   | 13 %                            |
| 2017       | 2374                              | 13816                   | 17 %                            |
| 2018       | 2117                              | 13923                   | 15 %                            |
| 2019       | 2617                              | 17439                   | 15 %                            |

\* las muestras pueden incluir otolitos, gónadas, material genético, etc.

#### **21.24 El SCRS asesorará anualmente sobre el TAC. Rec. 20-07, párr. 1 (Rec. 19-04, párr. 5)**

**Contexto:** 5. Los totales admisibles de captura (TAC), incluidos los descartes muertos, para los años 2021 y 2022 se establecerán en 36.000 t, de conformidad con el asesoramiento del SCRS. Sin embargo, el TAC de 2022 será revisado y enmendado, según proceda, en la reunión anual de la Comisión de 2021, basándose en el nuevo asesoramiento del SCRS en 2021.

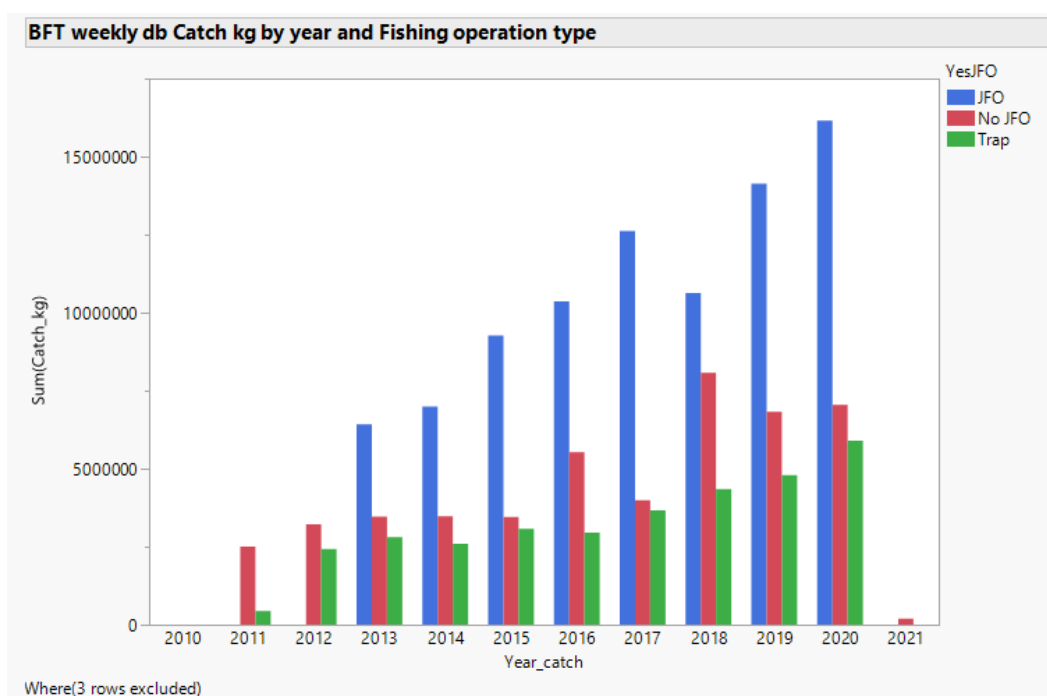
El Grupo examinó los indicadores actualizados de abundancia del este para evaluar si era necesario cambiar o no el actual asesoramiento sobre el TAC de 36.000 t recomendado para 2022 (Rec. 20-07). La inspección de los indicadores actualizados de biomasa y las proyecciones de la evaluación de 2017 no proporcionaron ninguna evidencia para alterar el actual asesoramiento en materia de ordenación. No se recomienda ningún cambio en el asesoramiento del TAC actual de 36.000 t para 2022.

### **6.2 Atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo**

**21.25 El SCRS deberá revisar a más tardar en 2021, y cada vez que se realice una evaluación de stock de atún rojo del Atlántico y Mediterráneo, que la capacidad de pesca de las CPC se corresponde con su cuota asignada utilizando las tasas de captura anuales pertinentes por segmento de la flota y arte propuestas por el SCRS y adoptadas por la Comisión en 2009. Rec. 20- 07, párr. 4(18)**

**Contexto:** 18. Cada CPC ajustará su capacidad de pesca para garantizar que es acorde con su cuota asignada utilizando las tasas de captura anuales pertinentes por segmento de la flota y arte propuestas por el SCRS y adoptadas por la Comisión en 2009. Estos parámetros deberían ser examinados por el SCRS a más tardar en 2021, y cada vez que se lleve a cabo una evaluación de stock para el atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo, lo que incluye tasas específicas para los tipos de arte y las zonas de pesca”.

La Comisión solicitó al SCRS en 2019 una revisión y actualización de las tasas de captura de las flotas que se dirigen al atún rojo del este por arte de pesca principal y categoría de talla de los buques. Desde 2010 se han implementado en las pesquerías de atún rojo del este diversos cambios y reglamentaciones (Rec. 10-04, Rec. 12-03, Rec. 14-05, Rec. 18-02, Rec. 19-04) que han tenido un impacto en la actividad de las flotas que se dirigen a este recurso tanto en el Mediterráneo como en el Atlántico este. También durante este periodo, las operaciones de cría de atún rojo se han convertido en el principal destino de las capturas, particularmente en el Mediterráneo, donde las flotas de cerco son el principal proveedor de peces salvajes a las granjas. Y las llamadas “operaciones de pesca conjunta” (JFO) definidas como “cualquier operación entre dos o más cerqueros en la que la captura de un cerquero se atribuye a uno o más de los demás cerqueros de conformidad con una clave de asignación previamente acordada» en el párrafo 3, punto g de la Rec. 19-04, se han convertido en el principal tipo de operación de pesca del stock de atún rojo del este en términos de las capturas totales (**Figura 21.25.1**)



**Figura 21.25.1.** Tendencia anual de la captura de atún rojo del este (kg) por principal tipo de operación de pesca basada en la información facilitada por los informes mensuales/semanales de 2011-2021. JFO significa operación de pesca conjunta entre dos o más cerqueros (PS). No JFO se refiere a una captura estándar de un único cerquero, 2021 representa los datos parciales presentados hasta febrero de 2021.

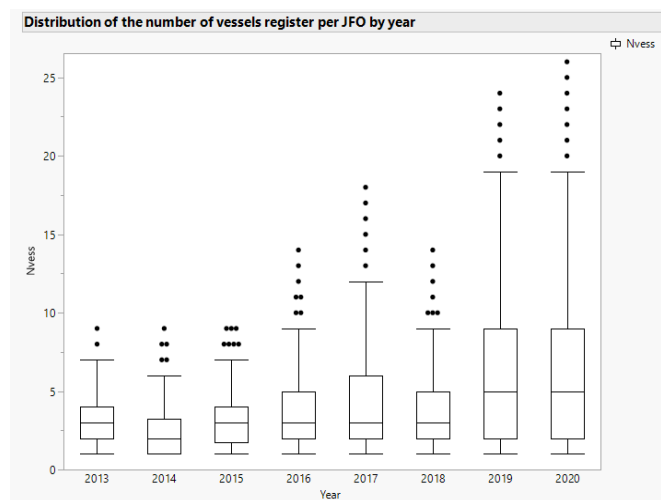
Teniendo en cuenta estos cambios en las pesquerías y las reglamentaciones de ordenación más estrictas en vigor para el stock de atún rojo del este, el SCRS destacó como principal objetivo estimar las tasas de captura, que definimos como CPUE nominal (CPUE) por buque (es decir, captura y esfuerzo, medidos como días de pesca a partir de los datos de VMS que están asociados a cada buque) en lugar de capturas agregadas entre un gran grupo de buques y tiempo como se hizo en el SCRS de 2020. El documento SCRS/2021/037 presentaba los resultados preliminares del análisis realizado por la Secretaría.

En la Secretaría, existen varias fuentes de información sobre la captura y el posible esfuerzo pesquero para el atún rojo del este, además de las estadísticas pesqueras normales de Tarea 1NC y Tarea 2CE, que incluyen datos con información sobre captura y esfuerzo por buque y/o actividad pesquera. Estas bases de datos incluyen:

- La base de datos de informes semanales/mensuales de las capturas de atún rojo, que se extienden desde 2008 hasta el presente. En estos datos, los registros de JFO incluyen los «buques reales» que realizaron la captura además de la «captura de asignación» que representa solo un valor de captura con fines de seguimiento del TAC.
- Las bases de datos de la documentación de capturas de atún rojo [BCD (2010-2016) y eBCD (2016-presente)], que consignan la captura por buque de atún rojo.
- El Programa regional de observadores (ROP), cuyos datos facilita el consorcio a la Secretaría y que incluye información sobre la captura y el buque para aquellas operaciones pesqueras del stock de atún rojo del este que deben ser objeto de seguimiento según las reglamentaciones de ordenación actuales y
- La base de datos de VMS de atún rojo del este (2008-presente), que mantiene registros de las señales de los buques transmitidas por los buques autorizados de atún rojo.

La tarea inicial ha sido revisar y hacer un control de calidad de los datos disponibles y resumir la información por fuente evaluando cuál es la cobertura de cada fuente en comparación con la captura total y qué características de las unidades de captura y esfuerzo son útiles para proporcionar estimaciones de las CPUE nominales. Uno de los principales problemas con las CPUE nominales ha sido tratar las «JFO», en las que, debido a las reglamentaciones de ordenación de ICCAT o nacionales, los buques autorizados pueden compartir/redistribuir las asignaciones de captura con fines de seguimiento, aunque podrían no participar

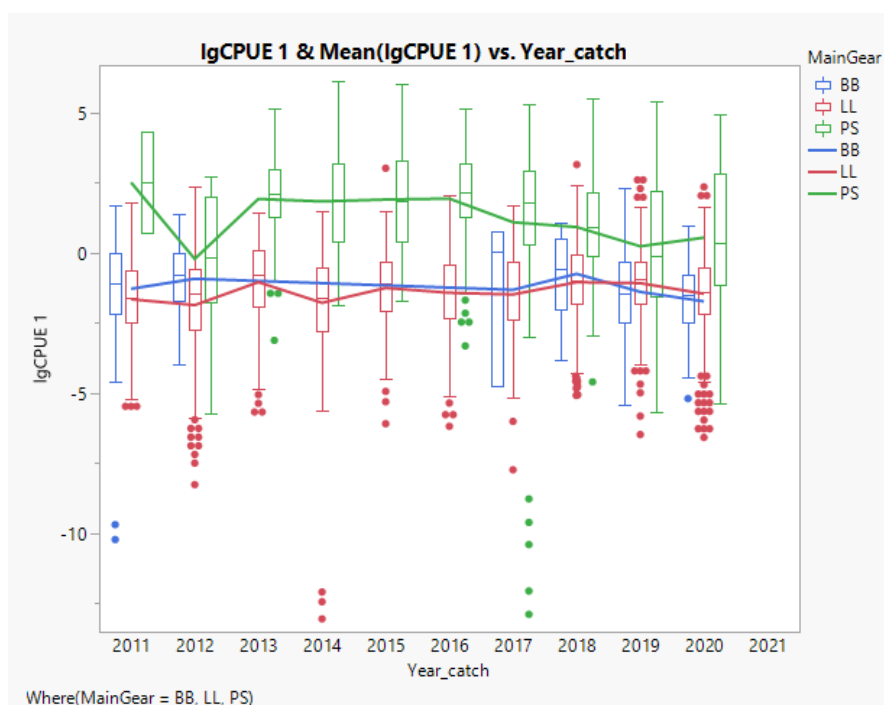
en la operación de pesca real. De hecho, las JFO se están convirtiendo en la principal opción para las CPC, lo que se refleja en la mayor captura por JFO por año, pero también en el número de buques registrados en una JFO determinada (**Figura 21.25.2**). Estas asignaciones de captura en una JFO claramente no representan la captura nominal real o verdadera para los buques individuales.



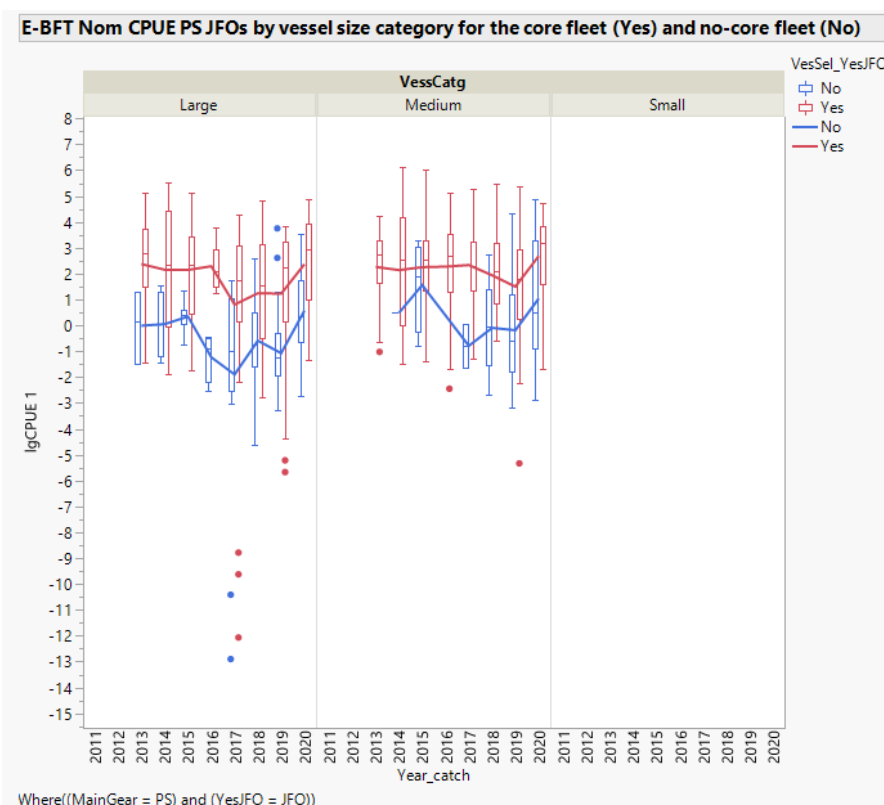
**Figura 21.25.2.** Distribución en diagrama de cajas del número de buques registrados por JFO en 2013-2020.

Antes de 2010, la Comisión requería el registro de todos los buques (> 20 m de LOA) que participaban en las pesquerías de atún rojo, que es anualmente actualizado por las CPC. Hay más de 3000 buques registrados en las pesquerías de atún rojo del este, sin embargo, en realidad una parte más pequeña de estos buques (~12 %) responde de aproximadamente el 86 % de la captura, tal y como se ha comunicado a la base de datos de informes semanales (2013-2020). Esta flota «principal» está compuesta por buques con una captura anual mínima de 5 t y al menos 4 años de captura declarada de atún rojo, y representan una flota constante y activa capturando atún rojo que puede proporcionar estimaciones fiables de las tasas de captura por categoría de buque y arte. Vinculando la base de datos de informes semanales con los datos del VMS y el eBCD, ha sido posible estimar el esfuerzo pesquero (días de pesca en el mar) y la actividad de marea/captura por buque.

Se presentan los resultados preliminares de la CPUE por actividad de cada buque (es decir, marea de pesca) para los principales artes pesqueros y por categoría de tamaño del buque. Muestran que los cerqueros (PS) tienen, en general, mayor CPUE que las operaciones de los palangreros (LL) o los cañeros (BBB), y también mayor para las JFO en comparación con las operaciones estándar de un único cerquero (**Figura 21.25.3**). Los análisis han demostrado también que, de los buques registrados, la flota «principal» que ha operado de forma más constante en la pesquería, tiene una CPUE más elevada que aquellos buques con actividades de pesca y captura más esporádicas (**Tabla 1, Figura 21.25.4**). Para la flota de palangre se obtuvieron resultados similares (**Figura 21.25.5**).



**Figura 21.25.3** Distribución de las CPUE log-nominales de atún rojo del este (toneladas por día de pesca) para los principales artes pesqueros por año a partir de la base de datos de informes semanales, 2011-2020. Cabe señalar que estas CPUE no reflejan necesariamente el mismo tratamiento de los datos utilizado para desarrollar índices con el fin de hacer un seguimiento de la abundancia relativa del stock.



**Figura 21.25.4.** Distribución de la CPUE log-nominal de atún rojo del este (toneladas por día de pesca) para la flota de cerco registrada como JFO por categoría de tamaño del buque y flota «principal» (Sí) frente a resto de la flota de cerco (No) para 2013-2020.



**Figura 21.25.5.** Distribución de la CPUE log-nominal de atún rojo del este para las operaciones de pesca estándar de las flotas de palangre por categoría del tamaño del buque (grande, medio, pequeño) y flota «principal» (líneas rojas) frente al resto de la flota de palangre (líneas azules) para 2013-2020.

**Tabla 1.** Estimaciones preliminares de las tasas de captura nominal (CPUE, toneladas por día de pesca) por tipo de arte del buque, categoría de tamaño y si participa en una operación de pesca conjunta (JFO) (líneas sombreadas) o no. La flota «principal» está compuesta por buques con una captura anual mínima de 5 t y, al menos, 4 años de captura declarada de atún rojo. Los valores proporcionados son los límites de confianza medios y superiores del 90 % (5 % inferior, 95 % superior) de las tasas de captura observadas por buque a partir de la base de datos de informes semanales de atún rojo para 2013-2020.

| Categoría del buque      | Flota principal | Pesca en JFO | CPUE nominal pesca media t/día de pesca | CPUE inferior al 95 % | CPUE superior al 95 % |
|--------------------------|-----------------|--------------|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| PS grandes LOA >= 40 m   | Sí              | Sí           | 13,14                                   | 0,38                  | 147,92                |
| PS grandes LOA >= 40 m   | No              | No           | 0,46                                    | 0,05                  | 9,53                  |
| PS grandes LOA >= 40 m   | No              | Sí           | 4,57                                    | 0,09                  | 74,23                 |
| PS medios 24 <= LOA < 40 | Sí              | No           | 15,37                                   | 1,82                  | 90,76                 |
| PS medios 24 <= LOA < 40 | Sí              | Sí           | 3,93                                    | 0,16                  | 74,68                 |
| PS medios 24 <= LOA < 40 | No              | No           | 1,06                                    | 0,03                  | 25,87                 |
| PS medios 24 <= LOA < 40 | No              | Sí           | 8,68                                    | 0,55                  | 93,60                 |
| PS pequeños LOA < 24 m   | Sí              | No           | 1,61                                    | 1,18                  | 2,21                  |
| PS pequeños LOA < 24 m   | No              | No           | 3,35                                    | 0,79                  | 12,25                 |
| LL grandes LOA >= 40 m   | Sí              | No           | 0,35                                    | 0,05                  | 1,48                  |
| LL grandes LOA >= 40 m   | No              | No           | 0,27                                    | 0,03                  | 1,21                  |
| LL medios 24 <= LOA < 40 | No              | No           | 0,03                                    | 0,00                  | 0,16                  |
| LL pequeños LOA < 24 m   | Sí              | No           | 0,23                                    | 0,01                  | 2,54                  |
| LL pequeños LOA < 24 m   | No              | No           | 0,10                                    | 0,01                  | 2,26                  |
| BB medios 24 <= LOA < 40 | Sí              | No           | 0,26                                    | 0,02                  | 2,70                  |
| BB medios 24 <= LOA < 40 | No              | No           | 0,25                                    | 0,01                  | 3,92                  |
| BB pequeños LOA < 24 m   | Sí              | No           | 0,34                                    | 0,04                  | 2,72                  |
| BB pequeños LOA < 24 m   | No              | No           | 1,00                                    | 1,00                  | 1,00                  |

El análisis continuará en 2021, centrándose en la estimación de la actividad pesquera media por componentes de la flota y en la estimación de las unidades del esfuerzo pesquero para otros artes, como las almadras de atún rojo. Es importante indicar que las tablas de las tasas de captura de 2008 proporcionaban también una estimación de «Rendimientos probables» simplemente multiplicando las tasas de captura por el número de buques activos en el registro y la Comisión estimó la capacidad pesquera dividiendo la asignación entre las tasas de captura. Si la Comisión tiene intención de usar la nueva CPUE para calcular la capacidad pesquera, será necesario contar también con una estimación de «actividad pesquera potencial» además de con el número de buques registrados, ya que las tasas de CPUE representan una captura media (t) de atún rojo por actividad pesquera (horas, días de pesca, marea, etc.) y NO por año. Por tanto, multiplicar simplemente estas CPUE nominales por el número de buques será inapropiado. De forma similar, las tasas de captura de 2008 actualmente usadas por la Comisión no son adecuadas para los cálculos de capacidad de pesca, como se indica en el informe del SCRS de 2019 (Anón. 2020).

Teniendo en cuenta las reglamentaciones actuales, lo que incluye la veda/apertura estacional, la asignación de cuota por CPC/buque y el tipo de operación pesquera (JFO) que captura la mayoría del atún rojo cada año, debe realizarse un análisis del esfuerzo pesquero para estimar alguna unidad equivalente de «posible número de días (mareas)» por principal arte y categoría de buque que pueden operar durante un año civil. Por tanto, multiplicar este posible número de días por la CPUE media por día proporcionaría una estimación del «rendimiento probable anual» más coherente y sólida.

