

INFORME DE LAS SESIONES DE EVALUACIÓN DE LOS STOCKS DE ATÚN BLANCO DEL MEDITERRÁNEO Y DEL ATLÁNTICO SUR DE ICCAT DE 2011

(Madrid, España -25 a 29 de julio de 2011)

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

La reunión se celebró en la Secretaría de ICCAT, en Madrid, del 25 al 29 de julio de 2011. La Dra. Pilar Pallarés, en nombre del Secretario Ejecutivo de ICCAT, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes (el Grupo de trabajo).

El Dr. Haritz Arrizabalaga y D. José María Ortiz de Urbina (UE-España), relatores del atún blanco del Atlántico y del Mediterráneo, copresidieron la reunión. El Dr. Arrizabalaga dio la bienvenida a los participantes en la reunión y señaló que, durante la reunión, se evaluaría por primera vez el stock de atún blanco del Mediterráneo. El Dr. Arrizabalaga procedió a revisar el Orden del día que fue adoptado sin cambios (**Apéndice 1**).

La Lista de participantes se incluye en el **Apéndice 2**. La lista de documentos presentados a la reunión se adjunta como **Apéndice 3**. Los siguientes participantes actuaron como relatores:

P. Pallarés	Puntos 1 y 11
T. Ceyhan	Punto 2
M. Ortiz y C. Palma	Puntos 3 y 4
M. Pons y S. Saber	Puntos 5.1 y 5.2
H. Agrelli y B. Babcock	Punto 6.1 y 6.2
P. de Bruyn, B. Babcock y L. Kell	Punto 7.1-8.1 y 7.2-8.2
G. Scott y H. Arrizabalaga	Punto 9
J.M. Ortiz de Urbina	Punto 10

2 Datos biológicos, lo que incluye información de marcado

La **Tabla 1** refleja los parámetros biológicos actualmente asumidos para los stocks de atún blanco del Sur y del Mediterráneo. Durante la reunión del GT se presentó nueva información sobre parámetros biológicos diferentes que se utilizó en los análisis de sensibilidad o se incorporó como información previa de algunos de los análisis llevados a cabo por el GT.

2.1 Crecimiento

Se han realizado diversos estudios de crecimiento del atún blanco del Mediterráneo utilizando partes duras (Quelle *et al.*, 2011). La **Tabla 2** (adaptada de Quelle *et al.*, 2011) resume la información disponible para describir el crecimiento del atún blanco del Mediterráneo. Es evidente que los diferentes estudios reflejan rangos de talla y edad algo diferentes y que ningún estudio abarca todo el rango de tallas capturadas en el Mediterráneo (**Figura 1**). Con el fin de examinar las implicaciones de patrones de crecimiento subyacentes posiblemente diferentes en comparación con la curva de crecimiento de Megalofonou (2000) adoptada por el SCRS para las evaluaciones de stock, el Grupo de trabajo decidió considerar un modelo de crecimiento que incorporara todos los datos disponibles. Dado que no se disponía de tallas de peces individuales ni de edades decimales de los diversos estudios, se llevó a cabo una primera aproximación. Se calculó una talla media por edad (ponderada por el tamaño de la muestra) (**Tabla 2**) y se ajustaron diversas funciones de crecimiento a los datos. En la **Tabla 3** se presentan las estimaciones de parámetros para los modelos aplicados a estos datos.

Se utilizó un modelo von Bertalanffy 2K (Porch *et al.*, 2002) para explicar el patrón en las tallas medias ponderadas a una edad entera entre todos los datos disponibles. Esta formulación del modelo ha sido aplicada a stock que demuestran patrones de crecimiento estacionales u ontogenéticos, como podría esperarse para una especie que demuestra crecimiento sexualmente dimórfico. Aunque el modelo de crecimiento de Megalofonou se aproxima al patrón de la **Tabla 2** (**Figura 2**), tiende a subpredecir las expectativas de crecimiento por edad para los peces pequeños entre todos los datos de la **Tabla 2** y a sobrepredecir la talla por edad prevista entre los datos de la **Tabla 2** para los peces más grandes. Para los peces de más de 65 cm FL, el modelo de Megalofonou predice un descenso más rápido en la talla por edad de lo que lo hace el ajuste de von Bertalanffy 2K (**Figura 3**) debido a una K estimada más elevada y a una L_{inf} estimada inferior en comparación con el von Bertalanffy 2K

más allá de la edad crítica de aproximadamente 1,25 años. La aplicación de estos modelos para determinar la edad de la captura por talla produce diferencias que el GT decidió evaluar más adelante.

Respecto al atún blanco del Atlántico sur, un exhaustivo estudio basado en 344 lecturas de espinas de atunes blancos de entre 51 y 130 cm FL y 125 lecturas de vértebras de entre 81 y 117 cm L produjo los siguientes estimaciones de parámetros de crecimiento de von Bertalanffy: $L_{\infty} = 147,5$; $k = 0,126$; $t_0 = -1,89$ (Lee y Yeh, 2007). Esta es la curva de crecimiento utilizada por el Grupo de trabajo para evaluar el atún blanco del Atlántico sur.

2.2 Madurez

Se asumió que el vector de madurez para el atún blanco del Atlántico sur era de un 50% de madurez a la edad 5 y madurez completa a la edad 6 y posteriores (Anon. 2008).

Los conocimientos sobre madurez para el stock del Mediterráneo se describen en un estudio llevado a cabo con muestras obtenidas entre 1978 y 1980 en el mar Tirreno. Los hallazgos son que el 50% de los atunes blancos de 2 años con una talla a la horquilla media de 66,3 cm eran sexualmente maduros (Arena *et al.*, 1980). El documento SCRS/2011/117 presentaba un enfoque de un análisis de la curva de captura basándose en datos de la pesquería de recreo española para la estimación de la curva de madurez. La L_{50} (talla en el 50% de madurez) para el atún blanco del Mediterráneo se estimó en 63,13 cm, lo que es muy cercano a la estimación previamente comunicada por Arena *et al.* (1980) pero se corresponde con la edad 3 de acuerdo con la ecuación de crecimiento de Megalofonou (2000).

El documento SCRS/2011/113 presentaba nuevos datos sobre la composición por tallas y sexos del atún blanco, *Thunnus alalunga*, en el Atlántico sudoccidental. De los individuos observados, 5.340 (58% del total) fueron medidos en buques con pabellón de Uruguay. La FL mínima registrada entre 1998 y 2010 era de 60 cm y la máxima de 128 cm, con una media total de $94 \pm 9,0$ cm. De los 5.340 ejemplares medidos, se determinó el sexo del 48%. La talla media para las hembras era de $95,8 \pm 8,1$ cm (rango: 69-122 cm) y para los machos era de $95,4 \pm 8,7$ cm (rango: 61-123 cm). La proporción de sexos era de 1.1 macho por hembra. Respecto a los buques con pabellón japonés que operaron en aguas de Uruguay entre 2009 y 2010, el número de ejemplares medidos fue de 41.397. La FL media fue de $97,0 \pm 8,8$ cm (rango: 42,5-124 cm). La flota japonesa capturó ejemplares más grandes que la flota uruguaya y esta diferencia podría deberse a la profundidad a la que se cala el palangre, lo que sugiere una mayor proporción de ejemplares más grandes a mayor profundidad. Asimismo, los resultados observados en relación con la distribución espacial-temporal del atún blanco son coherentes con los comunicados para el Atlántico sudoccidental y en línea con las teorías existentes sobre posibles patrones migratorios del atún blanco del Sur.

Además, el documento SCRS/2011/124 presentaba la reproducción del atún blanco, *Thunnus alalunga*, capturado por la flota de palangre brasileño en el Atlántico sudoccidental. Desde 2005 a 2010, se muestrearon 370 machos (97-138 cm FL) y 365 hembras (89-128 cm FL) para un análisis histológico de gónadas con el fin de asignar etapas de desarrollo de la maduración a los ejemplares capturados por los palangreros atuneros brasileños en el Atlántico sur. La proporción de sexos era cercana a 1 todo el año, con una proporción total de 1,1♀:1♂ en 407 hembras y 376 machos. Las clases de talla de los machos variaban entre 96 y 138 cm FL y eran más frecuentes en las clases más grandes (> 114 cm FL). Las hembras variaban entre 89 y 128 cm FL y eran más frecuentes en las clases más pequeñas. La temporada de desove parece producirse desde septiembre hasta marzo incluido, cuando el índice GI es elevado. Durante este periodo se hallaron hembras con ovarios llenos de oocitos hidratados y algunos folículos post-ovulatorios y machos con diferentes vasos llenos de esperma. La primera madurez sexual era a los 92 cm FL para las hembras y a los 100 cm FL para los machos. Las estimaciones de fecundidad por lote de puesta están entre 0,5 y 1,2 millones de huevos. Las distribuciones de frecuencia de los diámetros de los oocitos presentan modas de desove por lote de puesta. Los resultados confirman la hipótesis de que el atún blanco desova en aguas frente a la costa de Brasil.

2.3 Mortalidad natural

Se asumió que la mortalidad natural era constante e igual a 0,3 para todas las clases de edad tanto para el stock de atún blanco del Atlántico sur como para el stock del Mediterráneo. En el caso del atún blanco del Mediterráneo, se exploraron diferentes enfoques para obtener un valor objetivo para M; la aplicación de la fórmula de Pauly (1990) produjo un valor de 0,456 mientras que la fórmula Froese y Pauly (1997) proponía un valor de 0,420. El enfoque de Chen y Watanabe (1988) proporcionaba el siguiente vector de M para las edades 1 a 7: [0,567, 0,446, 0,382, 0,396, 0,456, 0,537, 0,654].

2.4 Otra información

El GT fue informado sobre la recuperación de registros de captura de las almadras portuguesas que se remontan a finales del siglo XIX e incluían algunas capturas importantes de atún blanco. Estos episodios podrían indicar una migración potencialmente importante del atún blanco desde el Atlántico norte al Mediterráneo, lo que estaría en desacuerdo con el supuesto aceptado actualmente de que el stock del Mediterráneo es totalmente independiente del stock del Atlántico norte. El GT recomendó que se revise urgentemente la estructura del stock de atún blanco tanto del Atlántico como del Mediterráneo.

3 Examen de la información básica

Al inicio de la reunión, la Secretaría presentó la información más actualizada de Tarea I y Tarea II (captura y esfuerzo y muestras de talla) para los stocks de atún blanco del Sur (ALB-S) y del Mediterráneo (ALB-M), para el periodo 1950 hasta 2010. Para obtener una perspectiva resumida de la disponibilidad de datos, los catálogos correspondientes se prepararon durante la reunión y se presentaron al grupo (ALB-S en la **Tabla 4** y ALB-M en la **Tabla 5**). Cubren solo el periodo de 1980-2010, pero está disponible la misma información previa petición (si es necesario, con más detalle) en la Secretaría.