Por último, cabe señalar que, en 2020, Noruega presentó un documento SCRS (Nøttestad *et al.* 2020) con un análisis de las tasas de captura de su flota de cerco en el Atlántico nororiental. El SCRS insta a las CPC a realizar análisis de las tasas de captura de sus flotas para contrastar los resultados con el estudio de investigación en curso.

## **7. Recomendaciones sobre ordenación, investigación y estadísticas**

### ***7.1 Recomendaciones generales a la Comisión que tienen implicaciones financieras***

El Grupo formuló las siguientes recomendaciones para 2022:

- Continuar financiando el trabajo esencial del GBYP, lo que incluye financiar el mercado y las recompensas (280.000€), los estudios biológicos (160.000€) la recopilación y envío de muestras (100.000€), otros estudios relacionados con las pesquerías (por ejemplo, índices independientes de la pesquería, 400.000€), talleres (80.000€), procesos de desarrollo de la MSE (160.000€) y la coordinación (320.000€).
- Tres reuniones dedicadas a la mejora de la MSE y al diálogo con la Subcomisión 2 (coordinadas por el GBYP, costes incluidos más arriba).
- Dos reuniones del Grupo de especies de atún rojo (reunión de preparación de datos de EBFT y MSE) y una evaluación del stock de atún rojo oriental/MSE. (Costes incluidos más arriba)
- Apoyo al subgrupo especificado sobre modelación para el atún rojo oriental (la solicitud es para que el subgrupo viaje para una reunión presencial [nueve modeladores que se decidirán en la reunión del Grupo de especies de septiembre, costes incluidos más arriba]).
- El experto externo para la revisión de la evaluación del atún rojo oriental asistirá a las reuniones de preparación de datos y de evaluación del stock (10,000€).
- Apoyo a las reuniones de los embajadores (que se celebrarán en 2021) y posible continuación en 2022 (costes incluidos más arriba).
- El Grupo respalda una revisión de todo el proceso de la MSE (todas las especies) de ICCAT en un futuro cercano.

La tabla a continuación contiene las solicitudes globales de financiación para el atún rojo (incluido el GBYP) para 2022:

| <b>Atún rojo</b>                                                                                                                                                                                 | <b>2022</b>           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Marcado, recompensas y concienciación</b>                                                                                                                                                     |                       |
| Marcado electrónico y convencional, recompensas y concienciación                                                                                                                                 | 280.000,00 €          |
| <b>Índices independientes de la pesquería:</b>                                                                                                                                                   |                       |
| <b>Estudios biológicos</b>                                                                                                                                                                       |                       |
| Microquímica                                                                                                                                                                                     | 40.000,00 €           |
| Edad y crecimiento                                                                                                                                                                               | 40.000,00 €           |
| Genética                                                                                                                                                                                         | 80.000,00 €           |
| Otros (si hubiera, es decir, índices independientes de las pesquerías)                                                                                                                           |                       |
| Prospecciones aéreas                                                                                                                                                                             | 350.000,00 €          |
| Desarrollo de enfoques basados en el modelo                                                                                                                                                      | 50.000,00 €           |
| <b>Recogida y envío de muestras</b>                                                                                                                                                              | 100.000,00 €          |
| <b>Talleres/reuniones</b>                                                                                                                                                                        |                       |
| Talleres del GBYP (TBD, probablemente más talleres para la coordinación del muestreo de atún rojo y de ejemplares estrechamente emparentados)                                                    | 80.000,00 €           |
| <b>MSE</b>                                                                                                                                                                                       |                       |
| Progreso de la MSE para el atún rojo + revisión del proceso                                                                                                                                      | 160.000,00 €          |
| <b>Subtotal:</b>                                                                                                                                                                                 | <b>1.180.000,00 €</b> |
| Coordinación del programa (incluidos salarios del personal, contrato del miembro externo del Comité directivo, viaje de los miembros del Comité directivo y participación del personal de ICCAT) | 320.000,00 €          |
| <b>TOTAL:</b>                                                                                                                                                                                    | <b>1.500.000,00 €</b> |

## 7.2 Otras recomendaciones generales

Otras recomendaciones incluían:

- Las variables del hábitat y del medio ambiente representan una importante fuente de variabilidad en los índices existentes de abundancia relativa de atún rojo, el Comité recomienda que continúen las exploraciones de los factores que pueden explicar las diferencias en la disponibilidad o la capturabilidad.
- El Comité reitera la importancia de continuar el trabajo de desarrollar e implementar modelos de evaluación alternativos para el atún rojo y considerar las revisiones de los índices de almadrabas y la posible inclusión de otros índices.

## 8. Presentación de otros documentos científicos

El SCRS/2021/136 informaba sobre algunas actividades de desove diario continuas del atún rojo en las almadrabas tradicionales en Cerdeña (UE-Italia) entre el 25 de mayo y el 20 de junio de 2020. Estas observaciones directas son importantes para describir mejor el comportamiento reproductivo de la especie, que es capaz de desovar en cualquier momento del día en condiciones adecuadas. Además, se observó la presencia inusual de muchos atunes medios-grandes, todos con claros daños en la piel. Posiblemente, algunos de ellos se escaparon tras una tormenta de una granja en España en enero de 2020. Los atunes con marcas naturales producidas por mordiscos de tiburón fueron el 5 % de los sacrificados, lo que posiblemente demuestra migraciones de larga distancia.

El SCRS/2021/158 describía el uso del sonar pesquero omnidireccional para estimar la biomasa de túnidos. Además, se presentó una primera calibración de un sonar Furuno FSV-25 utilizando archivos net-CDF. En general, se obtuvieron buenos resultados de calibración. Los resultados de la calibración se correspondían con trabajos previos usando diferentes sonares y formatos de datos. Se halló una relación positiva entre las estimaciones del sonar y la captura. Este hecho implica que la metodología propuesta para la estimación de la abundancia de un banco podría ayudar al patrón a reducir la incertidumbre al estimar el tamaño del banco objetivo y abre nuevas posibilidades para el desarrollo de indicadores de abundancia.

Se discutió la posible influencia del uso del sonar en los mamíferos marinos, y se indicó que en la mayoría de los países europeos no está prohibido su uso. Se discutió también acerca de los sistemas de sonar que pueden proporcionar estimaciones de la talla de los peces individuales, pero se mencionó la falta de evidencias científicas acerca de la precisión de estas estimaciones. Respecto a la compensación de factores entre la resolución espacial y el rango de diferentes sistemas acústicos, los sistemas de frecuencias superiores pueden proporcionar mejor resolución de los objetivos, pero con un rango limitado. El uso de estos nuevos sonares como prometedora herramienta de estimación de biomasa se acogió también con interés.

## 9. Otros asuntos

El Grupo evaluó la solicitud (SCRS/2021/154) para considerar el desarrollo de un punto de referencia límite de la biomasa ( $B_{lim}$ ). El Grupo acordó que, a efectos prácticos y de coherencia con la métrica existente en la MSE, el punto de referencia límite debería expresarse en términos de SSB, debería ser dinámico ya que los puntos de referencia son dinámicos en los OM. Pero, dada la complejidad del tema y el hecho de que el valor para  $B_{lim}$  está íntimamente relacionado con la probabilidad de infracción, por ejemplo, los valores más bajos de  $B_{lim}$  deberían estar asociados con menos probabilidades de infracción, el Grupo recomendó considerarlo más en profundidad. El Grupo indicó que, además, sería útil que el desarrollador modificara el paquete para calcular  $SSB_{lim}$  al 10 y 15 % de  $SSB_0$ , y que obtuviera las probabilidades para estos dos valores.

El Grupo revisó un borrador del plan de trabajo detallado para 2022 (**Apéndice 9**), que se finalizará en la reunión del Grupo de especies antes del SCRS.

## 10. Adopción del informe y clausura

Se adoptó el informe de la segunda reunión intersesiones de 2021 del Grupo de especies de atún rojo de ICCAT. Los Drs. Walter, Rodríguez-Marín y el presidente del SCRS agradecieron a los participantes y a la Secretaría el duro trabajo realizado y su colaboración para finalizar el informe a tiempo. La reunión fue clausurada.

## Referencias

Anon 2020. Report for biennial period, 2018-2019 Part II (2019) - Vol. 2

Anon. 2021. (in press). Report of the 2021 Intersessional Meeting of Bluefin Tuna MSE Technical Group (Online, 5 – 10 July 2021). SCRS/2021/010: 25 p.

[Informe de la reunión intersesiones de la Subcomisión 2 de 2020](#)

[Informe de la primera reunión intersesiones de la Subcomisión 2 de 2021](#)

Deguara S., GordoA., Cort J.L., Zarrad R., Abid N., Lino P.G., Karakulak S., Katavic I., Grubisic L., Gatt M., Ortiz M., Palma C., Navarro Cid J J., and Lombardo F. 2017. Determination of a length-weight equation applicable to Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) during the purse seine fishing season in the Mediterranean. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap.73(7): 2324-2332.



- Katavic I, Grubisic L, Mihanovic M., Petrina Abreu I, Talijancic I, Bubic T.S., and Zuzul I. 2017. Length-weight relationships applicable to bluefin tuna juveniles (*Thunnus thynnus*) caught for farming purposes during the purse seine fishing season in the Adriatic. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap.74(6): 3515-3522.
- Nøtttestad L., E. Boge, and R.B. Mjørland. 2020. Fishing capacity on Atlantic bluefin tuna by purse seine vessels fishing in the Norwegian EEZ from 2014 to 2019. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 77(2): 215-225.
- Ortiz M., Gallego JL., Mayor C., A. Parrilla, and Samedy V. 2021. Preliminary analyses of the ICCAT VMS data 2010-2011 to identify fishing trip behaviour and estimate fishing effort. SCRS/2021/037.
- Rodriguez-Marin E, Ortiz M, Ortiz de Urbina J.M., Quelle P, Walter J, Abid N, Addis P., Alot E., Andrushchenko I., Deguara S., Di Natale A., Gatt M., Golet W., Karakulak S., Kimoto A., Macias D., Saber S., Santos M. N., and Zarrad R.. 2015 Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) Biometrics and Condition. PLoS ONE 10(10): e0141478. doi:10.1371/journal.pone.0141478.

## TABLAS

**Tabla 1.** Recomendación y lista de tareas (recomendación/tarea) identificadas en la reunión del Grupo técnico de MSE para el atún rojo de julio de 2021, estado de las tareas (status) y detalles sobre las acciones realizadas para completar las tareas.

**Tabla 2.** Ponderaciones de plausibilidad para los OM por factores (filas) y niveles (columnas) (TSD- Tabla 9.3)

**Tabla 3.** Selección de índice y simulación para su potencial inclusión en CMP (TSD- Tabla 7.1.)

**Tabla 4.** Factores y niveles de factores de incertidumbre clave de los modelos operativos de la matriz de referencia (TSD- Tabla 9.1)

**Tabla 5.** Mediciones del desempeño calculadas como parte de los resultados de la MSE para cada OM y CMP. Las siete mediciones clave del desempeño aparecen en negrita (TSD-Tabla 10.1).

## FIGURAS

**Figura 1.** Br30 ponderada calculada según las proyecciones deterministas (línea azul) frente a las estocásticas (línea naranja) en todos los CMP para los stocks oriental (arriba) y occidental (abajo).

**Figura 2.** Índices actualizados (valores posteriores a 2019, línea negra vertical) comparados con los intervalos de predicción del 80 % del VPA de 2017 proyectado hacia adelante con capturas observadas y reclutamiento medio de 6 años. Los puntos rojos son los índices utilizados en la evaluación y los puntos negros son los valores de los índices actualizados o revisados. Las líneas negras gruesas son la tendencia central del componente de la población correspondiente al índice. Para interpretar las implicaciones de los puntos fuera de los intervalos del 80 %, el 20 % podría quedarse fuera del intervalo aleatoriamente. Téngase en cuenta que la metodología utilizada para elaborar el índice de larvas del Mediterráneo occidental se ha revisado sustancialmente desde la evaluación de stock de 2017, lo que produjo fluctuaciones notablemente diferentes entre los índices originales y los actualizados.

## APÉNDICES

**Apéndice 1.** Orden del día.

**Apéndice 2.** Lista de participantes.

**Apéndice 3.** Lista de documentos y presentaciones.

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

**Apéndice 5.** Descripciones matemáticas de los CMP.

**Apéndice 6.** Propuesta de desarrollo de un OM estocástico específico para su uso en la calibración del desarrollo de CMP.

**Apéndice 7.** Ejemplo ilustrativo de «satisfaciente».

**Apéndice 8.** Especificaciones para los ensayos de MSE para el atún rojo en el Atlántico norte. Versión 21-3: 9 septiembre 2021. Las especificaciones para los ensayos de MSE se incluyen en un documento dinámico que se modifica constantemente. La versión más reciente del documento (versión 21-3: 9 de septiembre de 2021) puede consultarse [aquí](#).

**Apéndice 9.** Proyecto de plan de trabajo detallado propuesto para el resto de 2021 y para 2022.

**Table 1.** Recommendation and task list (Recommendation/Task) identified at the July 2021 BFT MSE Technical Group meeting, the status of the tasks (status) and the details about what actions were taken to complete the tasks.

| Class | Recommendation/task                                              | Actions taken                           | Details                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Catch-at-length graphing glitch resolved                         | Resolved at July 2021 meeting           |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2     | Robustness test: Intermediate Parameter ROMs                     | Postponed due to tight time constraints |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2     | Robustness test: Hyperstability ROMs                             | Postponed due to tight time constraints |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2     | Robustness test: Brazilian catch (post 1965 correction included) | Postponed due to tight time constraints |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2     | Robustness test: US_RR_66_144 fit                                | Postponed due to tight time constraints |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2     | Robustness test: OM#35 fit to seasonal prior                     | Postponed due to tight time constraints |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3     | AAVC metric needs coding as a mean by simulation.                | Package development                     | AAVC metric fixed (now mean % absolute difference across projected years per sim)                                                                                                                                                                                                             |
| 3     | PGT metric revised to quantitative (now overfished, OFT)         | Package development                     | PGT is now 'overfished trend'                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3     | OM weighting in tuning                                           | Package development                     | Added OM_wt vector to package:<br>Added new function to return weighted Br30:                                                                                                                                                                                                                 |
| 4     | Shiny app updates (e.g. OM weighting)                            | Many updates to Shiny apps were made    | a. OM weighting<br>b. Deselect / Select all in CMP<br>c. Select by CMP type and tuning<br>d. Download MSE results data<br>e. East – west trade-off plot<br>f. By-simulation normalization option for Zeh plot (to reveal relative performance differences controlling for simulated dynamics) |
| 5     | Investigation of M3 scale estimation                             | Postponed due to tight time constraints |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

**Table 2.** Plausibility weights for OMs by factors (rows) and levels (columns). (TSD- Table 9.3)

| Factor/Level | 1    | 2    | 3    | 4    |
|--------------|------|------|------|------|
| Recruitment  | 0.40 | 0.40 | 0.20 |      |
| Spawn/M      | 0.50 | 0.50 |      |      |
| Scale        | 0.30 | 0.30 | 0.15 | 0.25 |
| Length comp  | 0.50 | 0.50 |      |      |

**Table 3.** Index selection and simulation for potential inclusion in CMPs (TSD- Table 7.1.)

| Index            | Details                                          | Selectivity               | Recommended for CMPs | STD value*                 | AC*                        |
|------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|
| CAN GSL RR       | 1988-2020, Q3, GSL                               | 14: RRCAN                 | No                   | -                          | -                          |
| CAN SWNS RR      | 1996-2020, Q3, W Atl                             | 14: RRCAN                 | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| US RR 66-144     | 1995-2020, Q3, W Atl                             | 15: RRUSAFS (50 – 150cm)  | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| US RR 66-114     | 1995-2020, Q3, W Atl                             | 15: RRUSAFS (50 – 125cm)  | No***                | OM-estim                   | OM-estim                   |
| US RR 115-144    | 1995-2020, Q3, W Atl                             | 15: RRUSAFS (100 – 150cm) | No***                | OM-estim                   | OM-estim                   |
| US RR 177+       | 1993-2020, Q3, W Atl                             | 16: RRUSAFB (175cm+)      | No                   | -                          | -                          |
| JPN LL West2     | 2010-2020, Q4, W Atl                             | 18: LLJPNnew              | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| US-MEX GOM PLL   | 1994-2019, Q2, GOM                               | 1: LLOTH                  | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| GOM LAR SUV      | 1977-2019 (gaps 1979-1980, 1985), Q2, GOM        | SSB                       | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| CAN ACO SUV2     | 2017-2018, Q3, GSL                               | 14: RRCAN (150cm+)        | No**                 | -                          | -                          |
| MOR POR TRAP     | 2012-2020, Q2, S Atl                             | 13: TPnew                 | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| JPN LL NEAtl2    | 2010-2019, Q4, N Atl                             | 18: LLJPNnew              | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| FR AER SUV2      | 2009-2019 (gap 2013), Q3, Med                    | 15: RRUSAFS               | Yes                  | OM-estim                   | OM-estim                   |
| GBYP AER SUV BAR | 2010-2018 (gaps 2012, 2014, 2016), Q2, Med       | SSB                       | Yes                  | 0.45#                      | 0.2#                       |
| W-MED LAR SUV    | 2001-2019 (gaps 2006, 2007, 2009, 2011), Q2, Med | SSB                       | Yes                  | OM-estim (years 2012-2019) | OM-estim (years 2012-2019) |

\* OM-estim means OM-specific estimates from the index residuals of the corresponding OM fit (Section 7.5). When the estimated AC is < 0, it is fixed at AC=0 for the projections with that OM.

\*\* The Canadian acoustic survey index is simulated in the BFT MSE package, but should not be used in CMPs at this time because of uncertainty about calibration in the change to a different vessel.

\*\*\* Not recommended for CMPs but still projected for sensitivity runs.

# GBYP AER SUV BAR index will be refit by the MSE Contractor and SE and AC re-evaluated with a preference given to using estimated SE and AC values

**Table 4.** Factors and levels of key uncertainty factors the Reference Grid operating models (TSD- Table 9.1)

| Factor: <b>Recruitment*</b>                                             |                                                                                                        |                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                         | Western stock                                                                                          | Eastern stock                                                                                                                                            |
| level 1                                                                 | B-H with $h=0.6$ ("high $R_0$ ") switches to $h = 0.9$ ("low $R_0$ ") starting from 1975               | 50-87 B-H $h=0.98$ ("low $R_0$ ") switches to 88+ B-H $h=0.98$ ("high $R_0$ ")                                                                           |
| level 2                                                                 | B-H with $h=0.6$ fixed, high $R_0$                                                                     | B-H with $h=0.7$ fixed, high $R_0$                                                                                                                       |
| level 3                                                                 | Historically as in level 1. In projections, "low $R_0$ " switches back to "high $R_0$ " after 10 years | Historically as in level 1. In projections, 88+ B-H with $h=0.98$ ("high $R_0$ ") switches back to 50-87 B-H with $h=0.98$ ("low $R_0$ ") after 10 years |
| Factor: <b>Spawning fraction/Natural mortality rate for both stocks</b> |                                                                                                        |                                                                                                                                                          |
| level A                                                                 | Younger spawning (E+W same)/High natural mortality                                                     |                                                                                                                                                          |
| level B                                                                 | Older spawning (different for the 2 stocks)/Low natural mortality (with senescence)                    |                                                                                                                                                          |
| Factor: <b>Scale**</b>                                                  |                                                                                                        |                                                                                                                                                          |
|                                                                         | West area                                                                                              | East area                                                                                                                                                |
| level --                                                                | 15kt                                                                                                   | 200kt                                                                                                                                                    |
| level -+                                                                | 15kt                                                                                                   | 400kt                                                                                                                                                    |
| level +-                                                                | 50kt                                                                                                   | 200kt                                                                                                                                                    |
| level ++                                                                | 50kt                                                                                                   | 400kt                                                                                                                                                    |
| Factor: <b>Length composition weighting in likelihood</b>               |                                                                                                        |                                                                                                                                                          |
| level L                                                                 | 0.05                                                                                                   |                                                                                                                                                          |
| level H                                                                 | 1                                                                                                      |                                                                                                                                                          |

\* For recruitment factor level 1 two stock-recruitment relationships are estimated each corresponding to an historical time period. In both the western stock and the eastern stock the steepness of the stock-recruitment curves are specified for these two time periods but unfished recruitment ( $R_0$ ) is re-estimated to capture a regime shift in stock productivity. Recruitment factor level 3 only differs from level 1 in projections, where the estimated regime shift switches back to earlier productivity. Hence, recruitment factor level 3 does not require fitting, historical fit is the same as factor level 1.