3.1 Tarea I (capturas)

La tabla resumen de Tarea I de atún blanco (que contiene las capturas de los tres stocks de atún blanco) se presenta en la **Tabla 6**. La distribución geográfica (por cuadrículas de 5 x 5) por década y arte principal (fuente CATDIS, versión 2011.05) de las capturas de Tarea I de atún blanco en la zona del Convenio de ICCAT se presenta en la **Figura 4**.

3.1.1 Atlántico sur

La serie de captura de Tarea I de ALB-S fue revisada para todo el periodo (1950 a 2010). Dado que solo unos pocos países habían comunicado información de captura provisional para 2010 (Belice, Taipei Chino, UE-España, UE-Francia, Filipinas y Uruguay), el Grupo acordó utilizar solo la información disponible hasta 2009. No se identificaron grandes cambios a la serie de captura de Tarea I de ALB-S aparte de pequeñas y esperadas variaciones en 2009 (3 años más recientes y provisional). Las capturas totales acumuladas por arte principal y año se muestran en la **Figura 5**.

3.1.2 Mediterráneo

Tras la reunión de preparación de datos para el stock de ALB-M de 2010 (Anon., 2011), se revisó de nuevo la serie de captura de Tarea I, pero no se identificaron cambios importantes. Las capturas provisionales de 2010 del Mediterráneo se consideraron en la evaluación porque las capturas de las CPC que pescan más activamente estaban disponibles (UE-España, UE-Grecia, UE-Italia, Marruecos con captura cero y Turquía) al inicio de la reunión.

El GT las examinó y recomendó los siguientes ajustes (es necesaria la disgregación por arte) a la serie de captura histórica:

- La cifra de captura del Mediterráneo de 2003 de UE-Italia de 6.912 t (identificada durante la reunión de preparación de datos de ALB-M como sobrestimada debido a la mezcla de varias especies) fue reestimada en 3.943 t (una reducción de 2.969 t). Esta corrección tuvo en cuenta el peso de los peces en las frecuencias de talla de los conjuntos de datos con peces grandes (InProcID = 6523 del arte "UN").
- A partir de un análisis comparativo entre las capturas de atún blanco de EUROSTAT y las de Tarea I de ICCAT en el Mediterráneo, se identificó que una serie (1957-1969) de la flota turca no había sido comunicada en la Tarea I. Esta serie de captura se utilizó en alguno de los análisis de sensibilidad.
- Había también diferencias en el periodo reciente (2003 en adelante) para algunas CPC (UE-Chipre, UE-Grecia, UE-Italia y UE-Malta).

La **Figura 6** presenta el total acumulado de capturas de Tarea I por arte principal y año (diagrama de barras) y las mejores estimaciones del Grupo de las capturas totales para el stock de atún blanco del Mediterráneo (línea

sólida gruesa), incluyendo los ajustes detallados más arriba. El Grupo señaló que UE-Italia y Turquía deberían esforzarse en verificar e incorporar estas capturas revisadas/faltantes en la base de datos oficial de Tarea I, utilizando los procedimientos estándar del SCRS para los cambios históricos de Tarea I.

3.2 Tarea II (captura-esfuerzo y muestras de talla)

3.2.1 Atlántico sur

El catálogo de ALB-S (**Tabla 4**) muestra que la información de Tarea II es, con algunas excepciones, muy incompleta para los datos tanto de captura y esfuerzo como de talla. Entre las pesquerías más importantes, la información de talla es incompleta para las pesquerías de cebo vivo de Brasil y UE-Portugal y para las pesquerías de palangre de UE-España, Corea, Uruguay y Filipinas. El Grupo recomendó que se identifique la disponibilidad de estos conjuntos de datos de Tarea II históricos y se recuperen para su inclusión en futuras evaluaciones.

La información sobre 2010 de Tarea II es muy incompleta y solo la han comunicado Belice, Filipinas, Uruguay y Taipei Chino. Cuatro de las CPC que pescan más activamente ALB-S (Sudáfrica, Namibia, Brasil y Japón) no han comunicado aún la Tarea II para 2010, por lo que 2010 no se utilizó en la evaluación.

3.2.2 Mediterráneo

El catálogo de ALB-M de Tarea I frente a Tarea II (**Tabla 5**) muestra que la información de Tarea II es realmente escasa e incompleta para los datos de captura-esfuerzo y de talla. A excepción de las flotas de BB, LL y TR españolas y de la de LL de UE-Chipre en años recientes, existe muy poca y por lo general muy escasa información para las flotas italianas (LL, PS y GN), las flotas griegas (LL, HL), turcas (GN, PS) y francesas (PS, SP).

El Grupo identificó dos conjuntos de datos de captura, esfuerzo y talla disponibles en los informes científicos y en la bibliografía que no están actualmente en la bases de datos de ICCAT. El primero (Marano *et al.*, 2005) contiene información de talla para la flota de palangre de deriva italiana que pesca en el Adriático (1990 y 2000). El segundo, un documento científico (Gabr y El-Haweet, 2010) contiene aproximadamente 1600 mediciones de talla de atún blanco en las flotas de palangre egipcio de Alejandría.

Además, hay un documento actualizado del SCRS (Di Natale *et al.*, 2011) que informa sobre las capturas italianas de atún blanco en el mar Tirreno (2003, 2005 y 2007) y en el Mediterráneo central-sur (2004 a 2007) con información sobre captura, talla, edad y proporción de sexos. No está claro si estas muestras han sido comunicadas oficialmente a ICCAT (y por lo tanto están incluidas en la base de datos de ICCAT). El Grupo solicitó a la Secretaría que hiciera un análisis comparativo entre esta información y las muestras de talla italianas para su inclusión en la base de datos de ICCAT.

4 Captura por talla (CAS) y captura por edad (CAA)

4.1 Estimaciones de CAS para el stock meridional

La composición por tallas de las capturas (CAS) solo se estimó para el ALB-S (no se intentó estimar la CAS para los stocks del Mediterráneo debido a la poca información disponible de muestreo de tallas). Con el fin de incorporar todas las revisiones de talla realizadas desde la última evaluación (en particular de Japón, 1992 a 2007), la Secretaría revisó todas las estimaciones de CAS para el atún blanco para el periodo 1975-2010 para el stock del Sur. Las tablas de sustitución utilizadas para revisar el periodo 1975-2005 (2004 y 2005 recalculados íntegramente) y para crear la CAS de años recientes (2007-2009) están disponibles en la Secretaría de ICCAT. Como se ha indicado anteriormente, 2010 fue descartado debido a los pocos datos de talla presentados para 2010. Las normas de sustitución adoptadas fueron básicamente las mismas utilizadas en pasadas estimaciones de CAS. El Grupo recomendó a los científicos brasileños que intentaran recuperar los datos de talla de cebo vivo de Brasil.

La matriz total de CAS de los stocks del Sur no tiene grandes diferencias en comparación con la utilizada en la última evaluación (Anon. 2008). Aparecen algunas diferencias al comparar las matrices CAS de pesquerías individuales, principalmente debido a actualizaciones de los últimos años facilitadas por las CPC. No obstante, el grupo decidió adoptar las nuevas estimaciones de CAS (**Figura 7**).

La ratio de sustituciones de CAS (cantidad de capturas de Tarea I sin información de talla) para el ALB-S se presenta en la **Figura 8**. Estas ratios de sustitución han oscilado entre el 5% y el 30% en las dos últimas décadas, con un aumento de hasta el 35% en 2009 (previsto en años recientes). Al observar la información sobre tallas disponible, la mayoría se basa en muestras de talla, siendo Japón la única CPC que comunica ambos tipos de datos de talla (muestras de talla y estimaciones de CAS).

4.2 Estimaciones de CAA

Desde la última evaluación, la Secretaría es responsable de producir las estimaciones de captura por edad (CAA) para los stocks de atún blanco, aplicando el algoritmo de Kimura-Chikuni (KC) (Kimura *et al.* 1987). La implementación del software y los algoritmos de KC fueron actualizados utilizando una función R de A. Murtua (<http://albertomurta.wikispaces.com/file/detail/Kimura-Chikuni-1987.R>) (**Apéndice 4**). Se realizaron varias pruebas con el programa, incluyendo:

- Evaluar el efecto del valor de épsilon (valores de corte entre iteraciones) para evaluar si el modelo llegaba a una solución robusta. En esta prueba fueron evaluados valores de épsilon entre 0,1 y $1E-9$. Se concluyó que valores de épsilon de $1.e-5$ a $1/ e-6$ ofrecerían resultados coherentes, a la vez que restringen el número de iteraciones requerido.
- Evaluar el efecto de añadir un pequeño valor constante positivo a las celdas de talla que tienen 0 observaciones para estimar la CAA para un rango coherente de tallas (40-140 cm en el caso del atún blanco del Sur), cuando algunos intervalos de talla no tienen muestras. Añadir un valor pequeño (0,01 o menos) no tiene efecto en la asignación de la distribución de edades.
- Prueba de comparación con las estimaciones de 2007. En total, los números de peces eran los mismos para todas las edades y la distribución porcentual por edad era muy similar, con menos de un 2% de diferencia media entre las distribuciones de edad.
- Una comparación con el método Ageit (filo de cuchillo basado en incrementos de crecimiento por mes) utilizado en la evaluación de 2010 de atún rojo mostraba también pequeñas diferencias.

Una vez probado, el GT acordó utilizar este programa para convertir la CAS a CAA para el stock de atún blanco del Sur. El GT recomendó también llevar a cabo más pruebas de simulación en el futuro con enfoques alternativos para determinar la edad de la CAS.

4.2.1 Stock del Sur

Para el KC, las entradas fueron: a) CAS por flota (categorías de flota ASPM), año y trimestre. Los números de peces por intervalo de tallas (40 cm a 140 cm por intervalo de talla de 1 cm); b) probabilidad de talla por edad estimada a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Lee y Yeh, 2007) y utilizando la desviación estándar de talla por edad del stock de atún blanco del Norte. La probabilidad de talla por edad asumía una distribución normal de longitud por edad calculada para cada trimestre del año (medio trimestre) y tomando el 15 de noviembre como fecha de nacimiento.