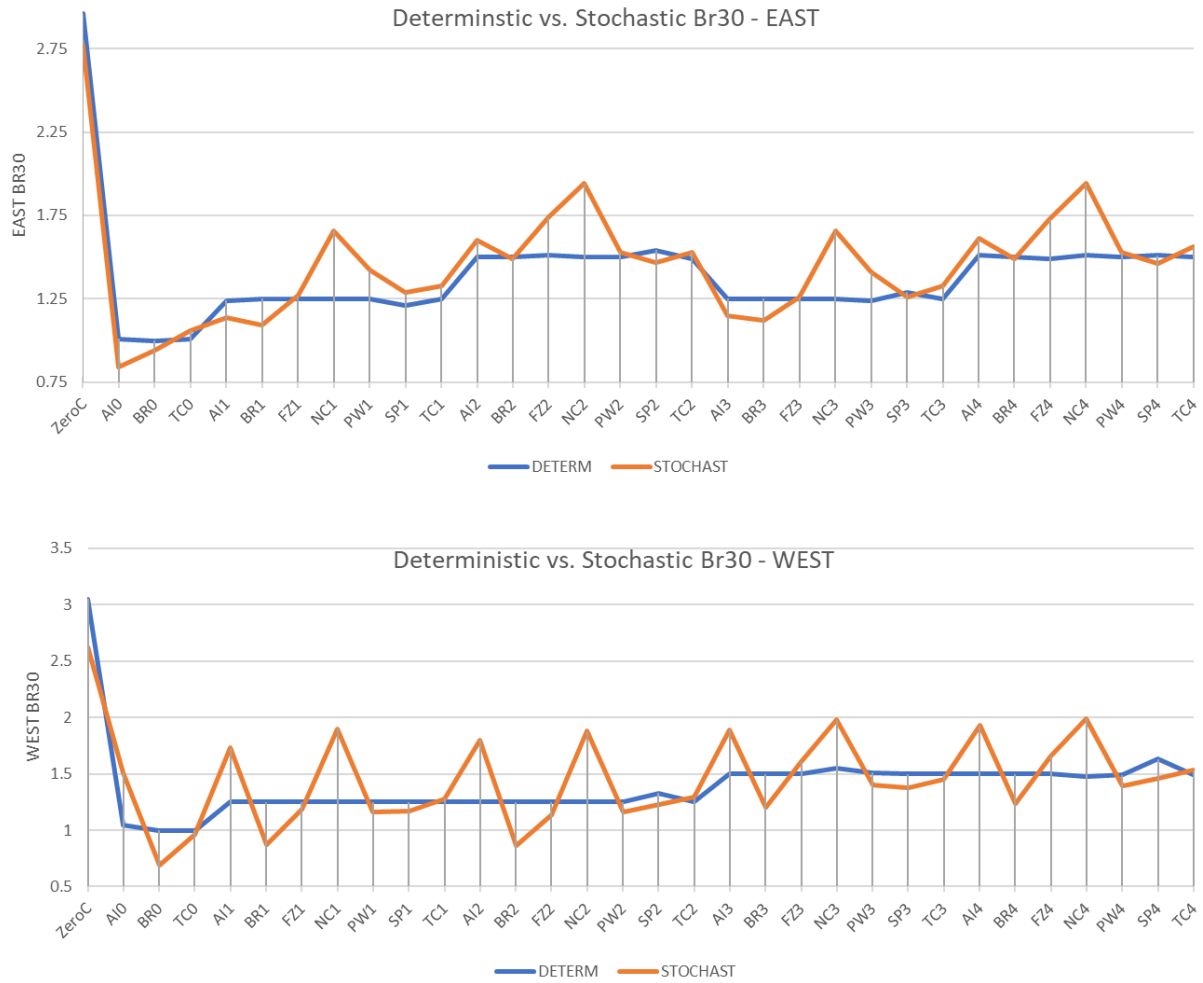
\*\*The scale factor is intended to reflect extremes of area-specific spawning stock biomass based very approximately on the 2017 stock assessment values. The numbers correspond with mean SSB values over the years 1968-2015 in the West area and 1974-2015 in the East areas. The fitting criterion in the conditioning of any OM includes penalty terms to ensure that the output SSB trajectories for the East and West areas for that OM have means over the periods indicated that match the two values applying to that OM as given in the table.

**Table 5.** Performance Measures calculated as part of the MSE outputs for each OM and CMP. Performance Measures in bold text indicate the key 7 ones (TSD-Table 10.1).

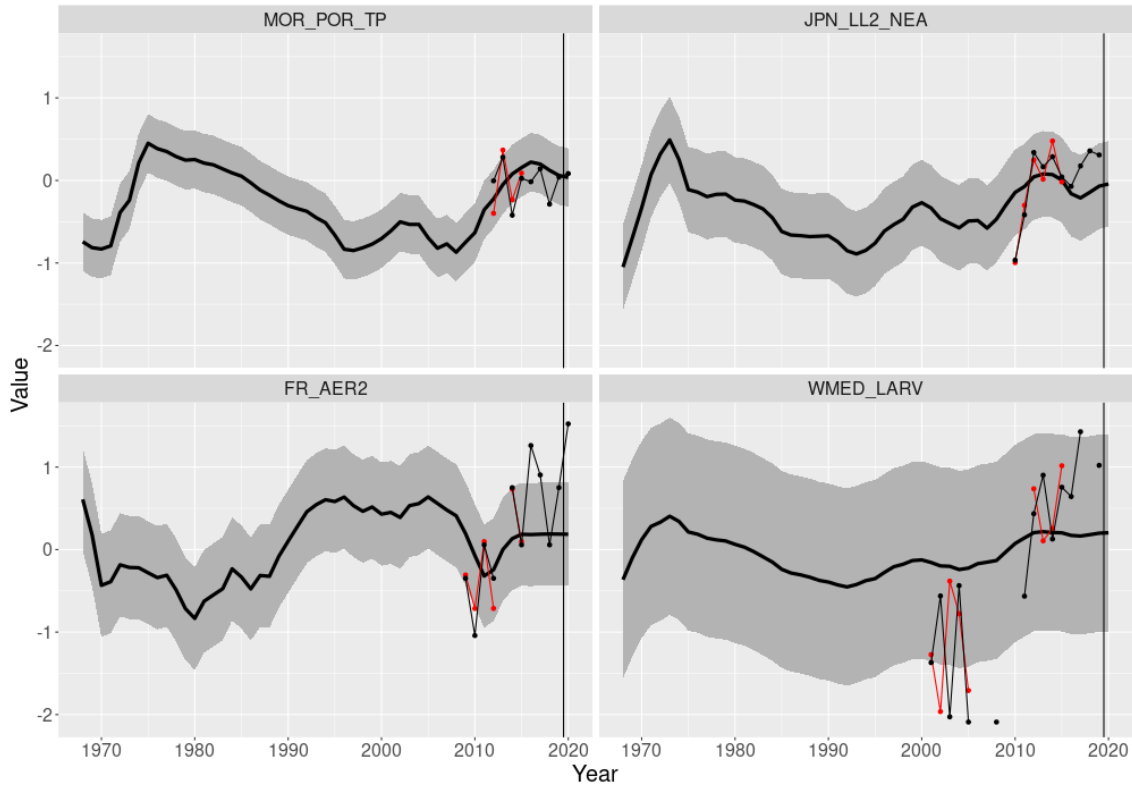
| <i>Measure</i> | <i>Measure Description</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <i>Statistic(s)*</i>                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AAVC</b>    | <b>Average annual variation in catches (AAV)</b> among CMP update times $t$ (note that except where the resource is heavily depleted so that catches become limited by maximum allowed fishing mortalities, catches will be identical to TACs) defined by:<br>$AAVC = \frac{1}{nt} \sum_{t=1}^{nt}  C_t - C_{t-1}  / C_{t-1} \quad (13.1)$              | Median                                                                                               |
| <b>AvC10</b>   | <b>Mean catches over first 10 projected years.</b> Required to provide short-term vs long-term (AvC30) yield trade-offs.                                                                                                                                                                                                                                | Median                                                                                               |
| <b>AvC30</b>   | <b>Mean catches over first 30 projected years</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Median                                                                                               |
| <b>AvgBr</b>   | <b>Average Br</b> (spawning biomass relative to dynamic $SSB_{MSY}$ ) over projection years 11-30                                                                                                                                                                                                                                                       | Median and 5 <sup>th</sup> percentile                                                                |
| <b>Br30</b>    | <b>Depletion</b> (spawning biomass relative to dynamic $SSB_{MSY}$ ) <b>after projection year 30</b>                                                                                                                                                                                                                                                    | Median and 5 <sup>th</sup> percentile                                                                |
| <b>OFT</b>     | <b>'Overfished Trend':</b> Average trend (in log space) of $SSB$ over projection years 31 - 35 when $Br30 < 1$ .<br>$OFT = \begin{cases} 0.1 & SSB_{30} \geq dynSSB_{MSY} \\ m(\log SSB_{31:35}) & SSB_{30} < dynSSB_{MSY} \end{cases}$ Where $m(\vec{x})$ is the gradient of a line of best fit through the vector $\vec{x}$ , found via least squares | Median                                                                                               |
| <b>LD</b>      | <b>Lowest depletion</b> (spawning biomass relative to dynamic $SSB_0$ ) over the 30 years for which the CMP is applied.                                                                                                                                                                                                                                 | Median, 5 <sup>th</sup> , and 15 <sup>th</sup> percentile of LD to map to the Panel 2 recommendation |
| C1             | Catch in first year of CMP implementation                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Median                                                                                               |
| C20            | Mean catches over projected years 11-20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Median                                                                                               |
| <b>C30</b>     | <b>Mean catches over projected years 21-30</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Median                                                                                               |
| D10            | Depletion (spawning biomass relative to dynamic $SSB_0$ ) after the first 10 projected years                                                                                                                                                                                                                                                            | Median                                                                                               |
| D20            | Depletion (spawning biomass relative to dynamic $SSB_0$ ) after projection year 20                                                                                                                                                                                                                                                                      | Median                                                                                               |
| D30            | Depletion (spawning biomass relative to dynamic $SSB_0$ ) after projection year 30                                                                                                                                                                                                                                                                      | Median                                                                                               |
| DNC            | D30 using the MP relative to D30 had no catches been taken over the 30 projected years                                                                                                                                                                                                                                                                  | Median                                                                                               |
| LDNC           | LD using the MP relative to LD had no catches been taken over the 30 projected years.                                                                                                                                                                                                                                                                   | Median                                                                                               |
| POS            | Probability of Over-Fished status (spawning biomass < $SSB_{MSY}$ ) after 30 projected years.                                                                                                                                                                                                                                                           | Median                                                                                               |
| <b>F**</b>     | <b>Overfishing related statistic.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                      |

\* For each of these distributions, 5%-, 50%- and 95%iles are to be reported from 200 replicates. The choice of these percentiles may need further exploration with stakeholders.

\*\* This performance statistic will be considered intersessionally by the Group.



**Figure 1.** Weighted Br30 calculated under deterministic (blue line) versus stochastic (orange line) projections across CMPs for the eastern (top) and western (bottom) stocks.



**Figure 2.** Updated indices (values post 2019, vertical black line) compared with 80% prediction intervals from the 2017 VPA projected forward with observed catches and 6-year average recruitment. Red points are the indices used in the assessment and black points are the updated or revised index values. Thick black lines are the central tendency of the population component corresponding to the index. To interpret the implications of points outside of the 80% intervals, 20% of the observations might fall outside of the interval by random chance. Note that the methodology used to produce the Western Mediterranean Larval Index has been substantially revised since the 2017 Stock Assessment, which produced notably different fluctuations between the original and updated indices.



**Appendix 1****Agenda**

- 1 Opening, adoption of agenda and meeting arrangements
2. MSE
  - 2.1 BFT MSE Consultant's update on work since July BFT Technical Group meeting
  - 2.2 Review of recommendations from the July BFT Technical Group
    - 2.2.1 Review of the acceptability of the reconditioned OMs
    - 2.2.2 Review robustness tests
    - 2.2.3 Consideration of any revisions to plausibility weighting of OMs
    - 2.2.4 Short term development and communication timelines for MSE
  - 2.3 CMP Development and review
    - 2.3.1 Round robin from CMP developers
    - 2.3.2 Review and comparison of CMP results
    - 2.3.3 Condensing CMPs into 2-3 for further presentation at this stage
  - 2.4 Performance measures and statistics for reporting
    - 2.4.1 Review and trimming of existing measures
    - 2.4.2 Statistics for reporting
  - 2.5 Messaging on MSE (material for SCRS and Commission, and other stakeholder groups)
    - 2.5.1 Review of deliverables from MSE Communications Team: One page summary, Executive summary (4 pages), and Presentation and slides
    - 2.5.2 Process for engagement to describe the BFT MSE process and to summarise results to date
  - 2.6 General criteria for exceptional circumstances
  - 2.7 TSD
  - 2.8 MSE Code review progress
- 3 Report out from BFT Technical Sub-groups and GBYP (subgroup leads and GBYP coordinator)
  - 3.1 BFT Technical Sub-group on Assessment models (EBFT)
  - 3.2 BFT Technical Sub-group on Growth in Farms
  - 3.3 GBYP
    - 3.3.1 GBYP matters
    - 3.3.2 GBYP aerial survey review and revised index
- 4 Review of the Executive summary for W-BFT
5. Review of Abundance indices and other fisheries indicators for E-BFT
6. Responses to the Commission
  - 6.1 Western Atlantic bluefin tuna
  - 6.2 Eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna
- 7 Recommendations on management, research and statistics
8. Presentation of other scientific papers
9. Other matters
10. Adoption of the report and closure

## Appendix 2

## List of Participants

**CONTRACTING PARTIES****ALGERIA****Ferhani, Khadra**

Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), 11 Boulevard Colonel Amirouche, BP 67, 42415 Tipaza Bou Ismail

Tel: +213 550 735 537, Fax: +213 24 32 64 10, E-Mail: ferhani\_khadra@yahoo.fr; ferhanikhadra@gmail.com

**Kouadri-Krim, Assia**

Sous-Directrice infrastructures, industries et services liés à la pêche, Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques, Direction du développement de la pêche, Route des Quatre Canons, 1600

Tel: +213 558 642 692, Fax: +213 214 33197, E-Mail: assiakrim63@gmail.com

**CANADA****Busawon, Dheeraj**

Fisheries & Oceans Canada, St. Andrews Biological Station, 125 Marine Science Drive, St. Andrews, NB E5B 0E4

Tel: +1 506 529 5889; +1 506 467 5651, Fax: +1 506 529 5862, E-Mail: Dheeraj.Busawon@dfo-mpo.gc.ca

**Carruthers, Thomas**

2150 Bridgman Ave, Vancouver Columbia V7P 2T9

Tel: +1 604 805 6627, E-Mail: tom@bluematterscience.com

**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

**Gillespie, Kyle**

Fisheries and Oceans Canada, St. Andrews Biological Station, Population Ecology Division, 125 Marine Science Drive, St. Andrews, New Brunswick, E5B 0E4

Tel: +1 506 529 5725, Fax: +1 506 529 5862, E-Mail: kyle.gillespie@dfo-mpo.gc.ca

**Hanke, Alexander**

Scientist, St. Andrews Biological Station, Fisheries and Oceans Canada, 531 Brandy Cove Road, St. Andrews, New Brunswick E5B 2L9

Tel: +1 506 529 5912, Fax: +1 506 529 5862, E-Mail: alex.hanke@dfo-mpo.gc.ca

**EGYPT****Abdelnabi Fetouh, Mohamed**

Researcher, National Institute of Oceanography and Fisheries (NIOF), 14 Aly Abn Aby Taalep, Abo Qir, 11694 Alexandria, Cairo

Tel: +202 279 21341, Fax: +202 792 1339, E-Mail: ma\_fotouh@outlook.com

**Badr, Fatma Elzahraa**

Agreements Administration (GAFRD), New Cairo

Tel: +202 281 17010, Fax: +202 281 117 007, E-Mail: fatima.elzahraa.medo@gmail.com

**Badr, Abdelrazek Mohamed**

Fisheries Specialist, New Cairo

Tel: +201 228 708 220, Fax: +202 281 117 007, E-Mail: abdelrazek.mohamed004@gmail.com

**Hussain, Shima**

Fisheries Specialist, New Cairo

Tel: +201 011 487 000, Fax: +202 281 117 007, E-Mail: shima\_hussin8@yahoo.com

**Wahba, Rana Adel**

International Cooperation Representative, New Cairo

Tel: +201 206 692 278, Fax: +202 281 117 007, E-Mail: rana.adel.wahba@gmail.com; cindrella\_ranosh@hotmail.com

**EUROPEAN UNION**

**Álvarez Berastegui, Diego**

Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Baleares, Muelle de Poniente s/n, 07010 Palma de Mallorca, España

Tel: +34 971 133 720; +34 626 752 436, E-Mail: diego.alvarez@ieo.es

**Andonegi Odrizola, Eider**

AZTI, Txatxarramendi ugarte a z/g, 48395 Sukarrieta, Bizkaia, España

Tel: +34 661 630 221, E-Mail: eandonegi@azti.es

**Arrizabalaga, Haritz**

Principal Investigator, AZTI Marine Research Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Herrera Kaia Portualde z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa, España

Tel: +34 94 657 40 00; +34 667 174 477, Fax: +34 94 300 48 01, E-Mail: harri@azti.es

**Biagi, Franco**

Senior Expert Marine & Fishery Sciences, Directorate General for Maritime Affairs and Fisheries (DG-Mare) - European Commission, Unit C3: Scientific Advice and data collection, Rue Joseph II, 99, 1049 Brussels, Belgium

Tel: +322 299 4104, E-Mail: franco.biagi@ec.europa.eu

**Bridges, Christopher Robert**

Heinrich Heine University, Düsseldorf AG Ecophysiology, Institute for Metabolic Physiology: Ecophysiology / TUNATECH GmbH Merowinger, Platz 1, 40225 Duesseldorf NRW, Germany

Tel: +4901739531905, E-Mail: bridges@hhu.de; christopher.bridges@uni-duesseldorf.de

**Castillo Gutiérrez, Isabel**

Instituto Español de Oceanografía, Promontorio San Martín s/n, 39004 Santander, España

Tel: +34 942 291 716, E-Mail: isabel.castillo@ieo.es

**Coco, Ornella**

Scientific Consultant and Lecturer in training and dissemination activities on Fisheries and Marine Biology, Oceanis Srl, 89043 Salerno, Italy

Tel: +39 342 582 8477, E-Mail: ornellacoco.biomol@gmail.com

**Di Natale, Antonio**

Director, Aquastudio Research Institute, Via Trapani 6, 98121 Messina, Italy

Tel: +39 336 333 366, E-Mail: adinatale@costaedutainment.it; adinatale@acquariodigenova.it

**Espinosa Rosello, Victor**

Universidad Politécnica de Valencia, c/Paranimf, 1, 46730 Grao de Gandia, Valencia, España

Tel: +34 637 851769, Fax: +34 962 849327, E-Mail: vespinos@fis.upv.es

**Garibaldi, Fulvio**

University of Genoa - Dept. of Earth, Environment and Life Sciences, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV), Corso Europa, 26, 16132 Genova, Italy

Tel: +39 335 666 0784; +39 010 353 8576, Fax: +39 010 357 888, E-Mail: largepel@unige.it; garibaldi.f@libero.it

**Gordoa, Ana**

Senior scientist, Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB - CSIC), Acc. Cala St. Francesc, 14, 17300 Blanes, Girona, España

Tel: +34 972 336101; +34 666 094 459, E-Mail: gordoa@ceab.csic.es

**Grubisic, Leon**

Institute of Oceanography and Fisheries in Split, Setaliste Ivana Mestrovica 63 - P.O. Box 500, 21000 Split, Croatia

Tel: +385 914 070 955, Fax: +385 21 358 650, E-Mail: leon@izor.hr

**Lino, Pedro Gil**

Research Assistant, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - I.P./IPMA, Avenida 5 Outubro s/n, 8700-305 Olhão, Faro, Portugal

Tel: +351 289 700504, E-Mail: plino@ipma.pt

**Males, Josip**

Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište I. Meštrovića 63, 21000 Split, Croatia

Tel: +385 214 08000, Fax: +385 213 58650, E-Mail: josip-males@hotmail.com; males@izor.hr

**Pappalardo, Luigi**

Scientific Coordinator, OCEANIS SRL, Vie Maritime 59, 84043 Salerno Agropoli, Italy

Tel: +39 081 777 5116; +39 345 689 2473, E-Mail: gistec86@hotmail.com; oceanissrl@gmail.com

**Parejo Lázaro-Carrasco, Aída**

Instituto Español de Oceanografía - IEO, Promontorio San Martín s/n, Av. de Severiano Ballesteros, s/n, 39004 Cantabria, Santander, España

Tel: +34 942 29 17 16, E-Mail: aida.parejo@ieo.es

**Pinto, Cecilia**

Università di Genova DISTAV, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita Corso Europa 26, 16132 Genova Liguria, Italy

Tel: +39 340 496 6905, E-Mail: cecilia.pinto@edu.unige.it

**Rodríguez-Marín, Enrique**

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Santander, Promontorio de San Martín s/n, 39004 Santander, Cantabria, España

Tel: +34 942 291 716, Fax: +34 942 27 50 72, E-Mail: enrique.rmarin@ieo.es

**Rouyer, Tristan**

Ifremer - Dept Recherche Halieutique, B.P. 171 - Bd. Jean Monnet, 34200 Sète, Languedoc Rousillon, France

Tel: +33 782 995 237, E-Mail: tristan.rouyer@ifremer.fr

**Saber Rodríguez, Sámar**

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Murcia, 30740 San Pedro del Pinatar, Murcia, España

Tel: +34 968 180 500, E-Mail: samar.saber@ieo.es

**JAPAN**

**Butterworth, Douglas S.**

Emeritus Professor, Department of Mathematics and Applied Mathematics, University of Cape Town, Rondebosch, 7701 Cape Town, South Africa

Tel: +27 21 650 2343, E-Mail: doug.butterworth@uct.ac.za

**Daito, Jun**

Chief, 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: daito@japantuna.or.jp

**Fukuda, Hiromu**

Head of Group, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, 234-8648

Tel: +81 45 788 7936, E-Mail: fukudahiromu@affrc.go.jp

**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

**Nakatsuka, Shuya**

Deputy Director, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanazawa Kanagawa, 236-8648

Tel: +81 45 788 7950, E-Mail: snakatsuka@affrc.go.jp

**Rademeyer, Rebecca**

Marine Resource Assessment and Management Group, Department of Mathematics and Applied Mathematic - University of Cape Town, Private Bag, 7700 Rondebosch, South Africa

Tel: +651 300 442, E-Mail: rebecca.rademeyer@gmail.com

**Tsukahara, Yohei**

Scientist Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanagawa, Yokohama, Shizuoka Shimizu-ku 236-8648  
Tel: +81 45 788 7937, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: tsukahara\_y@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

**KOREA REP.**

**Lee, Mi Kyung**

Scientist, National Institute of Fisheries Science, 216 Gijanghaean-ro, Gijang-eup, Gijang-gun, 46083 Busan  
Tel: +82 51 720 2332, Fax: +82 51 720 2337, E-Mail: ccmklee@korea.kr; cc.mklee@gmail.com

**MOROCCO**

**Abid, Noureddine**

Chercheur et ingénieur halieute au Centre Régional de recherche Halieutique de Tanger, Responsable du programme de suivi et d'étude des ressources des grands pélagiques, Centre régional de l'INRH à Tanger/M'dig, B.P. 5268, 90000 Drabed, Tanger  
Tel: +212 53932 5134; +212 663 708 819, Fax: +212 53932 5139, E-Mail: noureddine.abid65@gmail.com

**Bensbai, Jilali**

Chercheur, Institut National de Recherche Halieutique à Casablanca - INRH/Laboratoires Centraux, AIN DIAB PRES DU CLUB EQUESTRE OULAD JMEL, Rue Sidi Abderrhman / Ain Diab, 20100 Casablanca  
Tel: +212 661 59 8386, Fax: +212 522 397 388, E-Mail: bensbaijilali@gmail.com

**NORWAY**

**Mjorlund, Rune**

Directorate of Fisheries, Strandgaten 229, 5004 Bergen  
Tel: +47 952 59 448, E-Mail: rune.mjorlund@fiskeridir.no

**Nottestad, Leif**

Principal Scientist, Institute of Marine Research Research Group on Pelagic Fish, P.O. Box 1870 Nordnesgaten, 33, 5817 Bergen, Hordaland county  
Tel: +47 5 99 22 70 25, Fax: +47 55 23 86 87, E-Mail: leif.nottestad@hi.no

**Pena, Hector**

Postboks 1870 Nordnes, 5817 Bergen Hordaland  
Tel: +47 974 30436, E-Mail: hector.pena@hi.no

**TUNISIA**

**Zarrad, Rafik**

Chercheur, Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), BP 138 Ezzahra, Mahdia 5199  
Tel: +216 73 688 604; +216 972 92111, Fax: +216 73 688 602, E-Mail: rafik.zarrad@gmail.com

**UNITED STATES**

**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

**Cadrin, Steven Xavier**

Associate Professor, SMAST - University of Massachusetts, School for Marine Science & Technology, Department of Fisheries Oceanography, 836 South Rodney French Blvd, Fairhaven, MA 02744  
Tel: +1 508 910 6358, Fax: +1 508 910 6374, E-Mail: scadrin@umassd.edu

**Golet, Walter**

School of Marine Sciences, The University of Maine/Gulf of Maine Research Institute, 350 Commercial Street, Portland, Maine 04101-4618  
Tel: +1 207 228 1671, E-Mail: walter.golet@maine.edu

**Kerr, Lisa**

Gulf of Maine Research Institute, 350 Commercial Street, Portland ME 04101  
Tel: +1 301 204 3385; +1 207 228 1639, E-Mail: lkerr@gmri.org

**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

**Peterson, Cassidy**

NOAA Fisheries, 101 Pivers Island Rd, Miami, FL 28516  
Tel: +1 252 838 0885, E-Mail: cassidy.peterson@noaa.gov

**Schalit, David**

President, American Bluefin Tuna Association, 176 Mulberry Street - 4th floor, New York 10013  
Tel: +1 917 573 7922, E-Mail: dschalit@gmail.com

**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

**Weiner, Chris**

33 Park Street, #4, Portland, Maine 04101  
Tel: +1 978 886 0204, E-Mail: chrisweiner14@gmail.com

**Weiner, Stephen**

PO Box 465, Maine Ogunquit 03907  
Tel: +1 978 764 3637, E-Mail: weinersb@gmail.com

**OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS**

**FEDERATION OF MALTESE AQUACULTURE PRODUCERS – FMAP**

**Deguara, Simeon**

Research and Development Coordinator, FEDERATION OF MALTESE AQUACULTURE PRODUCERS – FMAP, Central Complex, Naggars Ste., Mosta, MST 1761, Malta  
Tel: +356 994 23123, E-Mail: dsd@aquabt.com

**PEW CHARITABLE TRUSTS - PEW**

**Cox, Sean**

School of Resource and Environmental Management, Simon Fraser University, 8888 University Drive, British Columbia Burnaby V5A1S6, Canada  
Tel: +1 78 782 5778; +1 604 763 1414, Fax: +1 778 782 4968, E-Mail: spcox@sfu.ca

**Galland, Grantly**

Officer, Pew Charitable Trusts, 901 E Street, NW, Washington, DC 20004, United States  
Tel: +1 202 540 6953; +1 202 494 7741, Fax: +1 202 552 2299, E-Mail: ggalland@pewtrusts.org

**Johnson, Samuel D.N.**

Landmark Fisheries Research, 213-2414 Saint Johns Street, Port Moody, BC V3H2B1, Canada  
Tel: +1 604 365 7133, E-Mail: sdnjohnson@landmarkfisheries.com; samuelj@sfu.ca

**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

**THE OCEAN FOUNDATION**

**Aalto, Emilius**

120 Ocean View Blvd, CA Pacific Grove 93950, United States  
Tel: +1 203 809 6376, E-Mail: aalto@cs.stanford.edu

**Miller, Shana**

The Ocean Foundation, 1320 19th St., NW, 5th Floor, Washington, DC 20036, United States  
Tel: +1 631 671 1530, E-Mail: smiller@oceanfdn.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

**INVITED EXPERT**

**Parma, Ana**

Principal Researcher, Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CONICET (National Scientific and Technical Research Council), Blvd. Brown 2915, U 9120 ACF Puerto Madryn, Chubut, Argentina

Tel: +54 (280) 488 3184 (int. 1229), Fax: +54 (280) 488 3543, E-Mail: anaparma@gmail.com; parma@cenpat-conicet.gob.ar

\*\*\*\*\*

**ICCAT Secretariat**

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**

**Palma, Carlos**

**Kimoto, Ai**

**Taylor, Nathan**

**Alemaný, Francisco**

**Pagá, Alfonso**

**Tensek, Stasa**

## Appendix 3

## List of Papers and Presentations

| Number        | Title                                                                                                                                                   | Authors                                                                                                                                        |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SCRS/2021/136 | Bluefin tuna ( <i>Thunnus Thynnus</i> , linnaeus 1758) spawning in sunny days, some long-distance migrants and several tuna evaders in Sardinian traps  | Di Natale A., and Greco G.                                                                                                                     |
| SCRS/2021/137 | Calibration of Atlantic bluefin tuna otolith reading conducted by an independent fish ageing laboratory contracted by the ICCAT research programme GBYP | Rodriguez-Marin E., Busawon D., Addis P., Allman R., Bellodi A., Castillo I., Garibaldi F., Karakulak S., Luque P.L., Parejo A., and Quelle P. |
| SCRS/2021/138 | ICCAT Atlantic-Wide Research Programme for Bluefin tuna (GBYP) Activity report for Phase 10 and the first part of Phase 11 (2020-2021)                  | Aleman F., Tensek S., and Pagá García A.                                                                                                       |
| SCRS/2021/142 | Bluefin CPUE time series of the Balfegó purse seine joint fishing fleet from 2003 to 2021 and the new operational protocol implemented in 2021          | Gordoa, A., and Navarro, J.                                                                                                                    |
| SCRS/2021/144 | Tuna Ocean Restocking (TOR) pilot study – long-term growth rates and food conversion ratios in Atlantic bluefin tuna broodstock in captivity            | Bridges C.R., Borutta F, Schulz S., Na’amnieh S., Vassallo-Agius R., Psaila M., and Ellul S.                                                   |
| SCRS/2021/145 | Modal Progression Analyses to determine BFT seasonal growth rates in farms                                                                              | Aleman F., Pagá A., Deguara S., and Tensek S.                                                                                                  |
| SCRS/2021/146 | Review of the size and weight data of Eastern bluefin tuna ( <i>Thunnus Thynnus</i> ) from Portugal trap/farm                                           | Lino P.G., Ortiz M., Morikawa H., and Santos M.                                                                                                |
| SCRS/2021/147 | Preliminary results analyses of weight gain of bluefin tuna ( <i>Thunnus Thynnus</i> ) in farms from the farm harvest database 2015 -2020.              | Ortiz M., Mayor C., and Paga A.                                                                                                                |
| SCRS/2021/150 | The BFT farm growth sub-group status of analysis                                                                                                        | Anonymous                                                                                                                                      |
| SCRS/2021/151 | The effects of phase-in periods on Atlantic bluefin tuna Candidate Management Procedure performance                                                     | Johnson S.D.N., and Cox S.P.                                                                                                                   |
| SCRS/2021/152 | Refinements of the BR CMP as at August 2021                                                                                                             | Butterworth D.S., and Rademeyer R.A.                                                                                                           |
| SCRS/2021/154 | A proposal for a $B_{lim}$ for Atlantic bluefin tuna                                                                                                    | Andonegi E., and Walter J.                                                                                                                     |
| SCRS/2021/155 | Atlantic bluefin tuna constant harvest rate and index-based Candidate Management Procedures; tuning to ABT_MSE package 7.3.1                            | Peterson C., Lauretta M., and Walter J.                                                                                                        |
| SCRS/2021/156 | Comparing deterministic and stochastic results of two Candidate Management Procedures developed for the bluefin tuna Management Strategy Evaluation     | Duprey N., and Hanke A.                                                                                                                        |
| SCRS/2021/157 | Automated BFT growth monitoring in cages from a ventral perspective                                                                                     | Muñoz-Benavent P., Puig-Pons V., Morillo-Faro A., Andreu-García G., Espinosa V., and Pérez-Arjona I.                                           |
| SCRS/2021/158 | Biomass estimation of spawning Atlantic bluefin tuna ( <i>Thunnus thynnus</i> ) schools using omnidirectional fisheries sonars                          | Smith J.D., Peña H., Puig-Pons V., Espinosa V., Macaulay G.J., and Pérez-Arjona I.                                                             |



|                 |                                                                                 |                  |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| SCRS/P/2021/049 | Advances of the Modeling Sub-group                                              | Anon.            |
| SCRS/P/2021/050 | BFT MSE Consultant's update on work since July meeting                          | Carruthers T. R. |
| SCRS/P/2021/051 | Updated CMP results                                                             | Carruthers T. R. |
| SCRS/P/2021/052 | Status update for the M3 & ABTMSE R Package code review                         | Aalto E.         |
| SCRS/P/2021/054 | Proposal to develop a dedicated stochastic OM for use in CMP development tuning | Carruthers T. R. |

## Appendix 4

**SCRS Document and Presentations Abstracts as provided by the authors**

*SCRS/2021/136* Atlantic bluefin tuna spawning behaviour has been studied extensively in the wild for many years in the daytime, but more recent studies supposed that the bluefin tuna spawning happens only in night times, but in cages. Spawning in daytime was again noticed in 2020 in two tuna traps in Sardinia, with direct observations and this additional information further improves those on biology and behaviour. Furthermore, in 2020 there was the evidence that several tunas going to the Sardinian traps were possibly some of those escaped from a farm in Spain, between 20th and 21st January 2020. This fact further confirms the course of bluefin tunas before the spawning period in this part of the western Mediterranean Sea. Several tunas showed also natural marks possibly due to the cookie-cutter shark, a species of shark which is not present in the Mediterranean Sea, but has a southern and central Atlantic distribution, a sign of long-distance migration. The 2021 harvested production of the traditional tuna trap in Isola Piana (Carloforte) was again certificated by Ecocrest

*SCRS/2021/137* A calibration exercise was carried out with the objective of ensuring that age readings provided by the Fish Ageing Services laboratory (FAS) follow the ICCAT reviewed reading protocol. There were found differences in band counts between ICCAT expert readers and FAS readings. These differences start from specimens with more than 10 bands and are more pronounced for older specimens. The results of the present calibration are very similar to those of the previous one. These differences in readings appear to be due to the fact that FAS uses the entire section of the otolith to count annual bands, whereas ICCAT readers focus on the inner part of the ventral arm. Analyses conducted to establish which reading is more appropriate, growth function estimation and cohort follow-up analysis, seem to indicate that ICCAT readers are more accurate than FAS readers. We suggest applying a correction vector to otoliths read by FAS and with more than 10 annual bands, in order to incorporate the FAS readings into the GBYP age database. This ageing bias vector has been obtained from the current and previous calibrations.

*SCRS/2021/138* The ICCAT GBYP Phase 10 has been implemented between 1 January 2020 and 31 July 2021. Phase 11 was initiated on 1 January 2021, with planned duration of one year, therefore temporarily overlapping with Phase 10. As in previous years, GBYP program has promoted and funded several activities in the following lines: (a) data mining, recovery and management, (b) biological studies, (c) stock indices: aerial survey on spawning aggregations, (d) tagging, including awareness and rewarding campaign and (e) further steps of the modelling approaches. The present report summarizes the final results of the activities carried out in Phase 10 and describes the activities initiated in Phase 11, and their preliminary results, if available.

*SCRS/2021/142* This study updated the CPUE series of the Balfegó joint fishing fleet (CPUE) and catch structure. The trend of CPUE experimented important increases from 2011 that peaked in 2014 and relaxed in 2015; since then, it has remained at high values. The CPUE is contrasted with the Japanese longline indices and both showing a similar time pattern. These results are indicative that the catch rates of Purse seiners in Balearic waters are consistent with JP LL trends in the NE Atlantic and reliable as an abundance index of the eastern population and should be used to overcome the lack of fisheries indices in the Mediterranean. This document also includes a description of the operational protocol implemented by this fleet in 2021 to minimise technical, labour and biological risks.

*SCRS/2021/144* In April 2018 a pilot broodstock cage (30 m in diameter and 20 m deep) containing 48 adult Atlantic bluefin tuna (ABFT) was established 6 km off the coast of Malta from fish caught under ICCAT licence in Tunisian waters in July 2017. At transfer from towing cage to grow out cage stereo camera determinations of length were made and biomass calculated. These data were later used during transfer from the growout cage to the broodstock cage to determine initial biomass. Feeding was carried out three times a week with mainly MSC certified baitfish and during the spawning season supplemented with squid for three months. Divers monitored water temperature at feeding and cage temperature at top and bottom were automatically monitored throughout the whole of the feeding period which lasted from April 1st, 2018 until 4th October 2020 (30 months). At the end of the experimental period all the remaining fish (43) were harvested and Standard Fork Length (SFL), Round Weight (RWT) and biological samples were taken from each fish. It is evident that on comparison of length weight relationships for transferred wild fish and the broodstock held in a cage facility, that a much greater increase in weight for a given length in captive fish is shown. Calculations of the growth rates in the facility over a 30 months period averaged 7.1% of the RWT

per month. This led to an average increase in weight per fish of 213% over 30 months. From the known amount of feed and the end biomass of the fish on harvesting, a food conversion ratio (FCR) of 13,4 could be calculated.

*SCRS/2021/145* As part of the studies carried out by GBYP in response to the Commission's Recommendation 18-02, paragraph 28, concerning BFT growth in farms, Modal Progression Analyses (MPA) were carried out on the length distributions of farmed BFT obtained from bi-tri monthly stereo-camera footages and direct measures taken at harvesting. This has been carried out using data from growth trials performed in most of the areas where tuna farming takes place (Western Med, Adriatic Sea, Central Med and Levantine Sea). The objective was to determine the seasonal growth rates by modal groups. Results have shown that growth rates of farmed fish, not only in weight but also in length, are higher than in wild fish, both in juveniles and adult fish, and that most of growth occurs during the warm season, from early Summer to mid-Autumn.

*SCRS/2021/146* A review of the size-weight data of eastern bluefin tuna caught by Portuguese trap/farm and comparison with current length weight relationships is presented. The data analysis shows that the use of the Deguara et al. (2017) equation used in the stereoscopic-camera system and the adopted SCRS equation (Rodrigues-Marin, 2016) to significantly overestimates the weight of the caged tuna, which present a low condition factor during the most important tuna trap fishing season (June to August) off the Algarve (southern Portugal). Therefore, this study suggests that for this location the use of a new regional equation is more appropriate, as the current equation used for the estimation of the weight of fish at caging significantly overestimate the real weight of the fish.

*SCRS/2021/147* Fattening of bluefin has become one of the main operations and destination of the catches of eastern bluefin in the Mediterranean Sea. Since 2008 a regional observer program (ROP-BFT) collects size and weight measures of harvested bluefin. Data from 2015-2020 harvest operations were reviewed to estimate the weight gain of eastern bluefin in farming operations. It was also estimated the potential growth associated with farming as function of days-at-farm, size at catch, and farm. Preliminary results from in situ tagging experiments and from size-mode progression analysis data from stereoscopic camera experiments indicated an increase in length growth of the farmed with respect to the wild ones for medium and large E-BFT fish. A preliminary analysis and results estimating a farm-growth model equation are presented. This study addressed part of the 2018 ICCAT Commission request on the maximum expected growth of farmed E-BFT.

*SCRS/2021/150* The Commission has requested the SCRS to update the farmed Atlantic bluefin tuna growth table published in 2009. In this request, the use of individual fish to determine growth was emphasized as well as the consideration of differences between geographical areas. The GBYP launched a series of studies in 2019, which continued during 2020 and 2021, and a sub-group on growth of BFT in farms was established in 2020 within the BFT Species Group to ensure the best scientific data would be provided to the Commission. The sub-group discussed how to carry out this request using different approaches and assessing their limitations. To facilitate this process, the analyses required were split into a number of study tasks. This document summarises the outcome of the analysis carried out so far and presents two preliminary Tables with updated % growth in cages as a function of starting size and duration between caging. These two Tables differ in the assumption of growth in size during the farming period relative to wild fish.

*SCRS/2021/151* resented their paper on the effects of phase-in periods on CMP conservation and yield performance. Phase-in periods for management procedure adoption may be politically more favourable, as they avoid sudden changes in catch limits that are often unacceptable to fishery stakeholders. Phase-in periods used a weighted average to smooth the transition from status-quo management over  $K = 1, 5, \text{or } 10$  years, with weights linearly interpolated between 100% status quo in 2020 and 100% adopted CMP in year  $2020 + K$ . Results show that slowly phasing in CMPs does not pose a large conservation or yield risk, in both deterministic and stochastic simulations.

*SCRS/2021/152* The BR CMP is refined slightly, with the principal change being the removal of caps on the TACs in the East and West areas for the first 10 years of operation. These restrictions are replaced by limitations on the extent of TAC increase allowed that depends on the recent trend in the composite abundance index for the area in question. Deterministic and stochastic results are provided for the most recent set of tunings specified by the Bluefin Tuna MSE Technical Group.

*SCRS/2021/154* Limit reference points are intended to mark the limit below which the stock biomass should not fall, and to avoid high fishing mortality that represents overfishing. Fishery management strategies should then ensure that the risk of exceeding limit reference points is very low. After having explored the different options existing in the literature and given the characteristics of the Atlantic Bluefin tuna population, a proposal of using 10% of the  $B_0$  as a proxy of  $B_{lim}$  was made.

*SCRS/2021/155* We evaluated two candidate management procedures for Atlantic bluefin tuna using the ABT\_MSE package in R. The first procedure applied a constant harvest rate strategy for both the east and west stocks. The second procedure evaluated the ability to achieve SSB of the West stock at or above current estimates (measured by stock-of-origin indices). Observations from indices of abundance were assumed proportional to spawning biomass and juvenile abundance for each stock and area, respectively, with no observation error (observation model = Perfect\_Obs). Each procedure was compared against zero-catch scenarios for comparison of trade-offs among strategies. The constant procedures were tuned to the median  $Br30=1$  across five selected OMs that characterized the general clusters in the larger OM grid.

*SCRS/2021/156* Two candidate management procedures were tuned to median  $Br30$  targets and then run stochastically. The OMs were explored for how the stochastic results differed compared to the deterministic results.

*SCRS/2021/157* The present work describes the results obtained with an autonomous monitoring system installed from 28th July 2020 to 23rd May 2021 in a fattening cage in Balfegó (West Mediterranean) containing 724 BFT. The system is able to provide thousands of accurate automatic measurements per day, so the evolution of tuna sizes can be studied in detail thanks to such a great amount of information. Regarding the tuna length and width, the results suggest that from July 2020 to May 2021 the growth in length is approximately between 6 and 26 cm (between 2% and 21%) and the growth in maximum width between 3.0 and 8.0 centimeters (between 9% and 17%), depending on the fish length. The acoustic system is also used to estimate the height of the fish to provide a more accurate biomass estimation. Different expressions deduced from slaughtered fish are proposed based on formulae relating weight and dimensions (length, width and height) of Bluefin tuna fattened in captivity. The results confirm that the availability of more than one dimension reduces error in the estimate.