Las matrices de CAA para el stock del Sur (total y por pesquería principal) se muestran en las **Tablas 7 y 8** y la **Figura 9** muestra diagramas de burbujas del número relativo de peces por año y edad (0 a 10) de las principales pesquerías. Las proporciones por edad y año indican que la mayoría de la captura corresponde a las edades 4 y 5, seguidas de las edades 3, 6, 7 y 8. Este patrón ha sido más o menos coherente a lo largo de todo el periodo. En 1991 y a principios de los años 2000 mostraba una composición por edades relativamente diferente de la captura, con capturas importantes de atún blanco de edad 9. En 1994-1996 se produjo un aumento de las capturas de las edades 2 y 3. Para las pesquerías de palangre, las flotas de Brasil y Uruguay muestran una captura predominante de las edades 5, 6 y 7, mientras que Taipei Chino muestra una mayor variación de la captura por edad, incluyendo peces de edades 2 a 10+. El arte de superficie de cebo vivo presenta capturas predominantemente de edades 2 a 6, con mayores proporciones en las edades 3 y 4.

5 Examen de la serie de captura por unidad de esfuerzo

5.1 Atlántico sur

Se presentaron al Grupo nuevos datos de la flota de palangre uruguayo (SCRS/2011/114). Se estandarizaron los datos de captura y esfuerzo de 17.903 lances de la flota atunera de palangre uruguayo en el Atlántico sudoccidental, entre 1983 y 2010, utilizando un GLMM con un enfoque Delta lognormal. Las variables explicativas utilizadas como principales factores y las interacciones de primer orden fueron año, área, trimestre, SST (temperatura de la superficie del mar), tipo de arte (línea madre de monofilamento o multifilamento) y categoría de buque (definido mediante un análisis de conglomerados de K-medias). La serie de CPUE estandarizada de atún blanco capturado por la flota de palangre uruguayo muestra un ligero descenso desde 1983 hasta 2010.

En el documento SCRS/2011/125 se presentaron al Grupo las tasas de captura estandarizada utilizando un modelo mixto de ceros aumentados basado en la distribución Poisson para la flota brasileña. La base de datos contiene información acerca de los lances de palangre llevados a cabo por buques nacionales y fletados entre 1978 y 2010. Los modelos se ajustaron a conjuntos de datos agrupados y conjuntos de datos separados según el pabellón. La captura en número de los peces era la variable de respuesta. El esfuerzo se consideró como compensación. El año y el número de anzuelos por cesta eran las variables explicativas más importantes. En total, había cuatro fases claras en la mayoría de las series temporales estandarizadas: a) valores bajos pero estables antes de 1992, b) una brusca tendencia ascendente a mediados de los 90, c) tendencia descendente hasta 2003 y d) valores bajos pero estables hasta 2010. El Grupo acordó utilizar la tasa de captura estandarizada del conjunto de datos agrupado (todos los pabellones combinados).

Se presentó al Grupo (SCRS/2011/119) la estimación de las CPUE estandarizadas (número de peces capturado por mil anzuelos) del atún blanco del Sur consignadas en los palangreros de Taipei Chino desde 1967 hasta 2010 en estratos por año y trimestre*año. Factores como el año, trimestre, subárea, efectos de captura fortuita de patudo, rabil y pez espada fueron utilizados para obtener las tasas de captura estandarizadas anualmente. Se utilizó un enfoque GLM asumiendo una distribución de error lognormal. Las CPUE estandarizadas, tanto anual como trimestralmente, indicaban que la abundancia de atún blanco del Sur descendió desde finales de los 60 hasta mediados de los 90, y se estabilizó desde principios de los años 2000 hasta 2010.

La CPUE del palangre japonés fue estandarizada por separado en tres periodos (1959-1969, 1969-1975 y 1975-2005) utilizando dos modelos; uno con una estructura de error lognormal (LN) y el otro con una estructura de error binomial negativa (NB) (SCRS/2011/109). Ambas CPUE estandarizadas descendían durante los 60 y principios de los 70, después las CPUE fluctuaban y no presentaban una tendencia clara. Como en la evaluación de 2007, el Grupo, siguiendo la recomendación de los autores, decidió utilizar las CPUE estandarizadas del modelo NB para los tres periodos para el stock del Sur como índices de abundancia.

Dos series de CPUE estandarizadas (ponderadas por días de pesca) de la pesquería de cebo vivo sudafricana, desde 1985 hasta 1998 y desde 1999 hasta 2010, fueron consideradas para la evaluación. Las tasas de captura estandarizadas para el periodo 1985-1998 (primer periodo) se tomaron de la evaluación previa del atún blanco del Sur (Anon. 2007). Para el periodo de 1999-2010 (último periodo) se presentaron al grupo nuevas tasas de captura estandarizadas (SCRS/2011/121). Se utilizó un modelo lineal generalizado con un supuesto de distribución residual lognormal. Se prepararon dos conjuntos de datos para los análisis. El primero incluía todos los buques atuneros de cebo vivo con capturas de túnidos. El segundo consistía en las capturas realizadas por 40 buques indicadores, que fueron elegidos en base al número de años pescando. Para obtener las CPUE estandarizadas anualmente, se utilizaron las variables año, área, trimestre y distancia a la costa para el primer conjunto de datos y, además, el tipo de buque se consideró en el segundo conjunto de datos. Debido a que la utilización de buques indicadores no mejoró los análisis, las series estandarizadas basadas en todo el conjunto de datos (primer conjunto de datos) fueron seleccionadas por el Grupo para la evaluación, tal y como fue sugerido por los autores.

Las series de CPUE disponibles se presentan en la **Tabla 9**. La **Figura 10** muestra la serie temporal escalada de CPUE para las flotas de superficie y las principales flotas de palangre consideradas en la evaluación de 2011 del stock de atún blanco del Sur. Además, la **Figura 11** muestra la serie temporal escalada de abundancia relativa para el último periodo (1999-2010).

5.2 Mediterráneo

Se presentaron al Grupo cuatro documentos nuevos:

Se analizó una serie temporal de tasas de captura de atún blanco de la pesquería griega de palangre en el Mediterráneo oriental (SCRS/2011/104) que incluía datos de la pesquería dirigida al atún blanco desde 2003 hasta 2006, así como de las capturas fortuitas de atún blanco de la pesquería de pez espada desde 1993 hasta 2010 (datos no disponibles para el periodo 1995-2002). Se analizaron los datos de CPUE por separado para cada pesquería por medio de técnicas de GLM. Las variables explicativas consideradas en ambos análisis fueron año y mes. Los resultados de la pesquería dirigida al atún blanco no mostraban ninguna tendencia en el tiempo, mientras que la serie temporal más larga de la pesquería de pez espada indicaba una tendencia descendente en la probabilidad de capturas positivas de atún blanco en años recientes. Estas reducciones podrían deberse a un descenso del stock de atún blanco del Mediterráneo y/o a cambios en el patrón de distribución de las especies.

Además, para el periodo 2004-2010 se estimaron índices de abundancia relativa del atún blanco capturado por la flota de palangre de superficie española en el Mediterráneo occidental (SCRS/2011/116). Las CPUE estandarizadas se estimaron mediante un enfoque GLM con una distribución de error binomial negativa. Los resultados de los análisis de desviación incluían los factores de año y mes en el modelo final para la captura en número de peces. En general, los patrones residuales no están lejos de lo esperado con el supuesto de distribución de error binomial negativo, lo que sugiere un ajuste razonablemente bueno. Esta serie presentaba una tendencia general positiva en años recientes.

Se presentó un análisis preliminar de los posibles factores que afectan a las tasas de captura de atún blanco de las flotas de redes de enmalle turcas de atún blanco en 2010 y 2011 (SCRS/2011/107). Estos factores incluían una estratificación espacial y temporal (año, mes y área), así como las características tanto del arte pesquero como del buque pesquero. Se utilizó un enfoque GLM con la tasa de captura logarítmica por lance como variable de respuesta con el fin de probar posibles factores que afecten a la respuesta. El principal factor que afecta a las tasas de captura era el área. Respecto a la estratificación temporal, el mes era marginalmente importante. Aparentemente, no había diferencias asociadas al año. Otros factores estaban principalmente relacionados con las características de los buques pesqueros (LOA- m y CV), así como con la profundidad del fondo marino (profundidad-m).

Se presentó el primer análisis de la influencia de la fase lunar en la CPUE en relación con la pesquería de redes de enmalle turca dirigida al atún blanco durante las temporadas de pesca de 2010-2011 (SCRS/2011/108). El ciclo lunar se dividió en dos periodos; luz (medias lunas y luna llena) y oscuridad (luna nueva y creciente). Los resultados indicaron que los picos de CPUE eran claramente cercanos a cada nueva fase lunar. Sin embargo, algunos factores externos (por ejemplo, condiciones medioambientales, etc.) podrían también afectar a la pesquería, pero los otros factores no fueron considerados.

El Grupo identificó un documento FAO-MiPAF con información potencialmente interesante (Marano *et al.*, 2005). Esta información incluía valores de captura y de CPUE de la pesquería de palangre de deriva italiana en el Adriático meridional desde 1984 hasta 2000 (datos no disponibles para 1988-1989 y 1996-1997). La CPUE mostraba una brusca tendencia ascendente a mediados de los 80 y una tendencia descendente más lenta durante los 90. Respecto a las distribuciones de talla del atún blanco, la mayoría de los ejemplares capturados eran de una talla superior a 60 cm de longitud a la horquilla.

Además, se consideraron para la evaluación la CPUE de la pesquería deportiva española en el Mediterráneo occidental desde 2004 hasta 2009 (Macías *et al.*, 2010) y la CPUE italiana del atún blanco en el mar Tirreno y en el Mediterráneo sur-central incluyendo 1999 y 2003-2006 (Di Natale *et al.*, 2011).

Todas estas series de CPUE disponibles se presentan en la **Tabla 10** y la **Figura 12**.

6 Métodos y otros datos pertinentes para la evaluación

En esta sección se presentaron tres documentos SCRS y otro trabajo.