*SCRS/2021/158* In this work omnidirectional fisheries sonar was used to estimate tuna biomass. Moreover, the first calibration of a Furuno FSV-25 sonar using net CDF files is presented. In general, good calibration results were obtained. Calibration results agreed with previous works using different sonars and data formats. A positive relationship between the sonar estimates and the catch was found. This fact implies that the proposed methodology for single school abundance estimation could help the skipper to reduce uncertainty when estimating the size of the targeted school and open new chances for the development of abundance indicators.

*SCRS/P/2021/049* The presentation provides a summary of the work undertaken by the modeling subgroup since its creation. After meeting in May 2021, teams were formed around specific platforms. Since then the VPA and SS3 teams made some substantial advances, with promising fits for SS3. Several aspects of the work are still ongoing for these platforms and other platforms will move on in 2022. A preliminary workplan in sight of the 2022 stock assessment was briefly discussed.

*SCRS/P/2021/050* This presentation provides the summary of the MSE Consultant's work since BFT MSE Technical meeting in 2021 July. MSE packages and Shiny app have been updated following the instructions by the Group.

*SCRS/P/2021/051* This presentation provides the updated CMP comparisons by the MSE Consultant. The current list of CMPs includes 8 types and 5 tunings (in total 32 CMPs). Impact of OM weighting, comparisons between deterministic and stochastic results, and some performance metrics were provided.

*SCRS/P/2021/052* Objectives 1 & 2 of the Atlantic bluefin MSE code review were completed, with initial line-by-line analysis finding no major implementation errors in the M3 code and the R support code. The Technical Specifications Document is mostly complete, with a few areas identified for further clarification. Objective 3, the review of the ABTMSE package, is ongoing, as is analysis of computational efficiency, and will be completed in time for the final report.

*SCRS/P/2021/054* Development tuning is required to allow CMPs to be compared while controlling for projected biomass which is a fundamental performance consideration and shares a prevailing trade-off with yields. However deterministic and stochastic results did not always correspond tightly with the tuning targets. The BFT MSE Consultant provides alternative method to solve this problem, because it is not feasible to tune CMPs to Br30 across all stochastic reference grid OMs due to computationally intensive.

## Appendix 5

## Mathematical descriptions for CMPs

## Mathematical description for the BR CMPs (Butterworth and Rademeyer, SCRS/2021/152)

The CMP is empirical, based on inputs related to abundance indices which are first standardised for magnitude, then aggregated by way of a weighted average of all indices available for the East and the West areas, and finally smoothed over years to reduce observation error variability effects. TACs are then set based on the concept of taking a fixed proportion of the abundance present, as indicated by these aggregated and smoothed abundance indices. The details are set out below.

*Aggregate abundance indices*

An aggregate abundance index is developed for each of the East and the West areas by first standardising each index available for that area to an average value of 1 over the past years for which the index appeared reasonably stable<sup>1</sup>, and then taking a weighted average of the results for each index, where the weight is inversely proportional to the variance of the residuals used to generate future values of that index in the future modified to take into account the loss of information content as a result of autocorrelation. The mathematical details are as follows.

$J_y^{E/W}$  is an average index over  $n$  series ( $n=4$  for the East area and  $n=6$  for the West area)<sup>2</sup>:

$$J_y^{E/W} = \frac{\sum_i^n w_i \times I_y^i}{\sum_i^n w_i} \quad (A1)$$

where

$$w_i = \frac{1}{(\sigma^i)^2}$$

and where the standardised index for each index series ( $i$ ) is:

$$I_y^{i*} = I_y^i / \text{Average of historical } I_y^i \quad (A2)$$

$\sigma^i$  is computed as

$$\sigma^i = \frac{SD^i}{1-AC^i}$$

where  $SD^i$  is the standard deviation of the residuals in log space and  $AC^i$  is their autocorrelation, averaged over the OMs, as used for generating future pseudo-data. Table 1 lists these values for  $\sigma^i$ .

2017 is used for the “average of historical  $I_y^i$ ”.

The actual index used in the CMPs,  $J_{av,y}^{E/W}$ , is the average over the last three years for which data would be available at the time the MP would be applied, hence:

$$J_{av,y}^{E/W} = \frac{1}{3} (J_y^{E/W} + J_{y-1}^{E/W} + J_{y-2}^{E/W}) \quad (A3)$$

where the  $J_{av,y}^{E/W}$  applies either to the East or to the West area.

<sup>1</sup> These years are for the Eastern indices: 2014-2017 for FR\_AER\_SUV2, 2012-2016 for MED\_LAR\_SUV, 2015-2018 for GBYP\_AER\_SUV\_BAR, 2012-2018 for MOR\_POR\_TRAP and 2012-2019 for JPN\_LL\_NEAt2; and for the Western indices: 2006-2017 for GOM\_LAR\_SURV, 2006-2018 for all US\_RR and MEXUS\_GOM\_PLL indices, 2010-2019 for JPN\_LL\_West2 and 2006-2017 for CAN\_SWNS.

<sup>2</sup> For the aerial surveys, there is no value for 2013, (French) and 2018 (Mediterranean). These years were omitted from this averaging where relevant. Note also that the GBYP aerial survey has not been included at this stage.

*CMP specifications*

The BR Fixed Proportion CMPs tested set the TAC every second year simply as a multiple of the  $J_{av}$  value for the area at the time (see Figure 1), but subject to the change in the TAC for each area being restricted to a maximum of 20% (up or down). The formulae are given below.

For the East area:

$$TAC_{E,y} = \begin{cases} \left( \frac{TAC_{E,2020}}{J_{E,2017}} \right) \cdot \alpha \cdot J_{av,y-2}^E & \text{for } J_{av,y}^E \geq T^E \\ \left( \frac{TAC_{E,2020}}{J_{E,2017}} \right) \cdot \alpha \cdot \frac{(J_{av,y-2}^E)^2}{T^E} & \text{for } J_{av,y}^E < T^E \end{cases} \quad (A4a)$$

For the West area:

$$TAC_{W,y} = \begin{cases} \left( \frac{TAC_{W,2020}}{J_{W,2017}} \right) \cdot \beta \cdot J_{av,y-2}^W & \text{for } J_{av,y}^W \geq T^W \\ \left( \frac{TAC_{W,2020}}{J_{W,2017}} \right) \cdot \beta \cdot \frac{(J_{av,y-2}^W)^2}{T^W} & \text{for } J_{av,y}^W < T^W \end{cases} \quad (A4b)$$

Note that in equation (A4a), setting  $\alpha = 1$  will amount to keeping the TAC the same as for 2020 until the abundance indices change. If  $\alpha$  or  $\beta > 1$  harvesting will be more intensive than at present, and for  $\alpha$  or  $\beta < 1$  it will be less intensive.

Below  $T$ , the law is parabolic rather than linear at low abundance (i.e. below some threshold, so as to reduce the proportion taken by the fishery as abundance drops); this is to better enable resource recovery in the event of unintended depletion of the stock. For the results presented here, the choices  $T^E = 1$  and  $T^W = 1$  have been made.

Constraints on the extent of TAC increase and decrease

Maximum increase (note that this section has been changed from earlier versions):

For the West area, the maximum increase is fixed at 20%:

If  $TAC_{i,y} \geq 1.2 * TAC_{i,y-1}$  then

$$TAC_{W,y} = 1.2 * TAC_{W,y-1} \quad (A5a)$$

For the East area, unless otherwise specified, the maximum increase allowed from one TAC to the next is a function of the immediate past trend in the indices,  $s_y^E$ :

$$maxincr = \begin{cases} 0 & s_y^E \leq 0 \\ \text{linear btw 0 and 0.2} & 0 < s_y^E < 0.1 \\ 0.2 & 0.1 \leq s_y^E \end{cases} \quad (A5b)$$

where

$s_y^E$  is a measure of the immediate past trend in the average index  $J_y^E$  (equation A1), computed by linearly regressing  $\ln J_y^E$  vs year  $y'$  for  $y'=y-6$  to  $y'=y-2$  to yield the regression slope  $s_y^E$ .

If  $TAC_{E,y} \geq (1 + maxincr) * TAC_{i,y-1}$

$$\text{then } TAC_{i,y} = (1 + maxincr) * TAC_{i,y-1} \quad (A5c)$$

Maximum decrease:

If  $TAC_{i,y} \leq 0.8 * TAC_{i,y-1}$

$$\text{then } TAC_{i,y} = (1 - maxdecr) * TAC_{i,y-1} \quad (A6)$$

where

$$maxdecr = \begin{cases} 0.2 & J_{av,y-2}^i \geq J_{i,2017} \\ \text{linear btw 0.2 and } D & 0.5J_{i,2017} < J_{av,y-2}^i < J_{i,2017} \\ D & J_{av,y-2}^i \leq 0.5J_{i,2017} \end{cases} \quad (A7)$$

where  $D=0.3$  in implementations.

#### Maximum TAC

A cap on the maximum allowable TAC is set. This can potentially improve performance, particularly in the event of a shift to a lower productivity regime. By ensuring that TACs have not risen so high that they cannot be reduced sufficiently rapidly following such an event to adjust for the lower resource productivity. In investigations to date, this has been found to be useful to implement for the East area, where TACs can otherwise rise to in excess of 70 kt.

#### Trend-based term in the West

The TAC in the West is further adjusted if a measure of immediate past trend in the indices is below a threshold value:

If  $s_y^W \leq s^{threshold}$

$$TAC_{W,y} \rightarrow [1 + \gamma(s_y^W - s^{threshold})]TAC_{W,y} \quad (A8)$$

where

$s_y^W$  is a measure of the immediate past trend in the average index  $J_y$  (equation 1), and  $\gamma$  and  $s^{threshold}$  are control parameter values.

This trend measure is computed by linearly regressing  $\ln J_y$  vs year  $y'$  for  $y'=y-6$  to  $y'=y-2$  to yield the regression slope  $s_y^W$ .



**Mathematical description for the base case generic EA<sub>x</sub> CMPs (Andonegi et al., SCRS/2021/032)****1. Mathematical description of the base case generic EA<sub>x</sub> CMPs**

Both CMPs, EA<sub>2n+1</sub> and EA<sub>2n</sub> are empirical, based on inputs related to abundance indices which are first standardised for magnitude, then aggregated by way of a weighted average of all indices available for the East and the West areas. TACs are then set based on the concept of taking a fixed proportion of the abundance present, as indicated by these aggregated abundance indices. The details are set out below.

**1.1. Data sets**

Same four indices have been selected for each stock in each of the two CMPs, aiming at best reflecting the dynamics of each of the stocks. For the East, the French Aerial Survey (FR\_AER\_SUV2), the Mediterranean Larval (MED\_LAR\_SUV), the Moroccan-Portuguese Trap (MOR\_POR\_TRAP) and the Japanese Longline (North East Atlantic - JPN\_LL\_NEAtl2) indices are used. For the West, the Gulf of Mexico Larval (GOM\_LAR\_SUV), the US Rod & Reel 66-114 (US\_RR\_66\_114), the US Gulf of Mexico Pelagic Long Line (US\_GOM\_PLL2) and the Japanese Longline (West - JPN\_LL\_West2) indices are selected. The standard deviation and the autocorrelation values estimated for each of these indices have been published in the report of the MSE Technical Group meeting hold in February 2020 (ICCAT, 2020) and can be found in Table 1.

**1.2. Status Estimator: the aggregated abundance index****1.2.1. The EA<sub>2n+1</sub> CMP**

An aggregate abundance index is developed for each of the East and the West areas by first standardising each index available for that area by the average value of the last 4 years of historical observations and then taking a weighted mean of the results for each index (see Equation 2). Then the weighted mean of all indices was used to calculate the status estimator *Irat*. The weight of each of the indices is inversely proportional to the variance of the residuals. Future values of the indices are generated considering both the variance and autocorrelation (see Equations 3 & 4).

In the EA<sub>2n+1</sub> CMP, the aggregated abundance index is then calculated as follows:

$$Irat_y = \frac{\sum_i^n w_i * I_{i,y}^*}{\sum_i^n w} \quad (1)$$

where

$$I_{i,y}^* = \frac{I_{i,y}}{\sum_{y=1}^t I_{i,y}} \quad (2)$$

and

$$w = \frac{1}{\sigma_i^2} \quad (3)$$

being

$$\sigma_i = \frac{SD_i}{(1 - AC_i)} \quad (4)$$

The actual index used in the EA<sub>2n+1</sub> CMP, *Irat<sub>av,y</sub>*, for both the East and the West area, is the average over the last three years for which data would be available at the time the MP would be applied:

$$Irat_{av,y} = \frac{1}{3}(Irat_y + Irat_{y-1} + Irat_{y-2}) \quad (5)$$

### 1.2.2. The $EA_{2n}$ CMP

The difference with the previous CMP is that the status estimator is now calculated as the weighted median of the aggregated index, which is previously standardized in the same way that the  $EA_{2n+1}$  one. SO, the mathematical description of this CMP is similar to the previous one, but replacing the weighted mean (Equation 1) by a weighted median.

### 1.3. The Harvest Control Rule (HRC)

The EAx CMPs tested set the TAC every second year simply as a multiple of the  $Iratav$  value for the area at the time, but subject to a maximum TAC change of 20% (up or down) for each area. The TAC is then defined as follows:

$$TAC_{y+1} = \begin{cases} TAC_y * \alpha Irat_n & \text{if } 0.8 < Irat_n < 1.2 \\ 0.8 * TAC_y & \text{if } Irat_n \leq 0.8 \\ 1.2 * TAC_y & \text{if } Irat_n \geq 1.2 \end{cases} \quad (6)$$

where

$$Irat_n = \gamma * Irat + (1 - \gamma) \quad (7)$$

and

$$\alpha = 1/Itar \quad (8)$$

**Table 1.** Indices used to estimate the aggregated index for each ABF area, together with the  $\sigma$  and  $w$  values obtained from equations 3 and 4, using the information published in the ICCAT BFT MSE Technical Group meeting report (ICCAT, 2020).

|               | Sigma ( $\sigma$ ) | Weight ( $w$ ) |
|---------------|--------------------|----------------|
| <b>EAST</b>   |                    |                |
| FR_AER_SUV2   | 1.00               | 1.00           |
| MED_LAR_SUR   | 0.56               | 3.189          |
| MOR_POR_TRAP  | 0.56               | 3.189          |
| JPN_LL_NEAtI2 | 0.45               | 4.939          |
| <b>WEST</b>   |                    |                |
| GOM_LAR_SUR   | 0.58               | 2.977          |
| US_RR_66-114  | 1.47               | 0.463          |
| US_GOM_PLL2   | 0.98               | 1.041          |
| JPN_LL_West2  | 0.62               | 2.601          |

**Mathematical description for TN\_x (Tsukahara and Nakatsuka, SCRS/2021/041)****Used index:**

(West TAC) GOM\_LAV, US\_RR\_66\_114 and JPN\_LL\_West2

(East TAC) GOM\_LAV and JPN\_LL\_NEAtl2

Index ratio for GOM\_LAV, JPN\_LL\_West2 and JPN\_LL\_NEAtl2 are calculated by bellow:

$$Index\ ratio = \frac{mean(Index[y-2:y-6])}{mean(Index[y-5:y-9])} \quad (1)$$

**West TAC**

If index ratio of GOM\_LAV is less than 0.8, then

$$new\ TAC = current\ TAC * \min(0.8, Ratio\ of\ JPN\_LL\_West2)$$

Else if any USRR\_66\_114 values in recent 5 years are less than historical third values, then

$$new\ TAC = current\ TAC * \min(0.9, Ratio\ of\ JPN\_LL\_West2)$$

Else new ratio of TAC is calculated with tuning parameter,  $k_{west}$ , as bellow

(Ratio of TAC change)

$$= \begin{cases} \max(0.5, Ratio\ of\ JPN\_LL\_West2 * k_{west}^{-1} - (0.95 * k_{west}^{-1} - 0.95)) & \text{if } Ratio\ of\ JPN\_LL\_West2 \leq 0.95 \\ \min(1.5, Ratio\ of\ JPN\_LL\_West2 * k_{west} - (1.05 * k_{west} - 1.05)) & \text{if } Ratio\ of\ JPN\_LL\_West2 \geq 1.05 \end{cases}$$

$$new\ TAC = current\ TAC * Ratio\ of\ TAC\ change$$

Finally, the minimum TAC from this CMP is 1kt for west area, then

$$new\ TAC = \max(new\ TAC, 1kt)$$

**East TAC**

If index ratio of GOM\_LAV is less than 0.6, then

$$new\ TAC = current\ TAC * \min(0.8, Ratio\ of\ JPN\_LL\_West2)$$

Else new ratio of TAC is calculated with tuning parameter,  $k_{east}$ , to be within 50% changes, as bellow

(Ratio of TAC change)

$$= \begin{cases} \max(0.5, Ratio\ of\ JPN\_LL\_NEAtl2 * k_{east}^{-1} - (0.95 * k_{east}^{-1} - 0.95)) & \text{if } Ratio\ of\ JPN\_LL\_NEAtl2 \leq 0.95 \\ \min(1.5, Ratio\ of\ JPN\_LL\_NEAtl2 * k_{east} - (1.05 * k_{east} - 1.05)) & \text{if } Ratio\ of\ JPN\_LL\_NEAtl2 \geq 1.05 \end{cases}$$

$$new\ TAC = current\ TAC * Ratio\ of\ TAC\ change$$

Finally, the minimum TAC from this CMP is 10kt for east area, then

$$new\ TAC = \max(new\ TAC, 10kt)$$

**Mathematical description for Laretta-Peterson- Walter CMPs (SCRS/2020/155)**

PW is an update of the original LW CMP (renamed to distinguish between subsequent versions of LW CMP).

Our procedure is based on constant harvest rate (ConstU) strategies for both the east and west stocks. In the MSE, the indices of abundance are assumed to be proportional to vulnerable biomass, i.e. the base parameterization assumes time-invariant catchability. Therefore, a relative harvest rate for each stock can be calculated as follows:

$$\text{harvest rate} = \text{catch}/\text{abundance}$$

$$\text{relative abundance} = \text{catchability} * \text{abundance}$$

$$\text{relative harvest rate} = \frac{\text{catch}}{\text{relative abundance}}$$

Under this approach, management procedures for east and west stocks were designed to apply a constant harvest rate strategy tracking catches and comparing to stock-of-origin indices of spawning biomass. For the West stock, the MexUS\_GOM\_PLL index is used, and for the East stock, the JPN\_LL\_NEAtl2 index is used.

$$U_{\text{target}} = \frac{\overline{C_{t52:t50}}}{\overline{I_{t52:t50}}} \cdot x$$

where

$U$ =relative harvest rate

$C$ =catch in mt

$I$ =relative abundance index

$t$ =model year, and

$x$ =constant multiplier

$$U_{\text{current}} = \frac{\overline{C_{t-2:t-0}}}{\overline{I_{t-2:t-0}}}$$

$$TAC_{t+1:t+3} = \frac{U_{\text{current}}}{U_{\text{target}}} \cdot TAC_{t-2:t-0}$$

where

$TAC$ =total allowable catch limit

**Mathematical description for Hanke and Duprey CMPs (SCRS/2021/156)****An  $F_{0.1}$  based cMP**

This cMP sets the TAC using an estimate of  $F_{0.1}$  and the current abundance of the stock. The  $F_{0.1}$  calculation depends on choosing 3 indicators from each management area that index the relative abundance of young, middle aged and older stock components. Prior to use, these indicators are subjected to a range normalization and the average value for the most recent 3 years is determined:

$$I'_{sm} = (I_{sm} - \min(I_{sm})) / (\max(I_{sm}) - \min(I_{sm}))$$

$$I'_{md} = (I_{md} - \min(I_{md})) / (\max(I_{md}) - \min(I_{md}))$$

$$I'_{lg} = (I_{lg} - \min(I_{lg})) / (\max(I_{lg}) - \min(I_{lg}))$$

$$\overline{I'_{sm}} = \frac{1}{3} \sum_{N-2}^N I'_{sm}$$

$$\overline{I'_{md}} = \frac{1}{3} \sum_{N-2}^N I'_{md}$$

$$\overline{I'_{lg}} = \frac{1}{3} \sum_{N-2}^N I'_{lg}$$

$$I_{tot} = \overline{I'_{sm}} + \overline{I'_{md}} + \overline{I'_{lg}}$$

$F_{0.1}$  is a calculation based on a yield-per-recruit analysis from *fishmethods* (Nelson, 2019) that follows the modified Thompson-Bell algorithm :

$$Z_a = M_i + PR_a * F_a$$

$$N_{a+1} = N_a * e^{-Z_a}$$

$$\overline{N}_a = (1 - e^{-Z_a}) * \frac{N_a}{Z_a}$$

$$\overline{N}_{a+} = \frac{N_{a+}}{Z_{a+}}$$

$$C_a = (N_a - N_{a+1}) * \frac{PR_a * F_a}{Z_a}$$

$$Y_a = \overline{W}_a C_a = PR_a * \overline{F}_a B_a$$

where the ages  $a$  for each management area are as defined in the 2015 VPA,

$Y_a, C_a, N_a, B_a$  = Yield, Catch, Numbers and Biomass at age respectively,

$W_a$  = Weight at age is from the 2015 VPA for the west and 2017 VPA for the east,

$F_a$  = Fishing mortality at age,

$M_a$  = Natural mortality at age scaled to the Lorenzen function (Walter et. al. 2018),

$Z_a$  = Total mortality at age ( $F_a + M_a$ ),

$PRE_{1:10}$  = the partial recruitment vector applied to fishing mortality (F) to obtain partial F-at-age is calculated from the east MP indicators,

$PRw_{1:16}$  = the partial recruitment vector applied to fishing mortality (F) to obtain partial F-at-age is calculated from the east MP indicators,

$q$  = an index and stock specific tuning parameter.

East values

$$\begin{aligned}
 a &= \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\} \\
 W_{1:10} &= \{3.0, 10.0, 19.0, 35.0, 50.0, 69.0, 90.0, 113.0, 138.0, 205.0\} \\
 M_{1:10} &= \{0.40, 0.33, 0.27, 0.23, 0.20, 0.18, 0.16, 0.14, 0.13, 0.12\} \\
 PR_{e_{1:10}} &= \left\{ \frac{\overline{I'_{sm}}}{\overline{I_{tot_{1:4}}}}, \frac{\overline{I'_{md}}}{\overline{I_{tot_{5:6}}}}, \frac{\overline{I'_{lg}}}{\overline{I_{tot_{7:10}}}} \right\} \\
 I_{sm,md,lg} &= \{ FR\_AER\_SUV2, JPN\_LL\_NEAtl2, MED\_LAR\_SUV \} \\
 I_{bm} &= \{ MED\_LAR\_SUV \} \\
 q &= 1.875E - 7
 \end{aligned}$$

West values

$$\begin{aligned}
 a &= \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} \\
 W_{1:16} &= \{3.1, 9.8, 15.1, 19.9, 43.3, 60.5, 89.9, 111.6, 144.8, 174, 201.1, 225.5, 247.7, 264, 283.5, 340\} \\
 M_{1:16} &= \{0.40, 0.33, 0.27, 0.23, 0.20, 0.18, 0.16, 0.14, 0.13, 0.12, 0.12, 0.11, 0.11, 0.11, 0.11, 0.11\} \\
 PR_{w_{1:16}} &= \left\{ \frac{\overline{I'_{sm}}}{\overline{I_{tot_{1:4}}}}, \frac{\overline{I'_{md}}}{\overline{I_{tot_{5:6}}}}, \frac{\overline{I'_{lg}}}{\overline{I_{tot_{7:16}}}} \right\} \\
 I_{sm,md,lg} &= \{ US\_RR\_66\_144, CAN\_SWNS, MEXUS\_GOM\_PLL \} \\
 I_{bm} &= \{ MEXUS\_GOM\_PLL \} \\
 q &= 2.136444e - 07
 \end{aligned}$$

The  $F_{0.1}$  estimate is based on yield-per-recruit calculation for F ranging from 0 to 10 in increments of 0.01. The last age in the  $a$  vector is a plus group and the oldest age in the plus group is 35.

Eastern and Western area TAC

$$TAC_{N+1} = \begin{cases} F_{0.1} * \frac{I_{bm,N}}{q}, & I_{tot} > 0 \\ 0.2 * \frac{I_{bm,N}}{q}, & I_{tot} = 0 \end{cases}$$

Constraint on TAC increase (upper=1.26, lower=0.6)

$$TAC_{N+1} = TAC_N * \left( 0.6 + \frac{1}{1.5 + e^{-8 * \left( \frac{TAC_{N+1} - TAC_N}{TAC_N} \right)}} \right)$$

### **A simple indicator based cMP**

This cMP tracks the relative abundance of an indicator and sets a TAC based on the ratio of the most recent 3 years of index values relative to the 3 years prior to that.

Eastern management procedure index

$$I_{bm} = \{ MOR\_POR\_TRAP \}$$

Western management procedure index

$$I_{bm} = \{ MEXUS\_GOM\_PLL \}$$

The basis for the TAC calculation is the  $I_{ratio}$  estimate and depends on the most recent 6 years of index values:

$$I_{ratio} = \left( \frac{1}{3} \sum_{N-2}^N I_{bm} \right) / \left( \frac{1}{3} \sum_{N-5}^{N-3} I_{bm} \right)$$

Index-Catch difference

In order to avoid situations where the population is changing faster than the trend in catch, the difference between the scaled index and catch is used to make an adjustment that attempts to make the two more similar. See figure 1 for example.

$$Scale(x) = \frac{(x - \bar{x})}{sd(x)}$$

$$Diff = abs(Scale(I_{bm}) - Scale(C_{obs}))$$

where  $C_{obs}$  is a vector of observed catches.

$$\Delta Diff = \frac{Diff_N}{Diff_{N-1}}$$

Western area TAC

$$TAC_{N+1} = \begin{cases} TAC_N, & I_{ratio} \geq 1 \wedge (\Delta Diff \leq 1 \vee \Delta Diff \geq 2) \\ 1.05 * TAC_N, & I_{ratio} \geq 1 \wedge (1 < \Delta Diff < 2) \\ I_{ratio} * 1.05 * TAC_N, & I_{ratio} < 1 \wedge (\Delta Diff \leq 1 \vee \Delta Diff \geq 2) \\ I_{ratio} * 0.9648 * TAC_N, & I_{ratio} < 1 \wedge (1 < \Delta Diff < 2) \end{cases}$$

Eastern area TAC

$$TAC_{N+1} = \begin{cases} TAC_N, & I_{ratio} \geq 1 \wedge (\Delta Diff \leq 1 \vee \Delta Diff \geq 2) \\ 1.05 * TAC_N, & I_{ratio} \geq 1 \wedge (1 < \Delta Diff < 2) \\ I_{ratio} * 1.072 * TAC_N, & I_{ratio} < 1 \wedge (\Delta Diff \leq 1 \vee \Delta Diff \geq 2) \\ I_{ratio} * 0.9648 * TAC_N, & I_{ratio} < 1 \wedge (1 < \Delta Diff < 2) \end{cases}$$

## Mathematical descriptions for TC: fixed harvest rate, index-based CMP accounting for stock mixing (SCRS/2021/165)

### Data smoothing

In order to reduce noise in both indices and catches, the MP uses a polynomial ('loess') smoothing function  $S()$ . Smoothed catches  $\tilde{C}$  and smoothed are (A) and stock (S) indices  $\tilde{I}$  are calculated from the raw observed catches  $C$  and indices  $I$  by area  $a$  and index type  $i$ , using the same smoothing parameter  $\omega$ :

$$\tilde{I}_{a,i}^A = S(I_{a,i}^A, \omega) \quad (1)$$

$$\tilde{I}_{a,i}^S = S(I_{a,i}^S, \omega) \quad (2)$$

$$\tilde{C}_a = S(C_a, \omega) \quad (3)$$

The function is parameterized such that the approximate number of smoothing parameters is a linear function of the length of the time series. The effect of the ratio of smoothing parameters to length of the time series  $\omega$ , is illustrated in Figure 1.

### Vulnerable biomass and fishing rate estimation

A multi-stock, multi-area management procedure 'MPx', was designed to provide TAC advice in a given time period  $t$  using Stock biomass indices ( $I^S$ ) by stock  $s$  and Catch Rate Indices ( $I^A$ ) by area  $a$ , calibrated to current stock assessments of vulnerable biomass  $B$  (estimates of catchability  $q$  for stock and area indices) (Figure 2). In order to, for example, interpret West area biomass in terms of Eastern stock biomass, an estimate of stock mixing is required  $\theta_{s=East\_stock, a=West}^{mix}$  that is the fraction of Eastern stock biomass that can be expected to be vulnerable to fishing in the West area. Where there are more than one spawning stock index ( $n_{s,i} > 1$ ) or more than one area index ( $n_{a,i} > 1$ ) overall biomass estimates were the mean of those from the multiple indices:

$$B_{a,t}^S = \frac{\sum_s \sum_i \tilde{I}_{s,i,t}^S q_{s,i}^S \theta_{s,a}^{mix}}{n_{s,i}} \quad (4)$$

$$B_{a,t}^A = \frac{\sum_s \sum_i \tilde{I}_{a,i,t}^A q_{a,i}^A}{n_{a,i}} \quad (5)$$

The  $q$  parameters are calibrated to 2016 estimates spawning biomass (by stock)  $\theta_s^S$ , and vulnerable biomass (by area)  $\theta_a^A$ :

$$q_s^S = \frac{\theta_{s,2016}^S}{\tilde{I}_{s,2016}^S} \quad (6)$$

$$q_a^A = \frac{\theta_{a,2016}^A}{\tilde{I}_{a,2016}^A} \quad (7)$$

The estimates of vulnerable biomass  $B$  arising from the calibrated indices can be used to estimate the fishing mortality rate using observations of catches  $C$

$$F_{a,t}^A = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,t}}{B_{a,t}^A}\right) \quad (8)$$

$$F_{a,t}^S = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,t}}{B_{a,t}^S}\right) \quad (9)$$

### Combining inference from SSB and CPUE indices



Assessment estimates of vulnerable biomass at  $MSY$  ( $\theta^{BMSY}$ ) can be used to calculate current vulnerable biomass relative to  $BMSY$ , here inference from catch rate and spawning indices is equally weighted as the geometric mean:

$$\Delta_{a,t}^B = \exp \left( \frac{1}{2} \left[ \ln \left( \frac{B_{a,t}^S}{\theta_{a,t}^{BMSY}} \right) + \ln \left( \frac{B_{a,t}^A}{\theta_{a,t}^{BMSY}} \right) \right] \right) \quad (10)$$

The same approach was used to combined estimates of  $F$  relative to  $FMSY$ :

$$\Delta_{a,t}^F = \exp \left( \frac{1}{2} \left[ \ln \left( \frac{F_{a,t}^S}{\theta_{a,t}^{FMSY}} \right) + \ln \left( \frac{F_{a,t}^A}{\theta_{a,t}^{FMSY}} \right) \right] \right) \quad (11)$$

*A harvest control rule for TAC adjustment based on estimates of  $B/BMSY$  and  $F/FMSY$*

TACs in the following year are based on TAC in the previous time step multiplied by a factor  $\varphi_{a,t}$ :

$$TAC_{a,t+1} = TAC_{a,t} \varphi_{a,t} \quad (12)$$

where the factor  $\varphi_{a,t}$  is determined by adjustments for fishing rate  $\delta_{a,t}^F$  and stock status  $\delta_{a,t}^B$ :

$$\tilde{\varphi}_{a,t} = \delta_{a,t}^F \delta_{a,t}^B \quad (13)$$

The adjustment to  $F$  is the inverse of  $F/FMSY$  ( $\Delta_{a,t}^F$ ) where the magnitude of the adjustment is determined by  $\beta^F$ . The parameter  $\alpha^F$  controls the target  $F$  level where  $F/FMSY = 1$  and  $B/BMSY = 1$ . For example, at a value of 0.8, the MP deliberately aims to underfish at 80% of  $FMSY$  when the stock is at  $BMSY$  and current  $F$  is  $FMSY$ . Note that when  $\alpha^F = 1$  and  $\beta^F = 1$  the  $F$  adjustment  $\delta_{a,t}^F$  is the inverse of  $\Delta_{a,t}^F$  and hence recommends  $FMSY$  fishing rate (and depends on the assumption that biomass will be comparable at  $t+1$ ).

$$\delta_{a,t}^F = \alpha^F \exp \left( \beta^F \ln(1/\Delta_{a,t}^F) \right) \quad (14)$$

The adjustment according to biomass is exponentially related to the disparity between current biomass and  $BMSY$ . The term  $|\Delta_{a,t}^B - 1|$  is the positive absolute difference (modulus). The magnitude of the adjustment for biomass is controlled by the parameter  $\alpha^B$  while the (extent of the TAC change for biomass levels far from  $BMSY$ ) is controlled by the exponent  $\beta^B$ . This is analogous to a traditional harvest control rule (e.g. '40-10') and throttles fishing rates at low stock sizes to speed recovery while also increasing fishing rates at high stock sizes to exploit additional biomass (Figure 3). When  $\alpha^B = 0$  there is no biomass adjustment and  $\delta_{a,t}^B$  is invariant to  $\beta^B$ .

$$\delta_{a,t}^B = \begin{cases} \exp \left[ (\alpha^B |\Delta_{a,t}^B - 1|)^{\beta^B} \right] & 1 < \Delta_{a,t}^B \\ \exp \left[ -(\alpha^B |\Delta_{a,t}^B - 1|)^{\beta^B} \right] & \Delta_{a,t}^B \leq 1 \end{cases} \quad (15)$$

This generalized TAC harvest control rule can accommodate a wide range of control schemes of varying sensitivity to estimates of current exploitation rate and stock status.

*TAC adjustment limits*

The maximum rate of TAC adjustment is determined by  $\theta^{down}$  and  $\theta^{up}$  and the minimum amount is controlled by  $\theta^{min}$ :

$$\hat{\varphi}_{a,t} = \begin{cases} \theta^{down} & \tilde{\varphi}_{a,t} < \theta^{down} \\ \tilde{\varphi}_{a,t} & \theta^{down} < \tilde{\varphi}_{a,t} < (1 - \theta^{min}) \\ 1 & (1 - \theta^{min}) < \tilde{\varphi}_{a,t} < (1 + \theta^{min}) \\ \tilde{\varphi}_{a,t} & (1 + \theta^{min}) < \tilde{\varphi}_{a,t} < \theta^{up} \\ \theta^{up} & \theta^{up} < \tilde{\varphi}_{a,t} \end{cases} \quad (16)$$

**Table 1.** The input data, parameters of the current default MPx management procedure.

| Description                      |                                                                                                                                                      | Value                                      |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <i>Biomass calculation</i>       |                                                                                                                                                      |                                            |
| $I_{East\_stock}^S$              | Spawning stock biomass index for eastern stock                                                                                                       | MED_LAR_SUV (#2),<br>GBYP_AER_SUV_BAR (#5) |
| $I_{West\_stock}^S$              | Spawning stock biomass index for western stock                                                                                                       | GOM_LAR_SUV (#4)                           |
| $I_{East}^A$                     | Vulnerable biomass catch rate index for eastern area                                                                                                 | MOR_POR_TRAP (#6),<br>JPN_LL_NEATL2 (#7)   |
| $I_{West}^A$                     | Vulnerable biomass catch rate index for western area                                                                                                 | US_RR_177 (#10),<br>JPN_LL_West2 (#12)     |
| $\theta_{East}^{BMSY}$           | Eastern area biomass at maximum sustainable yield                                                                                                    | 800 kt                                     |
| $\theta_{West}^{BMSY}$           | Western area biomass at maximum sustainable yield                                                                                                    | 20 kt                                      |
| $\theta_{East}^{FMSY}$           | Eastern area harvest rate at MSY                                                                                                                     | 0.06                                       |
| $\theta_{West}^{FMSY}$           | Western area fishing mortality rate at MSY                                                                                                           | <i>tuned</i> (0.004 – 0.04)                |
| $\theta_{East\_stock, recent}^S$ | Mean Vuln. biomass of eastern stock in 2013-2017                                                                                                     | 800 kt                                     |
| $\theta_{West\_stock, recent}^S$ | Mean Vuln. biomass of western stock in 2013-2017                                                                                                     | 20 kt                                      |
| $\theta_{East, recent}^A$        | Mean Vuln. biomass in eastern area in 2013-2017                                                                                                      | 730 kt                                     |
| $\theta_{West, recent}^A$        | Mean Vuln. biomass in western area in 2013-2017                                                                                                      | 120 kt                                     |
| $\theta_{West, East}^{mix}$      | Fraction of western stock in eastern area                                                                                                            | 0.1                                        |
| $\theta_{East, West}^{mix}$      | Fraction of eastern stock in western area                                                                                                            | 0.05                                       |
| <i>Harvest control rule</i>      |                                                                                                                                                      |                                            |
| $\alpha^B$                       | The magnitude of the adjustment for biomass relative to BMSY                                                                                         | 0 (no biomass adjustment)                  |
| $\beta^B$                        | Exponent parameter controlling extent of the adjustment for biomass relative to BMSY                                                                 | NA (given $\alpha^B = 0$ )                 |
| $\alpha^F$                       | Target fishing mortality rate (fraction of FMSY) at F/FMSY = 1 and B/BMSY = 1                                                                        | 1                                          |
| $\beta^F$                        | The magnitude of the adjustment for fishing rate relative to FMSY                                                                                    | 0.33                                       |
| <i>Data smoothers</i>            |                                                                                                                                                      |                                            |
| $\omega$                         | The ratio of the No. polynomial smoothing parameters to the number of years of time series data. I.e.<br>$loess(dat, enp.target = \omega \cdot n_t)$ | 0.15                                       |

**Table 1. Continued.**

| Description                     |                                                                                                       | Value    |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <i>TAC adjustment limits</i>    |                                                                                                       |          |
| $\theta^{up}$                   | The maximum fraction that TAC can increase                                                            | 0.25     |
| $\theta^{down}$                 | The maximum fraction that TAC can decrease                                                            | 0.25     |
| $\theta^{min}$                  | The minimum fractional change in TAC                                                                  | 0.025    |
| $\theta_{East}^{TACmin}$        | Minimum TAC for the East area                                                                         | 10 kt    |
| $\theta_{West}^{TACmin}$        | Minimum TAC for the West area                                                                         | 0.5 kt   |
| $\theta_{East}^{TACmax}$        | Maximum TAC for the East area                                                                         | 80 kt    |
| $\theta_{West}^{TACmax}$        | Maximum TAC for the West area                                                                         | 4.5 kt   |
| $\theta_{West}^{TACmax\_near}$  | Near-term maximum TAC for the West area                                                               | 2 kt     |
| $\theta_{West}^{n\_near}$       | Western near-term period                                                                              | 25 years |
| <i>Index recalibration rule</i> |                                                                                                       |          |
| $\gamma^n$                      | The length of the time series for detecting slope of indices                                          | 6        |
| $\gamma^{East}$                 | The magnitude of F reduction in the East area in relation to the slope in Eastern stock biomass index | 1        |
| $\gamma^{West}$                 | The magnitude of F reduction in the West area in relation to the slope in Western stock biomass index | 2        |

## Mathematical descriptions for SP: fixed harvest rate Schaefer surplus production model accounting for stock mixing

### Modelling approach

CMPs were tested using the computationally efficient state-space surplus production (SP\_SS) and delay-difference (DD\_SS) TMB assessments included in the R package SAMtool (Huynh et al. 2021). Data simulated from the ABTMSE package were converted inside the CMP code, to the data format for the R package MSetool (Hordyk et al. 2021). The SAMtool assessments were then used to provide TAC advice according to estimated biomass and a constant UMSY harvest control rule. The delay-difference model was not sufficiently numerically stable to converge in greater than 95% of simulations and was not considered further given time constraints.

The state-space surplus production assessment was configured as the standard Schaefer model (where the production function is symmetric and BMSY is half of carrying capacity  $K$ ) and the model freely estimates intrinsic rate of increase  $r$ , and  $K$ . Process error was included as a log-normal error on annual biomass<sup>3</sup>. The surplus production model was generally numerically stable when specified with a process error CV of 10% and an index observation error CV of 30% (approximately 99% convergence rate in the projection years of all 48 deterministic reference grid OMs). In situations where the SP model did not converge, TAC advice remained unchanged.

### Stock-specific catch reconstruction and post-assessment upscaling.

Historical catches by stock were reconstructed assuming that no western fish mix eastwards and that the fraction of catches in the West area that should be assigned to the western stock is in proportion to the fraction of western spawning stock biomass in the West area ( $\Delta_y$ ).

In historical years (2019 and earlier) this fraction of SSB was calculated as the 25<sup>th</sup> percentile of the result across all reference grid OMs (Figure 1). In years after 2019,  $\Delta_y$  was calculated from the stock-specific SSB indices in the Gulf of Mexico (GOM\_LAR\_SUV) and Mediterranean (MED\_LAR\_SUV). To estimate the fraction of western SSB in the west area, calibration factors  $\delta$  were calculated from mean  $\Delta$  and index values  $I$ , over the most recent  $n$  historical years:

$$\delta_{\text{western stock}} = \sum_{y=2019-n+1}^{2019} \Delta_y / \sum_{y=2019-n+1}^{2019} I_{\text{GOM\_LAR\_SUV},y} \quad (1)$$

$$\delta_{\text{eastern stock}} = \sum_{y=2019-n+1}^{2019} (1 - \Delta_y) / \sum_{y=2019-n+1}^{2019} I_{\text{MED\_LAR\_SUV},y} \quad (2)$$

Then for any future year  $\Delta_y$  was calculated by:

$$\Delta_y = \frac{\delta_{\text{western stock}} I_{\text{GOM\_LAR\_SUV},y}}{\delta_{\text{western stock}} I_{\text{GOM\_LAR\_SUV},y} + \delta_{\text{eastern stock}} I_{\text{MED\_LAR\_SUV},y}} \quad (3)$$

This vector of  $\Delta_y$  can be reasonably noisy in future years due to observation error in the indices. To counter this, a less temporally variable loess smoothed vector  $\hat{\Delta}$  was calculated:

$$\hat{\Delta} = \text{LOESS}(\Delta) \quad (4)$$

Given a complete vector of  $\hat{\Delta}_y$  values, the area-based catches can be divided into stock catches for assessment purposes:

$$C_{\text{western stock},y} = \hat{\Delta}_y C_{\text{West area},y} \quad (5)$$

$$C_{\text{eastern stock},y} = C_{\text{East area},y} + (1 - \hat{\Delta}_y) C_{\text{West area},y} \quad (6)$$

The stock-specific TAC is calculated as a constant harvest rate control rule:

<sup>3</sup> For further details on the implementation of these data-rich CMPs go to [www.openMSE.com](http://www.openMSE.com)

$$TAC_{stock,y+1} = r_{stock} B_{stock,y} / 2 \quad (7)$$

Where  $r$  is the intrinsic rate of increase and  $B$  is the biomass estimated by the state-space surplus production model.