El documento SCRS/2011/115 presentaba un modelo de producción excedente en no equilibrio intentado para el stock de atún blanco en el Atlántico sur utilizando ASPIC 5.34. El modelo utilizaba los mismos datos de captura y esfuerzo incorporados en el caso base del modelo de producción estructurado por edad (ASPM) de 2007

desarrollado durante la reunión de evaluación del stock de atún blanco de ICCAT de 2007 (Anon., 2008b). Para el ensayo preliminar, se utilizó una forma logística (Schaefer) para ajustar los datos, condicionada al rendimiento y utilizando una suma de cuadrados como función objetivo para su optimización. Tras varios ensayos de prueba, se decidió ajustar la ratio B1/K en 0,8. Se permitió al modelo facilitar supuestos iniciales para q para cada índice de abundancia. Los ensayos iniciales del modelo preliminar indicaron la presencia de varias series de CPUE negativamente correlacionadas. Se decidió reducir el efecto que estas series negativamente correlacionadas podrían tener en el modelo subponderando su contribución a la función objetivo. Se llevaron a cabo varios ensayos de sensibilidad, cambiando los parámetros de entrada y los supuestos del modelo (como las ratio B1/K y la forma de la curva de producción) y aunque las tendencias globales de la población eran similares a las del ASPM, los modelos de ASPIC producen por lo general resultados más optimistas que los modelos estructurados por edad. En general, todos los modelos predijeron que en alguna etapa del pasado reciente, el stock de atún blanco del Sur había sido objeto de sobrepesca y había estado sobrepescado. En todos los casos, la presión pesquera parece haberse calmado en años recientes, con la consiguiente recuperación de la biomasa. La incorporación de información adicional estructurada por edad en un modelo de evaluación de stock se considera generalmente beneficiosa, sin embargo, el modelo de producción excedente permite la investigación de la incertidumbre estructural en el proceso de evaluación de stock. Además, estudios alternativos han indicado que aunque los modelos más complejos funcionan mejor por lo general en algunos casos, sus beneficios podrían ser relativamente pequeños y también dependen de la calidad de la información específica de la edad disponible.

El modelo de producción excedente bayesiano (BSP) se aplicó también para estimar el estado actual del stock y las tendencias de la biomasa para los stocks de atún blanco del Atlántico sur y del Mediterráneo, utilizando los datos de CPUE y de captura disponibles hasta 2009 (SCRS/2011/112). Se utilizaron varias distribuciones previas informativas alternativas para limitar el valor de la tasa intrínseca de incremento (r), basadas en información para otros stocks de atún blanco y tónidos relacionados. Debido a la falta de información acerca del ciclo vital del atún blanco del Mediterráneo, las distribuciones previas alternativas se consideraron como hipótesis alternativas para el análisis de decisión. Los modelos alternativos se utilizaron para predecir la probabilidad de que los stocks alcancen una biomasa por encima de B_{ms} en un rango de escenarios de ordenación.

Se presentó el método “Robin Hood” (SCRS/2011/111), que utiliza predicciones de modelo de stocks para los que se dispone de más datos como información auxiliar en análisis de stocks para los que existen pocos datos. Esta propuesta podría ser una alternativa cuando los stocks presentan similitudes en taxonomía, ciclo vital o ecología. Por ejemplo, la información de stocks “ricos en datos” podría usarse como “distribuciones previas” o funciones de penalización para las especies con pocos datos.

El modelo de estimaciones de supervivencia en no equilibrio (SEINE) puede utilizarse para estimar las tasas de mortalidad a partir de cambios en la talla media (Gedamke y Hoenig, 2006). El SEINE es una variante del modelo Beverton y Holt que se ha utilizado mucho en situaciones de escasez de datos, pero ha sido criticado por asumir que la tasa de mortalidad ha sido constante durante el tiempo suficiente para que la talla media refleje la tasa de mortalidad actual (es decir, el stock se encuentra en equilibrio). Antes de utilizar el SEINE por primera vez en ICCAT, se decidió hacer una prueba de simulación (SCRS/2011/126). Se generó una población con características del ciclo vital del atún blanco y se simuló diferentes niveles de mortalidad por pesca utilizando FLR. Posteriormente se creó un paquete R vinculando el código ADMB para permitir el intercambio de un modelo de evaluación por otro pero utilizando los mismos valores de entrada y para generar la misma matriz de estrategia de Kobe II (K2SM). Con el fin de evaluar la incertidumbre acerca de la relación stock reclutamiento, se consideraron dos valores de inclinación (0,75 y 1,0). Inicialmente, el stock se pescaba en FRMS, posteriormente se simuló la mortalidad por pesca de acuerdo con 5 escenarios diferentes (aumentando en un 5,0% al año, aumentando en un 2,5% al año, sin cambios, descendiendo en un 2,5% al año y descendiendo en un 5% al año).

El SEINE demostró generar estimaciones satisfactorias de Z pero el SEINE también puede facilitar estimaciones de F y de biomasa, ya que $F = Z - M$ y $B_{t+1} = B_t + C_t * (1/Z - 1)$. No obstante, crear una K2SM requiere una mayor consideración de la incertidumbre, no hacer solo una evaluación del stock. Por lo tanto, ya no es suficiente una estimación de F o SSB, también debe ser posible determinar la capacidad de detectar la sobrepesca y de detectar cuándo se ha reducido F con éxito, hasta que se encuentre dentro de los límites de ordenación.

El Grupo de trabajo consideró la utilización de tres modelos de evaluación para el atún blanco del Atlántico sur, ASPIC, ASPM y BSP. Dado que la información acerca de la serie de tasas de captura para el Mediterráneo es más limitada, el Grupo de trabajo decidió no utilizar ASPIC o ASPM. Se probó el modelo BSP porque puede tratar información limitada al utilizar distribuciones previas informativas. El Grupo de trabajo decidió también

utilizar la curva de captura y el rendimiento por recluta para el stock del Mediterráneo, más limitado en cuanto a datos.

El Grupo discutió si combinar, y cómo hacerlo, los resultados de los múltiples ensayos del modelo para cada stock respecto a la biomasa relativa a Brms, la tasa de mortalidad por pesca relativa a Frms, la probabilidad de que la biomasa se encuentre por encima de Brms y otros resultados del modelo. Se decidió utilizar un promedio de modelos para producir una estimación integrada de estas estadísticas si los resultados del modelo parecen ser relativamente coherentes. Se producirán diferentes diagramas de Kobe para escenarios alternativos con el fin de comprender las implicaciones de los diferentes supuestos. Se hará una media de todos los escenarios igualmente posibles para realizar una matriz de estrategia de Kobe II (K2SM) con el fin de facilitar el asesoramiento sobre ordenación.

6.1 Atlántico sur

6.1.1 ASPIC

El Grupo acordó que el modelo de ASPIC debería actualizarse con la última información sobre captura y CPUE. Se recomendó también que se volvieran a examinar las definiciones de flota con el fin de garantizar que las diversas series de CPUE incorporadas en el modelo actualizado son representativas de los datos de captura de cada flota. La disponibilidad de una serie de CPUE adicional en esta sesión de evaluación (de Uruguay) podría hacer necesario separar aún más las flotas con el objetivo de incorporar esta información adicional. Se sugirió también que se utilicen métodos más sofisticados y menos subjetivos para ponderar las diversas series de CPUE (ponderando posiblemente las series por la captura que representan). El modelo ASPIC podría ser también útil para probar escenarios ya que es fácil de modificar y no se tarda mucho tiempo en ensayarlo.

Los datos de captura y CPUE actualizados hasta 2009 fueron los datos de entrada para los ensayos de ASPIC. Tras algunas discusiones, el Grupo de trabajo se mostró de acuerdo en llevar a cabo diferentes ensayos de acuerdo con: a) los procedimientos para ponderar datos de diferentes flotas, b) el enfoque para calcular los intervalos de confianza, c) el tipo de modelo de producción, d) el supuesto acerca de la ratio entre la biomasa al inicio de la serie y la biomasa en la capacidad de carga y e) la forma de ponderar la nueva serie de datos uruguay. En la **Tabla 11** se presentan las especificaciones del caso base y los diferentes ensayos.

Basándose en las discusiones del Grupo, se actualizó el modelo presentado en el SCRS/2011/115 para incluir las nuevas definiciones de flota, incluyendo la serie de CPUE adicional de Uruguay (**Tabla 17**) y la última información sobre captura y CPUE (**Tabla 18 y Tabla 19**, respectivamente). En el documento SCRS/2011/115 la CPUE en número se convirtió en CPUE en peso multiplicando la serie de CPUE por un único peso medio. Para el análisis actualizado, los datos de CAS se utilizaron para calcular valores de peso medio separados para cada flota por año. Otro cambio respecto al documento presentado fue que el Grupo decidió que una ratio fijada de B1/K de 0,9 era adecuada para todos los futuros escenarios de modelación. Los ensayos de sensibilidad preliminares indicaron que las principales fuentes de incertidumbre en los ensayos de ASPIC se caracterizaban por la forma de una curva de producción (logística o Fox) y por la ponderación de la serie de datos de CPUE (bien igual ponderación o bien ponderada por captura). Como resultado, se desarrollaron 4 opciones de modelo igualmente posibles.

Las proyecciones se llevaron a cabo con capturas constantes de entre 15.000 t y 35.000 t (intervalos de 5.000 t). Las capturas de 2010 y 2011 se proyectaron a partir de la captura de 2009.

6.1.2 ASPM

En 2007 se utilizó una versión modificada del ASPM (Rademeyer *et al.*, 2004) para el caso base de la evaluación del stock del Atlántico sur. Inicialmente, el Grupo de trabajo había decidido utilizar un modelo de producción estructurado por edad (ASPM) igual al caso base utilizado en la evaluación del stock de atún blanco de ICCAT de 2007, pero con el conjunto de datos actualizado disponible en la reunión de evaluación de 2011, se realizó el denominado ensayo de continuidad. Los detalles sobre la estructura e implementación del modelo (por ejemplo, supuestos sobre la selectividad) pueden encontrarse en el Informe detallado de la evaluación del stock de atún blanco de 2007 de ICCAT (Anon. 2008b). Se produjeron algunas discusiones acerca de enfoques alternativos para la determinación de la edad (por ejemplo, aplicar el método Kimura y Chikuni (1987) trimestralmente). Los procedimientos que el Grupo acordó adoptar para calcular la captura por edad que se iba a utilizar en la evaluación del stock del Sur se describen en la sección 4.

6.1.3 BSP

Para la aplicación del modelo de producción excedente bayesiano (BSP) al atún blanco del Atlántico sur se desarrolló una distribución previa informativa para r utilizando los métodos del SCRS/2011/112 actualizados con la nueva información sobre el ciclo vital. El valor medio de M era 0,3, coherente con el valor utilizado en evaluaciones previas del atún blanco del Atlántico norte y sur, con una desviación estándar de 0,1 y una distribución normal truncada en cero y 1,0. La mediana de la edad de madurez era de 5,5, con un rango de 4 a 7 (**Tabla 1**). Se generó una distribución empírica de r utilizando la simulación Monte Carlo (**Figura 13**). La distribución se aproximó por medio de la distribución t con una media de 0,2, una varianza de 0,025 y una df de 10, que fue utilizada como distribución previa en el modelo BSP. Se disponía de 8 series de CPUE (**Tabla 9**).

De las trece especificaciones del modelo (**Tabla 12**) que se ensayaron, cuatro fueron consideradas las más plausibles. Estos ensayos tenían distribuciones previas informativas, una ratio de biomasa inicial de 0,9 y una ponderación igual o por captura de los puntos de datos de CPUE, con una forma logística estándar del modelo de producción excedente o la forma Fox en la que Brms se produce en el 37% de la capacidad de carga K en lugar de en el 50%.

Se ensayaron proyecciones para las cuatro formulaciones del caso base del modelo BSP. Se asumió que las capturas en 2010 y 2011 eran iguales a la captura de 2009. En años posteriores, se aplicó una captura constante de 15.000, 20.000, 25.000, 30.000 o 35.000 t. Se utilizó un muestreo aleatorio de 5.000 muestras de la distribución posterior conjunta para estimar la trayectoria de la mediana, intervalos de confianza del 80% y la probabilidad de que la población estuviera por encima de Brms después de 10, 15 o 25 años. Se utilizó una submuestra de 500 ensayos para la construcción de los resultados de la matriz de Kobe.

6.2 Mediterráneo

Para el stock del Mediterráneo, los métodos aplicados incluían una curva de captura convertida por tallas, un modelo de rendimiento por recluta basado en la talla y el modelo BSP.

6.2.1 Análisis de la curva de captura convertida por tallas (LCC)

Se estimaron las tasas de mortalidad instantánea total (Z) para los años para los que se disponía de información de talla (para más detalles sobre la información de talla seleccionada para el análisis, véase el SCRS/2011/120). Las estimaciones anuales de Z se basaban en el valor de la pendiente de una curva de captura convertida por tallas (regresión del número de peces en una clase de talla determinada frente a la edad media de los peces de esa clase de talla, corregida por la no linealidad del crecimiento de los peces).

6.2.2 Rendimiento por recluta basado en la talla

El análisis del rendimiento por recluta basado en la talla se llevó a cabo utilizando el software YPRLEN de la NOAA, versión 4.1 (<http://nft.nefsc.noaa.gov/YPRLEN.html>). Los cálculos del modelo se realizan en intervalos pequeñas de edad relativa desde cero hasta una edad final determinada. Dado que la información disponible sobre selectividad, madurez y peso es una función de talla, cada intervalo de edad se convierte en una longitud, basándose en la longitud inicial en el tiempo relativo cero (longitud media para los peces que entran en el sistema) y en los correspondientes parámetros de la ecuación de crecimiento. La longitud de entrada en la edad relativa cero se estableció en 30 cm. Para más detalles sobre parámetros de entrada biológicos relacionados con el crecimiento (Megalofonou, 2000), la ojiva de madurez (SCRS/2011/117) y la relación talla-peso (Megalofonou, 1990), así como la mortalidad natural (M), véase la sección 2. Respecto a los parámetros de entrada pesqueros (curvas de selectividad) véase la **Tabla 13**.

6.2.3 BSP

Para la aplicación del modelo de producción excedente bayesiano (BSP) al atún blanco del Mediterráneo, se desarrolló una distribución previa informativa para r utilizando los métodos del SCRS/2011/112, actualizados con la nueva información sobre el ciclo vital. La distribución previa para M era Normal, con una media de 0,45 y una desviación estándar de 0,1. La mediana de la edad de madurez era 3, con un rango de 2 a 5 (**Figura 14**). Esto generó una distribución previa t con una media de 0,22, una varianza de 0,077 y una df de 10 (**Figura 14**). Se desarrolló una distribución previa alternativa con la mortalidad natural centrada en 0,3 y una desviación estándar de 0,1. Esto generó una distribución previa distribuida como t con una media de 0,27, una varianza de 0,062 y una df de 10.

De las nueve especificaciones del modelo (**Tabla 14**) que se ensayaron, el ensayo número 5 se consideró como el caso base. Este modelo tenía una distribución previa para la biomasa inicial relativa a la capacidad de carga (B_0/K) centrada en 0,9. Los índices de CPUE considerados fueron el palangre italiano, el palangre griego, el palangre español, el deportivo español y la serie del mar Tirreno (**Tabla 10**). Para algunos análisis de sensibilidad, se incluyó también el índice griego de captura fortuita. En otros análisis de sensibilidad, se incluyeron en los 50 algunas capturas grandes del conjunto de datos Euromed (**Figura 6**).

7 Resultados del estado del stock

7.1 Atlántico sur

7.1.1 BSP

El estado actual del atún blanco del Atlántico sur estimado a partir del modelo BSP variaba dependiendo de la forma de la función de producción (logística frente a Fox) y de si los puntos de datos estaban ponderados igualmente o por capturas (**Figuras 15, 16 y 21, Tabla 15**). Con la ponderación por captura, el modelo estimaba una trayectoria de biomasa relativamente plana y una población por encima de Brms y experimentando tasas de mortalidad por pesca inferiores a Frms. Con una ponderación igual, la población se encontraba mermada, por debajo de Brms y experimentando tasas de mortalidad por pesca superiores a Frms. La diferencia en los resultados dependiendo de la ponderación de la CPUE puede explicarse por el hecho de que los datos recientes de CPUE no son coherentes unos con otros (**Figura 17**) y porque, con la ponderación por captura, casi toda la importancia recae solo en una serie temporal, la flota de palangre de Taipei Chino (**Figura 18**) en años recientes. El creciente pesimismo en los ensayos de ponderación igual en comparación con los resultados de la última evaluación es también resultado de que diversas series muestran un descenso en años recientes; un análisis retrospectivo del modelo de r logística de ponderación igual, llevado a cabo eliminando secuencialmente los años más recientes de datos (**Figura 19**) mostraba una población por encima de Brms y que no estaba siendo sobreexplotada si el año final era 2004. La información en la serie de CPUE puede verse también examinando las distribuciones posteriores para cada ensayo del modelo (**Figura 20**). Para los ensayos del caso base del modelo logístico, la distribución posterior estimada de r era algo inferior a la distribución previa y similar con cualquier método de ponderación. Sin embargo, si se utiliza para r una distribución previa no informativa, el método de ponderación igual estimaba una distribución posterior de r muy inferior a la distribución previa, y el método de ponderación por captura estimaba una r superior y con una elevada varianza. Las distribuciones posteriores de r para los análisis retrospectivos era muy similares al caso base del modelo de r logística de ponderación igual.

7.1.2 ASPIC

Los resultados basados en los cuatro casos base sugieren que el nivel de explotación en años recientes ha variado entre los casos (la ratio B2009/BRMS es desde 0,624 a 1,204 y la ratio F2009/FRMS es desde 0,764 a 1,342, **Figura 16 y Tabla 20**). Con el fin de generar intervalos de confianza, se llevaron a cabo 500 ensayos de bootstrap para cada modelo. Los resultados del bootstrap para los cuatro casos se muestran en la **Figura 21**. Para los ensayos 2, 6 y 7, la mayoría de las realizaciones finalizan en la zona “roja”, mientras que para el ensayo 8, los resultados son más optimistas y las realizaciones se producen en la zona “verde”. El RMS se estima entre 23.630 t y 27.390 t (**Tabla 20**), cifra que se sitúa por encima de la captura total de 2009 (22.830 t).

7.1.3 ASPM

Los resultados del ensayo de continuidad de ASPM eran bastante similares a los obtenidos en 2007. La **Figura 22** muestra ajustes pobres a los índices de CPUE utilizados, especialmente para la CPUE del palangre brasileño. La selectividad con forma de cúpula estimada para Namibia alcanzaba un pico a una edad superior a la de la evaluación de 2007 (**Figura 23**). En términos del estado del stock, la perspectiva ofrecida por el ensayo de continuidad era coherente con la evaluación de 2007 tanto en la tendencia general descendente de la biomasa (**Figura 24**) como en el estado más reciente del stock (**Figura 25, Tabla 21**).

Durante la reunión se descubrieron diversas incoherencias en los resultados de ASPM. Tras realizar una investigación, se descubrió que el actual código fuente implementado en ADMB y aplicado para la evaluación de 2007 tenía varias modificaciones *ad hoc*, que fijaban de forma eficaz ciertos parámetros dentro del modelo. Esta “fijación” de ciertos parámetros en el código fuente resulta en que el archivo de entrada sea anulado en muchos

casos. Por tanto, sin una amplia recodificación, solo es posible un ensayo de continuidad, sin cambios en la estructura o supuestos del modelo. El código actual de ASPM fue escrito antes de los cambios en las bibliotecas de ADMB y utilizaba varias bibliotecas que ya no se pueden utilizar con el código ADMB revisado, especialmente respecto al análisis MCMC, lo que hace imposible realizar proyecciones estocásticas. Dado que estos problemas pueden solucionarse con cambios amplios al código fuente, se llevaron a cabo los resultados deterministas del ensayo de continuidad, pero no fue posible realizar más análisis con este modelo.

7.1.4 Síntesis de las evaluaciones

Durante las últimas evaluaciones de atún blanco del Sur llevadas a cabo en 2007, la determinación del estado del stock se basó principalmente en los resultados del modelo de producción estructurado por edad (ASPM), obtenidos utilizando una implementación de este modelo en ADMB. En 2007 también se utilizó Multifan-CL y sus resultados se utilizaron para explorar los beneficios obtenidos al integrar más fuentes de datos (por ejemplo, marcado, datos de composición por tallas) e incorporar la estructura espacial en el modelo de evaluación. Los datos disponibles para el stock meridional, así como la complejidad del modelo, resultaron en la decisión de dejar de utilizar Multifan-CL para este stock y empezar a utilizar en su lugar modelos de producción.

Como una forma de comparar cambios en la percepción del stock que resultan únicamente de añadir o actualizar los conjuntos de datos utilizados para ajustar el modelo utilizado con el fin de proporcionar el principal asesoramiento acerca del estado del stock en 2007, se realizó un ensayo de ASPM con la misma configuración que la utilizada en 2007, mencionado como caso de continuidad. En general, los resultados de este modelo eran similares a los de la pasada evaluación, lo que indica que cualquier cambio en los resultados no sería debido sólo a los datos adicionales. El ensayo de continuidad se correspondía bien con el estado del stock proyectado en el marco de una futura proyección de captura de 24.000 t aplicada en la evaluación de 2007 (**Figura 26**). Los problemas identificados con el modelo ASPM, no obstante, demostraban que el asesoramiento de ordenación procedente de esta reunión no podría ya obtenerse a partir del caso base del modelo usado en 2007. Como se ha indicado, los análisis retrospectivos que utilizaban un modelo de producción de biomasa agregada, realizado eliminando secuencialmente los años más recientes de datos (**Figura 19, Figura 27**), mostraban un resultado coherente con los resultados de ASPM de 2007, lo que produce confianza en que la importante dinámica del stock de atún blanco del Atlántico sur podría ser razonablemente capturada en aplicaciones de un modelo de producción no estructurado por edad y en que dichas aplicaciones del modelo podrían aplicarse al asesoramiento de ordenación, al igual que se hace para otros stocks de ICCAT.