After assessment, area-based TAC advice is reconstructed by:

$$TAC_{west\ area,y} = \theta_{West} TAC_{western\ stock,y} / \hat{\Delta}_y \quad (8)$$

$$TAC_{east\ area,y} = \theta_{East} (TAC_{eastern\ stock,y} - TAC_{west\ area,y} + TAC_{western\ stock,y}) \quad (9)$$

Where  $\theta$  are area – specific tuning parameters that control the level of exploitation rate (hence the SP CMPs assume constant harvest rates). Tuning to 1.00 – 1.00 could not be achieved possibly due to TAC caps for both areas. For a list of CMP control parameters see Table 1.

**Table 1.** The input data, parameters of the current SP management procedure. CMP parameters highlighted in yellow have been revised for the reconditioned operating models.

| Description                    |                                                                                                                                                         | Value         |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <i>TAC adjustment limits</i>   |                                                                                                                                                         |               |
| $\theta^{up}$                  | The maximum fraction that TAC can increase                                                                                                              | 0.25          |
| $\theta^{down}$                | The maximum fraction that TAC can decrease                                                                                                              | 0.35          |
| $\theta^{min}$                 | The minimum fractional change in TAC                                                                                                                    | 0.05          |
| $\theta_{East}^{TACmin}$       | Minimum TAC for the East area                                                                                                                           | 10 kt         |
| $\theta_{West}^{TACmin}$       | Minimum TAC for the West area                                                                                                                           | 0.5 kt        |
| $\theta_{East}^{TACmax}$       | Maximum TAC for the East area                                                                                                                           | 45 kt         |
| $\theta_{West}^{TACmax}$       | Maximum TAC for the West area                                                                                                                           | 5 kt          |
| $\theta_{West}^{TACmax\_near}$ | Near-term maximum TAC for the West area                                                                                                                 | 3 kt          |
| $\theta_{West}^{n\_near}$      | Western near-term period                                                                                                                                | 4 years       |
| $n$                            | Number of years used in calculation of $\delta$ calibration factors                                                                                     | 5 years       |
| <i>Data smoothers</i>          |                                                                                                                                                         |               |
| $\omega$                       | The ratio of the No. polynomial smoothing parameters to the number of years of time series data. I.e.<br>$loess(\Delta, enp.target = \omega \cdot n_y)$ | 0.15          |
| <i>Assessment parameters</i>   |                                                                                                                                                         |               |
| $\gamma$                       | CV of lognormal process error (estimated annual biomass)                                                                                                | 0.1           |
| $\sigma$                       | CV of lognormal observation error (indices)                                                                                                             | 0.3           |
| <i>Tuning parameters</i>       |                                                                                                                                                         |               |
| $\theta_{West}$                | Multiplier on West area TAC                                                                                                                             | 0.691 – 1.08  |
| $\theta_{East}$                | Multiplier on East area TAC                                                                                                                             | 0.358 – 0.838 |

### **Mathematical descriptions for AI: fixed harvest rate CMP using estimates of area-based vulnerable biomass from an artificial neural network.**

Details of the neural network configuration are available in Table 1.

Simulated datasets were generated by projecting nine constant fishing mortality rate CMPs for all 96 stochastic reference set operating models. These nine CMPs comprised high, medium and low harvest rates in the West area crossed with high, medium and low harvest rates in the East area. These simulations created a range of simulated outcomes for both stocks. The stochastic operating models include 48 simulations each. Over 9 CMPs this leads to 41,472 simulated projections ( $96 \times 48 \times 9$ ). In each of these projections a single projection year was sampled, and for this year eight types of data were recorded:

- (1) current index level of all 13 indices subject after Loess smoothing (13 data points);
- (2) the mean level of the index in the projection to date (13 data points);
- (3) the slope in the index in the first 4 projection years (13 data points);
- (4) the slope in the index in the first 6 projection years (13 data points);
- (5) mean catches over the last three years in both ocean areas (2 data points);
- (6) mean catches in both ocean areas to date (2 data points);
- (7) the projection year;
- (8) the total simulated biomass in each ocean area of fish age 3 or older (2 data points).

This results in 57 independent variables (input layer features) and 1 dependent variable (the output layer - area biomass of fish age 3+) for training two neural networks, one for predicting total biomass of 3+ fish in the East area and another for predicting total biomass of age 3+ fish in the West area. Only one projection year was sampled per simulation to ensure all data points originate from independent time series. Random seeds were generated to ensure that the projected simulated data and dynamics were not the same as those used in MSE testing.

The wider dataset of 41,472 'observations' was split into three component datasets, a training set, a validation set and a testing set. The training set was used to fit the neural network using the backpropagation algorithm. The validation set was used to monitor training and where possible adjust meta parameters of the fitting and network design to improve accuracy. The testing set remained completely independent of the process of fitting or the selection of training hyperparameters that controlled the network fitting process. The split of these data was approximately 75% training, 20% validation, 5% testing.

Prior to fitting, data were all normalized to have mean 0 and standard deviation 1. The parameters of this data normalization was saved in the neural network design to ensure it was preserved when predictions are made from the new datasets provided to a CMP. To focus estimation on smaller stock sizes where CMP performance is most critical, the highest 10% of simulated biomasses were removed from the fitting (include many optimistically high outliers) and fit was conducted by minimizing mean squared error on log area biomass.

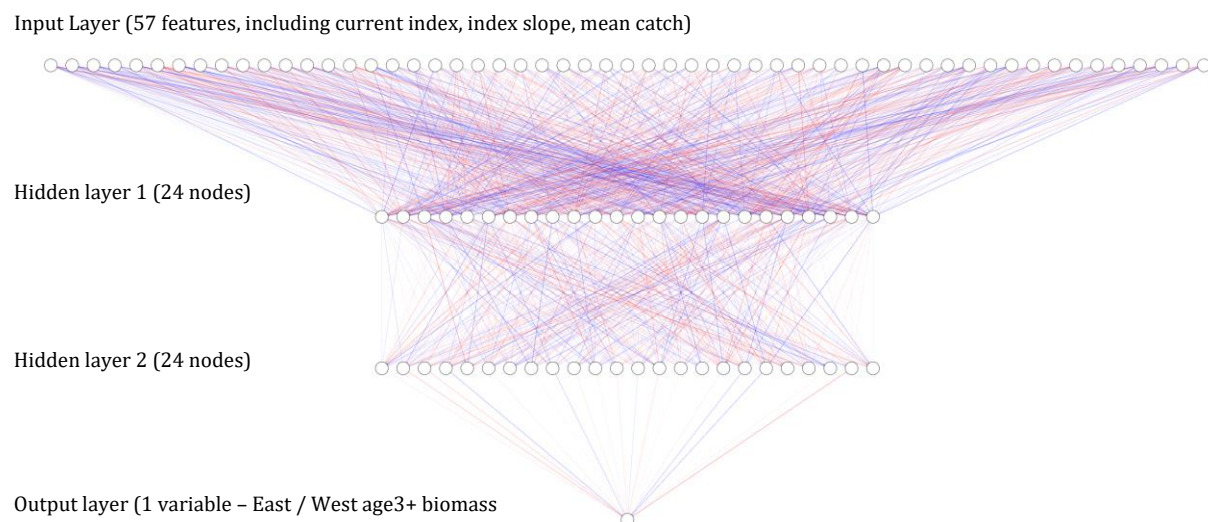
It has been shown that two hidden layers are sufficient to characterize the structure of any non-linear problem, and that at least two are required to capture complex hierarchical interactions. It follows that a three-layer (two hidden layers) neural network was investigated allowing for deep learning. As is typically the case in the design of neural networks, the width (number of nodes) and depth (number of hidden layers) was decided by ad-hoc experimentation as it is specific to each problem. In both East and West neural networks, relatively high accuracy was achieved with two hidden layers comprising 24 in the first layer and 24 in the second (Figures 1 and 2). This leads to 2,017 parameters per neural network which are the weights among the layers (the coloured lines of Figure 1), in addition to the biases in the hidden and output layers (one for each of the nodes in the lower three layers of nodes in Figure 1) ( $2,017 = 57 \times 24 + 24 \times 24 + 24 \times 1 + 24 + 24 + 1$ ). In general, the validation loss rate (the mean squared error in log total biomass of age 3+ fish) stopped improving after 350 epochs (iterations of fitting) (see Figure 2 for mean absolute error plots).

The neural networks were used in fixed harvest rate CMPs. The TACs in each area were set by the 3+ biomass estimate from the corresponding neural network multiplied by a tuning parameter that is the fixed harvest rate in each area. CMPs AI1, AI2 and AI3 were tuned to an eastern stock Br30 (spawning stock biomass, SSB relative to dynamic SSB MSY after 30 projected years) of approximately 1.55 and western stock Br30 of 1.00, 1.25 and 1.50, respectively. Similarly to other CMPs, the TAC advice arising from the A.I.

CMs were constrained by minimum (10kt East, 0.5kt West) and maximum (50kt East, 4kt West) levels in addition to maximum percentage increases (25%) and decreases (35%). If the new TAC is less than a 5% different from the previous TAC no change is implemented.

**Table 1. Neural network configuration**

| <b>Configuration</b>                                                                                        | <b>Used in this analysis</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Alternatives</b>                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Software</b>                                                                                          | KERAS R package (Falbel et al. 2021) + Tensorflow (2021) + NVIDIA CUDA (NVIDIA 2021)                                                                                                                                                                                                                                                                                           | neuralnet R package (Fritsch <i>et al.</i> 2016)<br>nnet R package (Ripley 2016) (and many others)                                                                         |
| <b>2. Network type</b>                                                                                      | Simple recurrent                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Fully recurrent, Recursive, Multilayer perceptron, Convoluted, Bi-directional, Hierarchical, Stochastic, Long short-term memory, Sequence to sequence, Shallow, Echo state |
| <b>3. Training algorithm (optimizer)</b>                                                                    | 'rmsprop'                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 'adam', 'sgd', 'adamax', 'adadelta', 'adagrad'                                                                                                                             |
| <b>4. Cost function</b>                                                                                     | Mean squared error                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Mean absolute error, mean squared, logarithmic error, mean absolute percentage error                                                                                       |
| <b>5. Intensiveness of training</b>                                                                         | 500 epochs (sufficient for stabilization of cost function, Figure 2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | -                                                                                                                                                                          |
| <b>6. Input data types</b>                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Current index level (13 indices, each loess smoothed)</li> <li>• Index slope: first 4 yr. of projection</li> <li>• Index slope first 6 yrs of projection</li> <li>• Index</li> <li>• Mean index level in projection</li> <li>• Projection year number</li> <li>• Mean catch levels in projection (both East and West area)</li> </ul> |                                                                                                                                                                            |
| <b>7. Output data</b>                                                                                       | East / West Area specific biomass (age 3+)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Stock biomass, stock biomass x exploitation rate                                                                                                                           |
| <b>8. Size of training / validation / testing data sets</b>                                                 | 31,519 / 7,880 / 2,074 (approx. 75% / 20% / 5%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | -                                                                                                                                                                          |
| <b>9. Network design (number of neurons in consecutive layers demarked by ':') and Activation functions</b> | <b>Input layer:</b> 57 (data types)<br><b>Hidden layers:</b> 24:24 (2,401 parameters)<br><b>Output layer:</b> 1<br><b>Activation functions:</b> rectified linear unit                                                                                                                                                                                                          | Linear, sigmoid, hyperbolic, tangent                                                                                                                                       |
| <b>10. Neural net performance evaluation</b>                                                                | <b>Validation:</b> cross-validation<br><b>Estimation performance:</b> mean squared error / mean absolute error<br><b>Management performance:</b> MSE testing with ABT-MSE package                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                            |



**Figure 1.** Neural network design. Lines represent estimated weights, circles represent nodes for which a bias is estimated per node for each hidden layer and the output layer.



## Appendix 6

**Proposal to develop a dedicated stochastic OM for use in CMP development tuning****Methods**

Each stochastic OM of the reference set has multiple replicates. It is possible to sample one of these replicates for each OM. For example, replicate 4 for OM #1, replicate 1 for OM #2, replicate 7 for OM #3, and so on, creating a sample of replicate numbers: [4, 1, 7, ...]. A total of 1000 of these samples was drawn (1000 ways in which the full grid stochastic OMs could be sampled).

For each of the samples, a weighted median Br30 was calculated for each CMP. These sample-derived Br30 values were then compared with the overall stochastic Br30 to evaluate whether a given sample was indicative of Br30 overall and could therefore be used in CMP development tuning (Figure 1).

**Results**

Of the 1000 sets of samples, just 7 provided an R-squared value greater than 0.95 for both stocks and achieved an estimated slope between 0.925 and 1.075 (Figure 2). Of these, sample 72 achieved slope values close to 1 and R-squared values greater than 0.975 for both stocks.

The correlation (or lack thereof) among Br30 calculated from individual stochastic OMs and the Br30 calculated from the entire reference grid of stochastic OMs are available in Figure 3 and 4. OM 7 appeared to work well for the western stock (linear relationship and approximately 1:1 through the tuning range of 1.00 to 1.50) (Figure 4). However, this was not the case for the eastern stock, and tuning to OM 7 Br30 would not translate to a Br30 tuning across the whole grid (Figure 3).

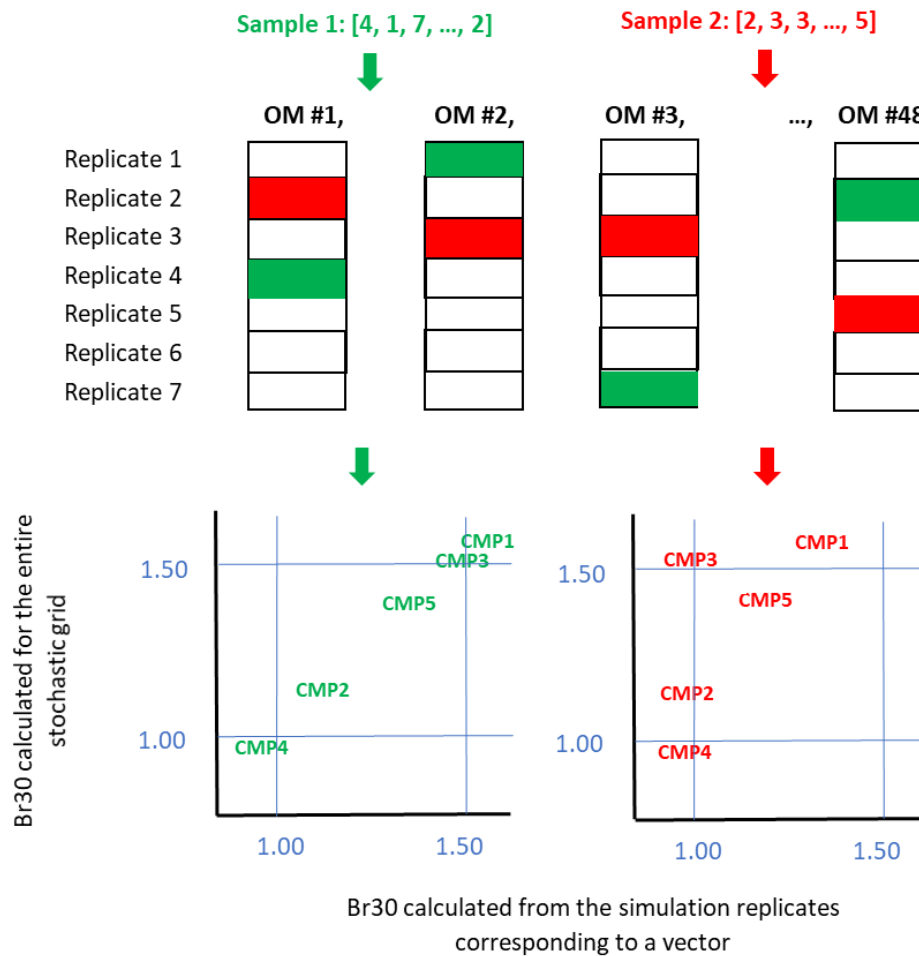
**Proposal**

**Sample 72 should be used to develop a new, dedicated tuning OM that is included in the ABTMSE R package for the purpose of CMP development tuning.**

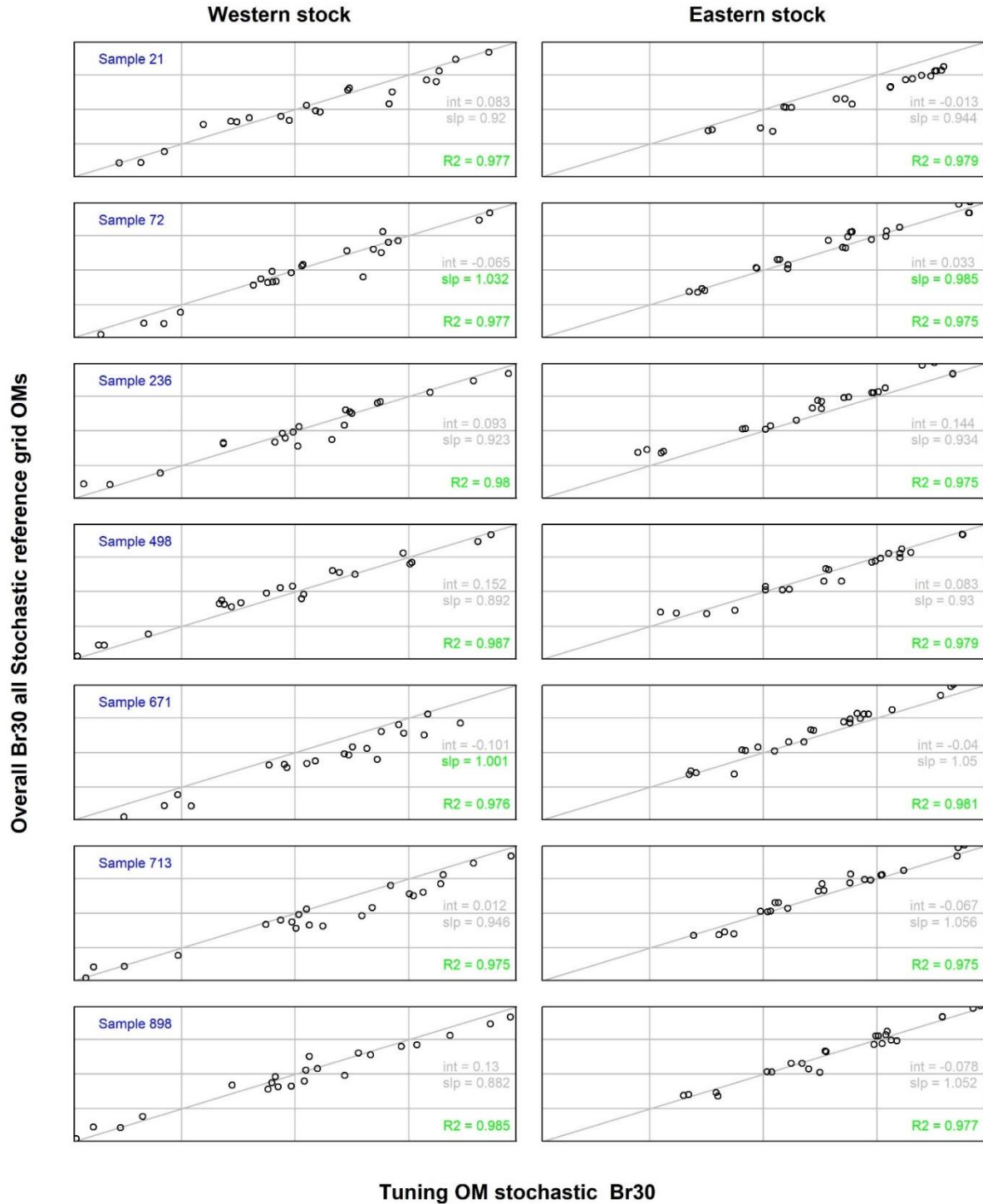
Consistent with the current approach, CMP developers calculate MSE results using the dedicated tuning OM, and then obtain weighted Br30 estimates using the Br30\_Wt() function. CMP developers then adjust tuning parameters to obtain the desired eastern and western Br30 tuning targets. As before, for each of the tuned CMPs, developers then calculate MSE results for the full set of stochastic operating models, including the robustness set.