7.2 Mediterráneo

7.2.1 Análisis de la curva de captura convertida por tallas(LCC)

Para el método LCC, las estimaciones de Z se presentan en la **Tabla 22** y la tendencia se muestra en la **Figura 28**.

Asimismo, basándose en el análisis de la LCC, se estimaron cuatro vectores representativos de las tendencias de las pesquerías de atún blanco del Mediterráneo para las series temporales de captura disponibles (1977; 1984; 1987-2008; 2009). Los parámetros α y β para la función de selectividad logística ajustada para cada periodo se muestran en la **Tabla 13** y en la **Figura 29**.

7.2.2 Rendimiento por recluta basado en la talla

La **Tabla 23** y las **Figuras 30 y 31** muestran las sensibilidades del nivel de referencia del rendimiento por recluta (YPR) y del porcentaje de reproductores por recluta (SPR) al rango de selectividades y supuestos de la tasa de mortalidad natural (M) utilizados en el análisis del atún blanco del Mediterráneo. En general, las curvas de YPR resultantes tienen la parte superior plana y les pueden faltar unos máximos bien definidos. Los patrones de crecimiento que admiten peces más grandes que el L_{inf} de Megalofonou (2000) en el análisis producen estimaciones mayores de YPR (lo que conduce a mayores rendimientos potenciales para un nivel de reclutamiento determinado) y niveles de referencia F menores para el mismo vector de selectividad. Asimismo, una M asumida menor resulta en F de referencia menores para los mismos vectores de selectividad. La sensibilidad a M es por lo general más curvilínea para las F de referencia para SPR que para las F de referencia para YPR ya que la biomasa reproductora es una potente función de talla. La incertidumbre acerca de M y el crecimiento, así como las sensibilidades de los puntos de referencia a la variabilidad en estos parámetros del ciclo vital condujeron al Grupo de trabajo a adoptar una M asumida con una aproximación provisional para Frms en este caso, hasta que se disponga de información adicional para desarrollar estimaciones más robustas.

La aplicación de esta aproximación al análisis de la curva de captura convertida por tallas (**Tabla 22** y **Figura 28**) conduce a una perspectiva de una serie temporal de F estimada en relación con M que se muestra en la **Figura 32**, lo que indica diversas estancias en los datos disponibles en las que F podría estar considerablemente por encima de la aproximación FRMS, que corresponde generalmente a periodos de capturas declaradas muy elevadas.

7.2.3 BSP

Los resultados del modelo BSP para el Mediterráneo eran coherentes entre sí y mostraban todos una población que no había sido mermada de forma importante desde el inicio de la pesquería (**Figuras 33-35, Tabla 16**). Este resultado es coherente con el hecho de que las series de CPUE son extremadamente variables y no muestran una tendencia clara a lo largo del tiempo (**Figura 36**). Todos los ensayos del modelo con una distribución previa informativa para r , incluyendo el que se calculó con un rango inferior de valores de M , estimaban distribuciones posteriores similares para r , con una media mayor que la distribución posterior (**Figura 37**). En el análisis de sensibilidad en que se utilizó una distribución previa no informativa para r el modelo estimó un valor muy alto de r (**Figura 37**), lo que permitió al modelo ajustar el incremento en la serie de palangre griego y español de los últimos años (**Figura 36**). Estos resultados del modelo son muy inciertos. Si los datos de captura de Tarea I son incompletos, entonces las estimaciones del modelo del estado actual es probable que estén sesgadas. Además, las series de CPUE disponibles son, en su mayoría, muy cortas, y existe poco solapamiento en el tiempo entre las series. Por tanto, podrían o no representar de forma precisa la dinámica de la biomasa del atún blanco del Mediterráneo. El modelo ajustó por tanto una tendencia plana a lo largo de las series de CPUE, que solo podría ajustarse estimando una biomasa inicial muy grande, del orden de 300.000 t, que podría no ser posible.

8 Proyecciones

8.1 Atlántico sur

8.1.1 BSP

El modelo logístico de ponderación igual implicaba que la cuota debería reducirse a 15.000 t para recuperar la población hasta Brms (**Tabla 24**); las cuotas de hasta 25.000 t eran sostenibles según el modelo logístico de ponderación por captura. Los modelos de Fox equivalentes eran algo más optimistas, en parte porque Brms es inferior en relación a la biomasa no explotada. En general, cuotas de 20.000 t o inferiores permitirían que la población permaneciera estable o aumentara con una probabilidad relativamente elevada. La **Figura 38** muestra los diagramas de Kobe para los diferentes ensayos de BSP. Para el BSP 1 y 12, la mayoría de las realizaciones finalizan en la zona roja, mientras que el 13 y el 4 se extienden más hacia la zona verde.

8.1.2 ASPIC

Al igual que ocurre con el modelo BSP, las proyecciones para el modelo ASPIC incluían el traspaso de capturas de 2009 a 2010 y 2011, seguido de 5 niveles de captura constante como se describen anteriormente. Los resultados de estas proyecciones se presentan en la **Figura 38**, que muestra la trayectoria de la mediana con diferentes escenarios de captura constante. Estos resultados indicarían que las capturas que superen las 25.000 t resultarían en una reducción del recurso en 15 años en casi todos los ensayos del modelo. Los ensayos que asumen una serie de CPUE sin ponderar son en general más pesimistas que las series de CPUE ponderadas y los resultados del modelo Fox producen proyecciones más optimistas de que la población se encuentre en la zona verde.

8.1.3 Resultados de los modelos combinados

La **Figura 39** y la **Tabla 25** muestran la matriz de estrategia de Kobe para los 4 modelos de ASPIC y los 4 de BSP combinados. La matriz muestra la probabilidad de que el stock se encuentre en $B \geq \text{BRMS}$ y $F \leq \text{FRMS}$ (es decir, en la zona verde de la **Figura 38**) por año para cada uno de los niveles de TAC. Las probabilidades son las medias de los 4 ensayos del modelo ASPIC y los 4 ensayos del modelo de producción excedente bayesiano. Es importante señalar que aunque el asesoramiento está integrado en un diagrama, los supuestos y las parametrizaciones de los modelos utilizados para calcular esta tabla son, en algunos casos, bastante diferentes. Lamentablemente, dado que no se dispone de información con la que seleccionar qué modelo o ensayo de modelo es más plausible, los resultados se han combinado con el fin de facilitar asesoramiento para la toma de

decisiones. En general, el asesoramiento podría mejorar añadiendo información biológica mejorada que reducirá las diferencias en los resultados obtenidos a partir de diferentes modelos y que se deben a los parámetros de entrada (como B1/K, M, madurez, etc.).

9 Recomendaciones

9.1 Investigación y estadísticas

El Grupo recomendó que se continúe el trabajo para integrar los diversos intentos de estimar el crecimiento del atún blanco del Mediterráneo. Si es posible, incluyendo los conjuntos de datos originales en los diversos trabajos que se están publicando hasta ahora. Se reiteró también la recomendación de llevar a cabo más investigaciones sobre los parámetros básicos del ciclo vital y la ecología del atún blanco del Mediterráneo.

Se recomendó investigar más la naturaleza y magnitud de las capturas históricas de almadrabas de atún blanco en el Sur de Portugal, así como las implicaciones para la estructura de stock asumida. En general, se recomienda una investigación más intensiva de la estructura del stock alrededor del Estrecho de Gibraltar (el límite entre el Atlántico norte y el Mediterráneo).

Se recomendó continuar las simulaciones probando métodos alternativos (filo de cuchillo, Kimura Chikuni, otros métodos estadísticos, etc.) para convertir la captura por talla (CAS) en captura por edad (CAA).

El Grupo observó que existe información sobre algunas pesquerías de atún blanco (por ejemplo FAO, CGPM, Eurostat) que no está incorporada en la base de datos de ICCAT. Además, el grupo detectó algunos conjuntos de datos, bien con ejemplares declarados demasiado pequeños (<30 cm en 2009) o demasiado grandes (>150 cm), o con importantes capturas de artes “sin clasificar”. El Grupo destaca la necesidad de contar con datos completos y precisos de Tarea I y Tarea II de las principales pesquerías que capturan atún blanco en el Atlántico y el Mediterráneo con el fin de poder proporcionar un asesoramiento de ordenación adecuado. Por ello, recomienda que todas las CPC hagan un esfuerzo para revisar la información disponible y la envíen a ICCAT, siguiendo las normas de ICCAT, antes de la próxima evaluación.

Varios países con importantes pesquerías de atún blanco no estuvieron representados en la reunión de evaluación de stock. Esto limita la capacidad del Grupo de revisar adecuadamente los datos, de replicar evaluaciones anteriores y de garantizar la continuidad en la formulación del asesoramiento de ordenación y/o aplicar enfoques de modelación alternativos. Para solucionar esto, el Grupo recomienda que las CPC hagan esfuerzos adicionales para contribuir y participar en las reuniones del Grupo de trabajo.

9.2 Ordenación

9.2.1 Atlántico sur

La mayoría de los escenarios indican que el stock de atún blanco del Atlántico sur está tanto sobrepescado como sufriendo sobrepesca. Las proyecciones mostraban que capturando con el actual nivel de TAC (29.900 t) se produciría un mayor descenso del stock. No obstante, si las capturas continúan en el nivel de los últimos años, hay más de un 50% de probabilidades de recuperar el stock en 5 años y más de un 60% de probabilidades de lograrlo en 10 años. Por lo tanto, se recomienda no aumentar las capturas por encima de 20.000 t. Mayores reducciones en las capturas aumentarían la probabilidad de recuperación en los plazos indicados.

9.2.2 Mediterráneo

La información disponible sobre el estado del stock del atún blanco del Mediterráneo indica un patrón relativamente estable para la biomasa de atún blanco en el pasado reciente. Lamentablemente, el SCRS dispone de muy poca información cuantitativa para utilizarla en la realización de una descripción cuantitativa y robusta del estado de la biomasa en relación con los objetivos del Convenio. Aunque a nivel de las CPC podrían existir datos adicionales para solucionar este tema, nuestra capacidad de facilitar un asesoramiento de ordenación cuantitativo se vería seriamente dificultada hasta que dichos datos estén disponibles, bien mediante la recuperación de datos históricos o bien mediante la institución de programas adecuados de recopilación de datos de seguimiento de las pesquerías. Los niveles recientes de mortalidad por pesca parecen haberse visto reducidos respecto a los de principios de los años 2000 (**Figura 32**), que probablemente eran superiores a FRMS, y ahora podrían encontrarse en aproximadamente este nivel o por debajo. Sin embargo, existe una incertidumbre

considerable acerca de este tema y por esta razón, la Comisión debería establecer medidas de ordenación pensadas para limitar los aumentos en la captura y el esfuerzo dirigidos al atún blanco del Mediterráneo.

10 Otros asuntos

El Grupo manifestó su inquietud acerca de la escasa participación de científicos de las CPC. Este importante asunto, ampliamente discutido por el Grupo de trabajo sobre organización del SCRS y destacado en sus recomendaciones, ha sido particularmente importante en esta reunión, en la que solo cinco Partes contratantes y una Parte, Entidad o Entidad pesquera no contratante colaboradora estaban representadas. Considerando que este Grupo llevó a cabo la evaluación de dos stocks, atún blanco del Atlántico sur y Mediterráneo, el número de CPC directamente implicadas en cada uno de estos stocks se redujo a tres y dos respectivamente. Esta situación fue incluso peor debido a que, en el caso del stock del Atlántico sur, pocos participantes en la evaluación anterior asistieron a la reunión y en el caso del stock del Mediterráneo porque la participación de científicos con buenos conocimientos de las pesquerías es fundamental cuando se evalúa un stock por primera vez. Estas circunstancias dieron lugar a una gran carga de trabajo para unos pocos científicos y la Secretaría, que asumió, además de las tareas de preparación, una gran cantidad del trabajo de evaluación.

11 Adopción del informe y clausura

El informe fue adoptado y la reunión clausurada.

Referencias

- Anon. 2008a, Report of the Ad Hoc Meeting to Prepare Multifan-CL Inputs for the 2008 Albacore Assessment (Madrid, Spain, March 12 to 14, 2007). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(3): 597-696.
- Anon. 2008b, Report of the 2007 Albacore Stock Assessment Session (Madrid, Spain, July 5 to 12, 2007). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(3): 697-815.
- Anon. 2011, Report of the 2010 ICCAT Mediterranean Albacore Data Preparatory Meeting (Madrid, Spain, June 28 to July 2, 2010). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(5): 1809-1856.
- Arena, P., Potoschi, A. and Cefali, A. 1980, Risultati preliminari di studi sull'età, l'accrescimento a la prima maturità sessuale dell'alalunga *Thunnus alalunga* (Bonn., 1788) del Tirreno. Mem. Biol. Mar. Ocean., 10.
- Akyol, O. and Ceyhan, T. Moon phase's influence on CPUE of Turkish albacore gillnet fisher (SCRS/2011/108).
- Bard, F.X. 1981, Le ton germon (*Thunnus alalunga* Bonaterre 1788) de l'Océan Atlantique. De la dynamique des populations à la stratégie démographique. Thèse de Doctorat d'Etat et Sciences Naturelles. University Pierre et Marie Curie. Paris. 336 pp.
- Ceyhan, T., Akyol, O. and Ortiz de Urbina, J. Factors affecting Mediterranean albacore (*Thunnus alalunga* Bonaterre, 1788) catch rates from the Turkish gillnet fleet, 2010-2011. (SCRS/2011/107).
- Chen, S. and Watanabe, S. 1988, Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(2): 205-208.
- Di Natale, A., Mangano, A., Potoschi, A. and Valastro, M. 2011. Albacore (*Thunnus alalunga*) fisheries in the Tyrrhenian Sea and in the south-central Mediterranean: Fishery pattern, size frequencies, length-at-age, CPUEs. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 66(5): 1897-1912.
- Froese, R. and Pauly, D. 1997, FishBase 97: Concepts, design and data sources. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila.
- Gabr, M. and El-Haweet, A.E. 2010, Pelagic longline fishery for albacore, *Thunnus alalunga* in the Mediterranean Sea, Egypt, pp 7-8 in: GFCM: SAC13/2011/Inf.20, Report of the transversal workshop on selectivity improvement, by-catch reduction and alternative gears. Alexandria, Egypt, 25-27 October 2010.
- Gedamke, T., and Hoening, J.M. 2006, Estimating Mortality from Mean Length Data in Nonequilibrium Situations, with Application to the Assessment of Goosefish (*Lophius americanus*). Trans. Amer. Fish. Soc. 135:476-487.

- Kimura, D. and Chikuni, S. 1987. Mixtures of empirical distributions: an interactive application of the age-length key. *Biometrika* 43, 23-35.
- Lee, L.K. and Yeh, S.Y. 2007, Age and growth of south Atlantic albacore – a revision after the revelation of otolith daily ring counts. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 60(2): 443-456.
- Macías, D., García, Gómez-Vives, M^a.J., Benjumea M^a.E., Saber, S., Godoy, D. and Báez, J.C. 2010, Catch Rates of albacore (*Thunnus alalunga*) from the Spanish recreational fishery in the Balearic Sea (Mediterranean Sea), 2004-2009. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 65(4): 1456-1460.
- Marano, G., De Zio, V., Pastorelli, A., Rositani, L. and Ungaro, N. 2005, Drifting longline fishery in the southern Adriatic Sea (GFCM Geographical Sub-Area 18). In *AdriaMed. 2005. Adriatic Sea Small-scale Fisheries. Report of the AdriaMed Technical Consultation on Adriatic Sea Small-Scale Fisheries. Split, Croatia, 14th – 15th October 2003. FAO-MiPAF Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea. GCP/RER/010/ITA/TD15. AdriaMed Technical Documents*, 15: 184 pp.
- Megalofonou, P. 1990, Size distribution, length-weight relationships, age and sex of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Aegean Sea. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 33: 154-162.
- Megalofonou, P. 2000, Age and growth of Mediterranean albacore. *J Fish Biol. Vol. 57*, pp. 700-715
- Ortiz de Urbina, J., Macías, D., De la Serna, J.M., Báez, J.C., García, S., Gómez-Vives, M^a.J. and Saber, S. Standardized CPUE of albacore (*Thunnus alalunga* Bonnaterre, 1788) caught by the Spanish surface longline in the western Mediterranean. 2004- 2010. (SCRS/2011/116).
- Pauly, D. 1980, On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39 (2):175-192.
- Penney, A. 1994, Morphometric relationships, annual catch-at-size for South African-caught South Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 42(1): 371-382.
- Porch, C.E., Wilson, C.A., Nieland, D.L. 2002, A new growth model for red drum (*Sciaenops ocellatus*) that accommodates seasonal and ontogenetic changes in growth rates. *Fish Bull (Wash DC)*, 100: 149-152
- Quelle, P., Ortiz de Zárate, V., Luque, P.L., Ruiz, M., Valeiras, X. 2011, A review of Mediterranean albacore (*Thunnus alalunga*) biology and growth studies. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 66(5): 1882-1896.
- Rademeyer, R.A., Plaganyi, E.E. and Butterworth, D.S. 2007, Tips and tricks in designing management procedures. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 618-625.
- Tserpes, G. and Peristeraki, P. Albacore catch rate variations in the Greek drifting long-line fisheries. (SCRS/2011/104).

TABLAS

Tabla 1. Parámetros biológicos y factores de conversión para los stocks de atún blanco del Sur y del Mediterráneo.

Tabla 2. Resumen de las tallas por edad previstas de atún blanco del Mediterráneo (fuentes, partes duras utilizadas y número de ejemplares indicado).

Tabla 3. Parámetros de la curva de crecimiento Von Bertalanffy considerados por el Grupo de trabajo. El SCRS adoptó los parámetros Megalofonou (2000) para el atún blanco del Mediterráneo. Los parámetros de las columnas >65 cm, <68cm, y Double Von B se estimaron a partir de ajustes a los datos de talla por edad media ponderados de la Tabla 2. El modelo Double Von B utilizado fue el descrito por Porch *et al.* (2002).

Tabla 4. Catálogo de estadísticas de Tarea I (T1, en t) y Tarea II (T2 disponibilidad; donde: "a": t2ce únicamente; "b": t2sz únicamente; "ab": t2ce y t2sz) disponibles para ALB-S (stock meridional), entre 1980 y 2010. Para t2sz, se consideraron las frecuencias de tallas o la captura por talla.

Tabla 5. Catálogo de estadísticas de Tarea I (T1, en t) y Tarea II (T2 disponibilidad; donde: "a": t2ce únicamente; "b": t2sz únicamente; "ab": t2ce y t2sz) disponibles para ALB-M (stock mediterráneo), entre 1980 y 2010. Para t2sz, se consideraron las frecuencias de tallas o la captura por talla.

Tabla 6. Capturas de Tarea I (t) de atún blanco (*Thunnus alalunga*) por zonas, artes y pabellones principales (a 27 de julio de 2011).

Tabla 7. Captura por edad de atún blanco del Sur estimada mediante el algoritmo de determinación de la edad Kimura Chikuni.

Tabla 8. Captura por edad de atún blanco del Sur por grupo de flota (definiciones de flota ASPM).

Tabla 9. CPUE anuales estandarizadas para el atún blanco del Atlántico sur utilizadas para ajustar los modelos utilizados en la evaluación.

Tabla 10. CPUE anuales nominales y estandarizadas utilizadas en la evaluación del stock de atún blanco del Mediterráneo.

Tabla 11. Ensayos ASPIC realizados para el stock de atún blanco del Sur. Los ensayos 2, 6, 7 y 8 se consideraron escenarios del caso base

Tabla 12. Especificaciones del modelo BSP del Atlántico sur. Los ensayos 1, 4, 12 y 13 se consideraron casos base.

Tabla 13. Parámetros de la función logística de selectividad obtenida para el atún blanco del Mediterráneo.

Tabla 14. Ensayos para el atún blanco del Mediterráneo realizados mediante BSP. El ensayo 5 fue el caso base. T1+ considera series temporales de captura alternativas (véase la **Figura 6**).

Tabla 15. Resumen de los resultados del modelo bayesiano de producción excedente (BSP) para el atún blanco Atlántico sur. Los números entre corchetes indican el coeficiente de variación de los parámetros.