**Advantages of the approach**

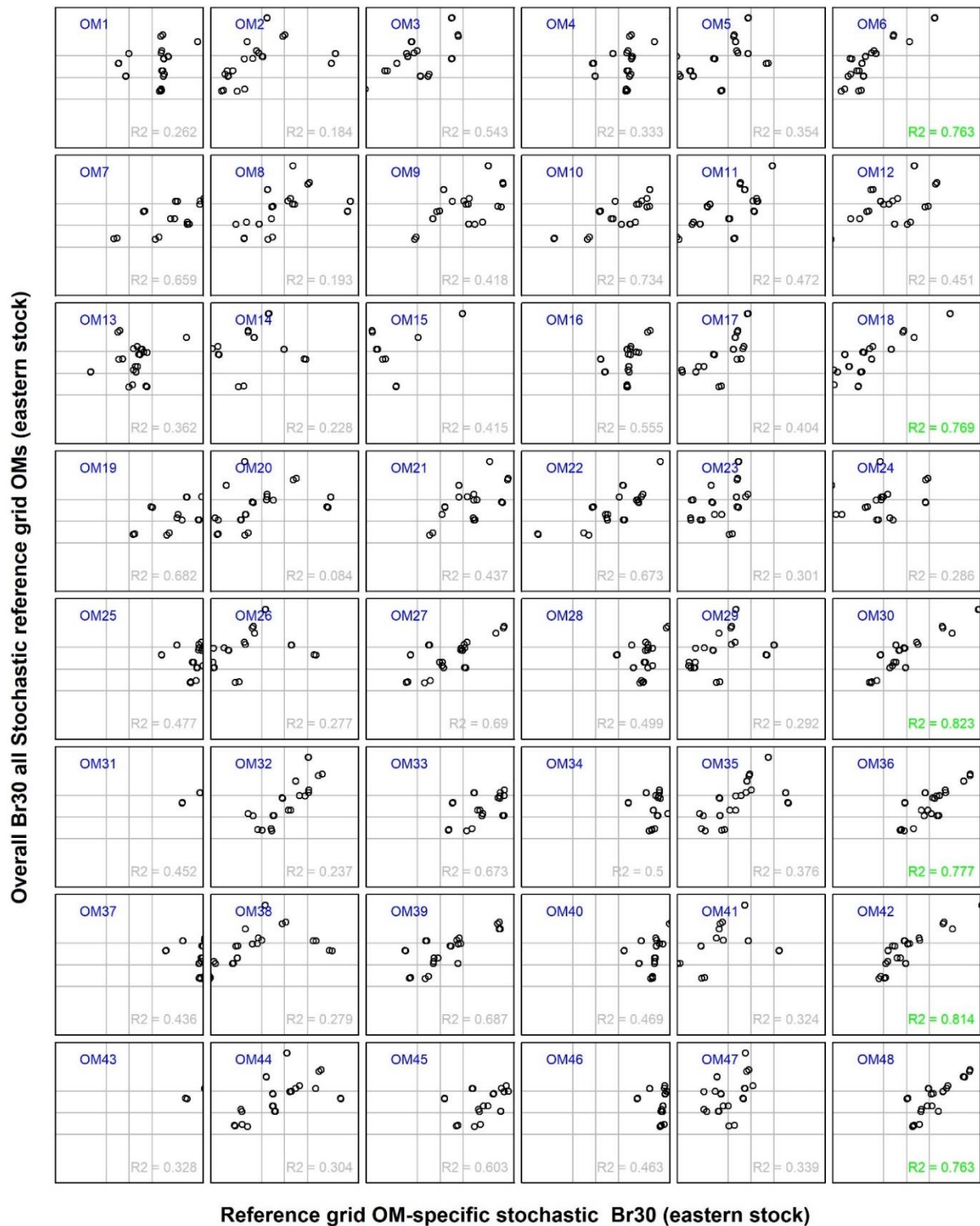
Tuning is undertaken using stochastic simulations that are representative of the full reference grid of OMs. Computation is approximately halved (just 48 simulations – one per reference grid OM) from the previous deterministic tuning procedure (48 operating models with two identical deterministic simulations per OM – 96 simulations total).



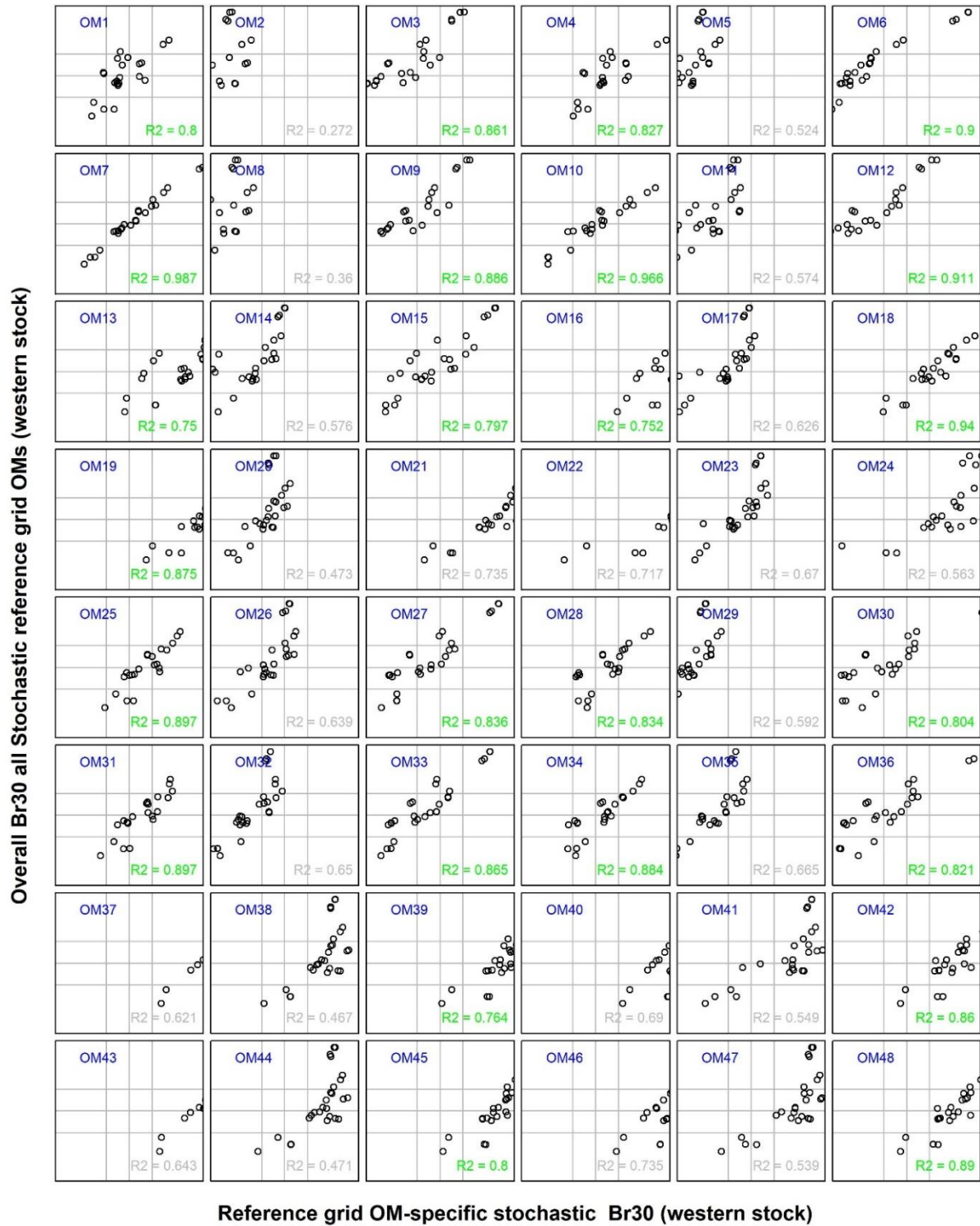
**Figure 1.** Illustration of the method used to find a sample of stochastic OM simulation replicates for use in CMP development tuning. For two samples of simulations (each sample comprising one replicate per stochastic grid OM), are used to calculate Br30 for all CMPs. These are then compared with the Br30 calculated from all reference set OMs. The simulations of Sample 1 produce Br30 scores that exhibit a close 1:1 relationship with overall Br30 for all stochastic OMs, suggesting that Sample 1 could be used as a computationally efficient way of tuning CMPs. In the case of Sample 2, CMPs could be tuned to 1.00 and still provide a wide range of outcomes in terms of overall Br30 for the entire stochastic reference set, making this sample unsuitable for CMP development tuning.



**Figure 2.** Correlation of Br30 derived from the simulation replicates corresponding to various vectors (horizontal-axis) and Br30 calculated across all stochastic grid OMs (vertical-axis, the same on all panels). Each row of panels corresponds to vector stochastic parameters (one per reference set OM). The plotted points correspond to the 32 tuned CMPs submitted to the September Interseasonal meeting. R-squared statistics (R2) are shown in each panel and values above 0.95 are coloured green. Estimated linear intercept (int) and slope (slp) are also shown in each panel. Slope estimates which are between 0.95 and 1.05 are colored green. Vertical and horizontal grey lines are the 1.00, 1.25 and 1.50 development tunings. The results in this plot are for the 7 of the 1000 sampled vectors that could achieve an R-squared higher than 0.95 for both stocks, and a slope value between 0.925 and 1.075 for the eastern stock.



**Figure 3.** Correlation of **eastern** Br30 for each stochastic reference grid OM (horizontal-axis) and Br30 calculated across all stochastic reference grid OMs (vertical-axis, the same on all panels). The plotted points correspond to the 32 tuned CMPs submitted to the September Intersessional meeting. R-squared statistics are plotted in each panel and higher values are colored green. Vertical and horizontal grey lines are the 1.00, 1.25 and 1.50 development tunings.



**Figure 4.** Correlation of **western** Br30 for each stochastic reference grid OM (horizontal-axis) and Br30 calculated across all stochastic reference grid OMs (vertical-axis, the same on all panels). The plotted points correspond to the 32 tuned CMPs submitted to the September Intersessional meeting. R-squared statistics are plotted in each panel and higher values are colored green. Vertical and horizontal grey lines are the 1.00, 1.25 and 1.50 development tunings.

## Appendix 7

**An illustrative example of satisficing****Introduction**

At this preliminary stage, a relatively large number of performance metrics have been identified for comparing CMPs. Visualising performance is challenging for Atlantic bluefin tuna because these metrics are duplicated across stocks/areas.

Satisficing is an approach to CMP selection that simplifies performance evaluation by removing CMPs from consideration that do not meet particular performance requirements. This can be used to ensure that minimum performance standards are met for critical performance axes, and can simplify comparisons among a smaller set of remaining metrics for a reduced set of CMPs.

In this working paper a very simple satisficing procedure is described for **illustrative** purposes. The performance metrics, levels and probabilities are **demonstrative only**.

**Method**

Six satisficing steps were developed that combine

- a metric (e.g. SSB relative to dynamic SSB<sub>MSY</sub> in projection year 30: Br30),
- a level of that metric (e.g. Br30 = 0.5) and
- an acceptable probability of exceeding that level (e.g. greater than 75%)

in the formulation of criteria for narrowing the list of CMPs for further consideration (Table 1).

The ABT MSE Shiny app was used (<https://apps.bluematterscience.com/ABTMSE/>) to conduct the satisficing.

**NOTE:** this illustrative example uses result for the AI CMPs that were updated during the meeting.

**Table 1.** An example of CMP satisficing using the ABT MSE Shiny app (<https://apps.bluematterscience.com/ABTMSE/>).

| Base settings:                                                      | OM SET 1 > Select all reference OMs<br>Options > Select all<br>Options > Stochastic |                                                |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Settings                                                            | Criteria                                                                            | CMPs removed                                   |
| <b>Satisficing 1. Long-term biomass eastern stock</b>               |                                                                                     |                                                |
| P.Tab.2                                                             | Remove CMPs for which more than                                                     | AI0, AI1, AI3, BR0, BR1, BR3, TC0              |
| Inter-quartile range = 50                                           | 25% of simulations drop below Br30                                                  |                                                |
| Performance metric = Br30 eastern                                   | = 0.5 in the eastern stock                                                          |                                                |
| <b>Satisficing 2. Long-term biomass western stock</b>               |                                                                                     |                                                |
| P.Tab.2                                                             | Remove CMPs for which more than                                                     | AI0, AI1, AI2, AI3, BR0, BR1, BR2              |
| Inter-quartile range = 50                                           | 25% of simulations drop below Br30                                                  |                                                |
| Performance metric = Br30 eastern                                   | = 0.5 in the western stock                                                          |                                                |
| <b>Satisficing 3. Long-term catch East area</b>                     |                                                                                     |                                                |
| P. Tab. 2.                                                          | Remove CMPs for which more than                                                     | AI0, AI1, AI3, BR0, BR1, BR2,                  |
| Inter-quartile range = 50                                           | 25% of simulations drop below C30 =                                                 | BR3, BR4, TC0, TC1, TC2, TC3,                  |
| Performance metric = C30 eastern                                    | 10kt in the East                                                                    | TC4, NC1, NC2, NC3, NC4, PW1,<br>PW2, PW3, PW4 |
| <b>Satisficing 4. Long-term catch West area</b>                     |                                                                                     |                                                |
| P. Tab. 2                                                           | Remove CMPs for which more than                                                     | AI0, AI3, BR0, TC0, TC1, TC2,                  |
| Inter-quartile range = 50                                           | 25% of simulations drop below C30 =                                                 | TC3, TC4, NC1, NC2, NC3, NC4,                  |
| Performance metric = C30 eastern                                    | 1kt in the West                                                                     |                                                |
| <b>Satisficing 5. Average annual variability in yield East area</b> |                                                                                     |                                                |
| P. Tab. 2                                                           | Remove CMPs for which median                                                        | FZ1, FZ3, PW1, PW2, PW3, PW4,                  |
| Performance metric = AAVC eastern                                   | AAVC is greater than 25% for East                                                   | SP1, SP2, SP3, SP4                             |
| <b>Satisficing 6. Average annual variability in yield West area</b> |                                                                                     |                                                |
| P. Tab. 2                                                           | Remove CMPs for which median                                                        | FZ2, SP1, SP2, SP3, SP4                        |
| Performance metric = AAVC western                                   | AAVC is greater than 25% for West                                                   |                                                |

**Table 2.** Satisficing criteria applied to the 32 CMPs submitted to the September Intersessional meeting. A CMP that passes a satisficing criterion is assigned a value of 1 (green) and a value of zero (red) if it does not pass. The Total column sums CMP pass/fail values across each row and is color-coded based on the value with green values indicating CMPs that passed a greater number of satisficing criteria. These results are for illustrative purposes only. Note that the AI results were updated during the meeting.

| CMP | 1<br>Br30 E | 2<br>Br30 W | 3<br>C30 E | 4<br>C30 W | 5<br>AAVC E | 6<br>AAVC W | Total | CMP |
|-----|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------|-----|
| AI0 | 0           | 0           | 0          | 0          | 1           | 1           | 2     | AI0 |
| BR0 | 0           | 0           | 0          | 0          | 1           | 1           | 2     | BR0 |
| TC0 | 0           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 3     | TC0 |
| AI1 | 0           | 0           | 0          | 1          | 1           | 1           | 3     | AI1 |
| BR1 | 0           | 0           | 0          | 1          | 1           | 1           | 3     | BR1 |
| FZ1 | 1           | 1           | 1          | 1          | 0           | 1           | 5     | FZ1 |
| NC1 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | NC1 |
| PW1 | 1           | 1           | 0          | 1          | 0           | 1           | 4     | PW1 |
| SP1 | 1           | 1           | 1          | 1          | 0           | 0           | 4     | SP1 |
| TC1 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | TC1 |
| AI2 | 1           | 0           | 1          | 1          | 1           | 1           | 5     | AI2 |
| BR2 | 1           | 0           | 0          | 1          | 1           | 1           | 4     | BR2 |
| FZ2 | 1           | 1           | 1          | 1          | 1           | 0           | 5     | FZ2 |
| NC2 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | NC2 |
| PW2 | 1           | 1           | 0          | 1          | 0           | 1           | 4     | PW2 |
| SP2 | 1           | 1           | 1          | 1          | 0           | 0           | 4     | SP2 |
| TC2 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | TC2 |
| AI3 | 0           | 0           | 0          | 0          | 1           | 1           | 2     | AI3 |
| BR3 | 0           | 1           | 0          | 1          | 1           | 1           | 4     | BR3 |
| FZ3 | 1           | 1           | 1          | 0          | 0           | 1           | 4     | FZ3 |
| NC3 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | NC3 |
| PW3 | 1           | 1           | 0          | 1          | 0           | 1           | 4     | PW3 |
| SP3 | 1           | 1           | 1          | 1          | 0           | 0           | 4     | SP3 |
| TC3 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | TC3 |
| AI4 | 1           | 1           | 1          | 1          | 1           | 1           | 6     | AI4 |
| BR4 | 1           | 1           | 0          | 1          | 1           | 1           | 5     | BR4 |
| FZ4 | 1           | 1           | 1          | 1          | 1           | 1           | 6     | FZ4 |
| NC4 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | NC4 |
| PW4 | 1           | 1           | 0          | 1          | 0           | 1           | 4     | PW4 |
| SP4 | 1           | 1           | 1          | 1          | 0           | 0           | 4     | SP4 |
| TC4 | 1           | 1           | 0          | 0          | 1           | 1           | 4     | TC4 |



## **Appendix 8**

### **SPECIFICATIONS FOR MSE TRIALS FOR BLUEFIN TUNA IN THE NORTH ATLANTIC Version 21-3: 9 September 2021**

Specifications for the MSE trials are contained in a living document that is under constant modification. The most recent version of the document (Version 21-3: September 9, 2021) can be found [here](#).

## Appendix 9

**Draft of Detailed proposed workplan for remainder of 2021 and 2022**

Note that this is a proposal from the BFT Group and represents their view of the necessary meetings and tasks for 2021 and 2022.

| <i>Date</i>                   | <i>Milestone/meeting</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>Participants / Meeting type</i>                                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 13-15 September 2021          | Panel 2 meeting (short presentation on MSE progress (SCRS Chair/West BFT Chair))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Panel 2                                                                                 |
| 20-25 September 2021          | Species Group meeting (1 day for BFT), focus solely on Executive Summary and responses to the Commission                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | SCRS/Secretariat                                                                        |
| 27 September – 2 October 2021 | SCRS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | SCRS/ Secretariat                                                                       |
| October 2021                  | Offer Informal “Ambassador” webinars                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | SCRS/Panel 2/Commission/others/ Secretariat                                             |
| 12 November 2021              | Panel 2 MSE meeting. Dialogue with the Panel 2 on CMPs, operational management objectives and performance indicators. At this point the SCRS should have 2-3 CMPs and tangible performance statistics values to show tradeoffs.                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Panel 2/Secretariat                                                                     |
| Late 2021/ early 2022         | Different teams (VPA and SS) of the Technical Sub-group on Assessment models to meet; Sub-group on growth in farms                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | BFT Technical Sub-group on Assessment models (EBFT)                                     |
| December 2021                 | Webinar to integrate Panel 2 advice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | BFT MSETG/ Secretariat                                                                  |
| 1 Dec 2021- 1 Feb 2022        | CMP Developers incorporate Panel 2 advice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | BFT MSETG/ Secretariat                                                                  |
| February                      | Meeting to present advances on different platforms and take directions                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | BFT Technical Sub-group on Assessment models (EBFT)                                     |
| February                      | Technical Sub-group on Abundance indices for helping reviewing the Moroccan and Spanish as well as the Moroccan and Portuguese trap indices, or other potential indices                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | BFT Technical Sub-group on Assessment models (EBFT) and Sub-group on Abundance indices. |
| March 2022                    | Panel 2 meeting (second iteration of CMP refinement)<br>- recommend final operational management objectives and identify performance indicators<br>- develop guidance on range of appropriate management responses should exceptional circumstances be found to occur<br>- to further incorporate recommendations and further refine CMPs to meet operational management objectives<br>- begin guidance on a range of appropriate management responses should exceptional circumstances be found to occur. 1-day on MSE. | Panel 2/ Secretariat                                                                    |
| April 2022                    | BFTSG intersessional meeting (EBFT Data prep + MSE, possibly separate meetings). This meeting would incorporate an essential milestone to agree upon the top 2-3 CMPs for consideration. ( __ days)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | BFTSG/ Secretariat                                                                      |
| May/June 2022                 | Panel 2 meeting (third iteration of CMP refinement to incorporate further recommendations). This meeting could likely be remote and 1-day.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Panel 2/ Secretariat                                                                    |
| July 2022                     | Sub-group on growth in farms                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | BFTSG/ Secretariat                                                                      |
| July/ September 2022          | BFTSG intersessional meeting (EBFT Assessment + MSE, possibly separate meetings) BFTSG completes MSE, incorporating feedback from Commission through Panel 2/ SWGSM ( __ days)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | BFTSG/ Secretariat                                                                      |

|                           |                                                                                                                               |                      |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| September 2022            | Species Group meeting/SCRS (finalize CMPs)                                                                                    | SCRS/ Secretariat    |
| October/<br>November 2022 | Panel 2 meeting, SCRS presents completed MSE to Panel 2,<br>Panel 2 selects CMPs to present to the Commission.                | Panel 2/ Secretariat |
| November 2022             | SCRS presents to the Commission CMPs, the Commission<br>adopts an interim MP at the Annual Meeting, including a 2-year<br>TAC | Commission           |

---