Tabla 16. Resumen de los ensayos del modelo bayesiano de producción excedente (BSP) para el atún blanco del Mediterráneo. El ensayo 5 era el caso base. Los números entre corchetes indican el coeficiente de variación de los parámetros.

Tabla 17. Definiciones de flota utilizadas en el modelo ASPIC.

Tabla 18. Captura total por flota utilizada en el modelo ASPIC.

Tabla 19. Series de CPUE utilizadas en el modelo ASPIC.

Tabla 20. Resumen del análisis ASPIC.

Tabla 21. Resultados del ensayo de continuidad ASPM para el atún blanco del Atlántico sur.

Tabla 22. Estimaciones de mortalidad total (Z) obtenidas con el análisis de la curva de captura convertida por tallas para el atún blanco del Mediterráneo.

Tabla 23. Resultados de sensibilidad de los puntos de referencia YPR y SSB/R al patrón de crecimiento y M asumidas para los cuatro periodos de selectividad utilizados en el análisis de atún blanco del Mediterráneo.

Tabla 24. Tablas de decisión de las proyecciones del modelo BSP para el atún blanco del Sur.

Tabla 25. Matriz de estrategia de Kobe para los modelos ASPIC y BSP combinados, indicando la probabilidad de que $B > B_{RMS}$ y $F < F_{RMS}$.

FIGURAS

Figura 1. Proporción acumulativa de atún blanco del Mediterráneo muestreado y disponible en la base de datos de ICCAT. El 80% central de las tallas muestreadas se sitúa entre 60 y 84 cm.

Figura 2. Comparación de las diferentes formulaciones de crecimiento en lo que concierne a la información sobre talla por edad media ponderada de la **Tabla 2**. Para los ajustes, la edad de la **Tabla 2** se asumió como a mitad de año. Las estimaciones de parámetros asociadas con cada curva son las de la **Tabla 3**. Las previsiones de la **Tabla 2** se reflejan mejor mediante el ajuste Von B 2 k que mediante cualquier Von B simple evaluado. Se asumió que las larvas de atún blanco de una semana tenían una talla de 9 mm que, aunque no se utilizó en los ajustes de los modelos, sí se indica en el gráfico.

Figura 3. Comparación de la tasa de cambio en la talla como una función de la edad basada en los parámetros de los modelos Von B 2 K y Megalofonou para ejemplares de edades 3 y superiores.

Figura 4. Distribución geográfica de la captura de atún blanco (t) por artes principales y décadas (a-e) entre 1960 y 2009. (Fuente: CATDIS versión 2011.05)

Figura 5. Capturas de Tarea I de atún blanco del Sur (t) acumuladas por arte, entre 1956 y 2010.

Figura 6. Capturas de Tarea I de atún blanco del Mediterráneo (t) acumuladas por arte, entre 1956 y 2010. Las series “*Total” añaden a los totales de Tarea I las series históricas de Turquía y la corrección para Italia en 2003.

Figura 7. Distribución de frecuencias de tallas estimada de la CAS para el atún blanco del Sur, por año.

Figura 8. Gráfico de la proporción de sustituciones de captura requeridas para convertir CAS en captura por edad (CAA) para el atún blanco del Sur. CAS comunicada por las CPC, frecuencias de talla de Tarea II extrapoladas y sustituciones de Tarea II para las flotas sin información sobre frecuencias de tallas.

Figura 9. Matrices CAA para el stock de atún blanco del Atlántico sur (total y por pesquería principal).

Figura 10. Conjunto de CPUE estandarizadas utilizadas en la evaluación de stock de atún blanco del Sur de 2011 de las flotas de superficie (cebo vivo de África del Sur) y palangre (LL).

Figura 11. Conjunto de CPUE estandarizadas utilizadas en la evaluación de stock de atún blanco del Sur de 2011 de las flotas de superficie (cebo vivo de África del Sur) y palangre (LL), para el periodo tardío 1999-2010.

Figura 12. Conjunto de CPUE estandarizadas y nominales escaladas mediante la media de la CPUE de cada pesquería utilizadas en la evaluación del stock de atún blanco del Mediterráneo.

Figura 13. Cálculos del Atlántico sur para la distribución previa de r para el modelo BSP.

Figura 14. Cálculos del Mediterráneo para la distribución previa de r para el modelo BSP.

Figura 15. Diagrama de fase del Atlántico sur del BSP, que muestra los valores previstos de tasa de mortalidad por pesca relativa y biomasa relativa, más y menos un error estándar.

Figura 16. Mediana de la biomasa y las tasas de mortalidad por pesca en relación con los niveles de RMS, con intervalos de confianza del 50%, para los 4 casos base del modelo BSP y la estimación puntual de la biomasa e intervalos de confianza del 50% para los 4 casos base del modelo ASPIC.

Figura 17. Ajuste del modelo BSP del Atlántico sur en la moda de la distribución posterior para los dos casos base de los modelos Schaeffer, con una ponderación igual (izquierda) frente a una ponderación por captura (derecha) de las series de CPUE.

Figura 18. Ponderación para el escenario de ponderación por captura para el modelo BSP.

Figura 19. Análisis retrospectivo del BSP del Atlántico sur del modelo Schaeffer de ponderación igual (Ensayo 1, línea gruesa).

Figura 20. Funciones de densidad de probabilidad de la distribución previa (línea continua negra) y posterior para la tasa intrínseca de incremento (r) para el atún blanco del Atlántico sur a partir del modelo BSP, para los cuatro ensayos del caso base más dos ensayos con distribuciones previas no informativas para r a la izquierda y ensayos retrospectivos a la derecha.

Figura 21. Resultados del bootstrap para los modelos ASPIC (ensayos 2, 6, 7 y 8) junto con los de los ensayos BSP 1, 4, 12 y 13.

Figura 22. Ajustes de los ensayos de continuidad ASPM para el atún blanco del Atlántico sur a las series de CPUE.

Figura 23. Ensayo de continuidad ASPM para el atún blanco del Atlántico Sur. Selectividad estimada por flota.

Figura 24. Ensayo de continuidad ASPM para el atún blanco del Atlántico Sur. Trayectoria de biomasa estimada con respecto a la biomasa en RMS.

Figura 25. Ensayo de continuidad ASPM para el atún blanco del Atlántico Sur. Tendencias temporales de captura con respecto al rendimiento de sustitución versus la biomasa con respecto a la biomasa en RMS.

Figura 26. Comparación del ensayo de continuidad ASPM con el resultado proyectado a partir del ASPM de 2007 para el atún blanco del Atlántico sur, asumiendo una captura de 24.000 t por año para 2005-2009. El ensayo de continuidad utiliza únicamente las CPUE actualizadas, las definiciones de flota y la captura aplicadas en 2007 y no considera ningún dato de abundancia relativa disponible recientemente para la evaluación de 2011.

Figura 27. Comparación del estado de biomasa relativa evaluado con el análisis retrospectivo del modelo ASPM de 2007 y del modelo BSP de 2011, realizada mediante la extracción secuencial de los años más recientes de datos con el fin de reflejar lo que podría haber estado disponible para la evaluación de 2007.

Figura 28. Estimaciones de mortalidad total (Z) obtenidas mediante el análisis de la curva de captura convertida por tallas para el atún blanco del Mediterráneo.

Figura 29. ALB-Med. Curvas de selectividades alternativas obtenidas para los diferentes periodos de selectividad considerados. En la **Tabla 13** se presentan los parámetros α y β de la función logística de selectividad ajustada para cada periodo.

Figura 30. Sensibilidades del rendimiento (kg) por recluta al patrón de crecimiento y a la M asumidas para los cuatro periodos de selectividad utilizados en el análisis de atún blanco del Mediterráneo.

Figura 31. Sensibilidades de SPR porcentual (biomasa reproductora por recluta) al patrón de crecimiento y a la M asumidas para los cuatro periodos de selectividad utilizados en el análisis de atún blanco del Mediterráneo.

Figura 32. Estimaciones de la tasa de mortalidad por pesca en equilibrio con respecto a M como una aproximación para F_{RMS} basadas en el análisis de la curva de captura convertida por tallas utilizando las muestras de frecuencias de tallas disponibles y asumiendo un crecimiento Megalofonou (2000). La línea central continua representa un supuesto de M de 0,3 con patrones que resultan de una M asumida de 0,4 (línea inferior punteada) y 0,2 (línea superior punteada) que también se reflejan. El gráfico superior refleja las series temporales de captura (t) comunicadas por pabellón.

Figura 33. Diagrama de fase para el atún blanco del Mediterráneo. El caso base es el cinco (en negrita).

Figura 34. Trayectorias del modelo BSP para el atún blanco del Mediterráneo para la biomasa con respecto a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la tasa de mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) para el caso base (Med 5, paneles superiores) y un ensayo alternativo con distribuciones previas no informativas (Med 8, paneles inferiores), con intervalos de confianza bayesianos del 80% (líneas de puntos).

Figura 35. Gráfico de mediana de la tasa de mortalidad por pesca relativa versus la biomasa relativa del modelo BSP, se muestran los intervalos de confianza del 80% para 2010, para el caso base del modelo.

Figura 36. Ajustes de CPUE para el caso base (izquierda) y con distribuciones previas no informativas (derecha).

Figura 37. Distribuciones previas utilizadas en los modelos 1 a 7 y distribuciones posteriores para r de todos los ensayos del modelo BSP del Mediterráneo. El modelo 5 es el caso base, y el modelo 8 tiene una distribución previa no informativa para r , el modelo 9 tiene una distribución previa calculada con una gama más baja de valores de M .

Figura 38. “Diagramas de Kobe” por ensayo para las proyecciones del TAC: las líneas son las medianas de las trayectorias del stock. Los cuadrantes se definen para la biomasa del stock y la mortalidad por pesca con respecto a B_{RMS} y F_{RMS} ; a saber rojo $SSB < B_{RMS}$ and $F > F_{RMS}$, verde $SSB \geq B_{RMS}$ y $F \leq F_{RMS}$, amarillo, otros.

Figura 39. Gráfico de asesoramiento de la matriz de estrategia de Kobe (K2SM). Los contornos reflejan la probabilidad de situarse en el cuadrante de Kobe correspondiente a $SSB \geq B_{MRS}$ y $F \leq F_{RMS}$ por año para cada uno de los niveles de TAC, integrando todos los ensayos con la misma probabilidad.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día.

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista de documentos.

Apéndice 4. Algoritmo de determinación de la edad basado en la mezcla de análisis de distribuciones Kimura Chikuni (Kimura, 1987) implementado con una función de R de A. Murtua (<http://albertomurta.wikispaces.com/file/detail/Kimura-Chikuni-1987.R>). Función de R.