

**INFORME DE LA SESIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE ATÚN
BLANCO DE ICCAT DE 2009**

(Madrid, España -13 a 18 de julio de 2009)

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

La reunión se celebró en la Secretaría de ICCAT, en Madrid, del 13 al 18 de julio de 2009. D. Driss Meski, Secretario Ejecutivo de ICCAT, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes (“el Grupo”).

Dña. Victoria Ortiz de Zárate (CE-España), Presidenta de la reunión, dio la bienvenida a los participantes y agradeció a la Secretaría los esfuerzos realizados en la preparación de la reunión. La Sra. Ortiz de Zárate procedió entonces a examinar el Orden del día que fue adoptado con pequeños 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:

Puntos 1, 9 y 10	P. Pallarés
Punto 2	V. Ortiz de Zárate y G. Scott
Punto 3	P. Kebe
Punto 4	C. Palma, H. Arrizabalaga, L. Kell y V. Restrepo
Punto 5.1	J.M. Ortiz de Urbina y S. Yeh
Punto 5.2	L. Kell y B. Linton
Puntos 6.1 y 7.1	G. Díaz, G. Scott y H. Arrizabalaga
Puntos 6.2 y 7.2	P. De Bruyn, V. Restrepo y L. Kell
Puntos 6.3 y 7.3	M. Schirripa
Punto 8	V. Ortiz de Zárate y G. Scott

2 Datos biológicos, incluyendo información sobre marcado y medio ambiente

En esta reunión no se presentó nueva información al Grupo de trabajo, por lo tanto la hipótesis de dos stocks separados, uno septentrional y otro meridional separados en 5°N ha sido mantenida a efectos de evaluación (**Figura 1**).

Respecto a la biología del atún blanco del Atlántico, no se presentaron nuevos estudios al Grupo de trabajo. Para abordar la modelación del crecimiento del stock de atún blanco del Atlántico norte, se aplicaron los parámetros estimados de crecimiento de Bard (1981) ($L_{inf} = 124.74$, $k = 0.23$, $t_0 = -0.9892$).

En lo que se refiere a los factores de conversión para las relaciones talla-peso, no se ha facilitado nueva información, por lo tanto los parámetros aplicados en la evaluación fueron los estimados por Santiago (1993) incluidos para el atún blanco en el Capítulo 2 del Manual de ICCAT, <http://www.iccat.int/es/ICCATManual.htm>.

Se asumió que el vector de madurez para el atún blanco del Norte era del 50% de madurez a la edad 5 y completamente maduro en adelante (Anón. 2008b).

Se asumió que la mortalidad natural era constante e igual a 0,3 para todas las clases de edad, para el stock de atún blanco del Atlántico norte. No obstante, el grupo revisó las mortalidades por edad estimadas para el stock de atún blanco del Pacífico (SPC, 2003) y estimadas por Santiago (2004) utilizando el método de Chen y Watanabe (1989).

El Grupo de trabajo decidió evaluar la sensibilidad de la evaluación de stock a un patrón de tasas de mortalidad natural variables según la edad. El GT utilizó el enfoque de Chen y Watanabe (1989), que se basa en las características del ciclo vital, para las edades 1 a 15 de acuerdo con los parámetros de crecimiento derivados del modelo de Bard. Sin embargo, este enfoque produjo algunos valores extremos para las edades mayores y el GT decidió fijar el valor de M en el predicho en la edad 11 para las edades 11-15. Los resultados se incluyen en la **Tabla 1** y la **Figura 2**. Se indicó sin embargo, que un enfoque mejor sería utilizar datos de marcado-recaptura para estimar un patrón de tasas de mortalidad natural en lugar de depender de patrones basados solo en supuestos sobre el ciclo vital.

La información disponible sobre marcado (**Figura 3**), que había sido revisada por los científicos nacionales y actualizada por la Secretaría, fue considerada para esta evaluación. No obstante, deben realizarse más esfuerzos para incorporar las recuperaciones que no están aún disponibles en la Secretaría y dar los pasos necesarios para asegurar que las liberaciones históricas están plenamente incorporadas en la base de datos. Para esta evaluación, los datos disponibles fueron organizados en eventos de marcado que fueron definidos como la liberación de 50 o más peces marcados en un trimestre civil. Todos los peces recapturados que fueron liberados durante un “evento de marcado” fueron incluidos en la recopilación de datos para el MFCL. La **Tabla 2** facilita un resumen de los eventos de marcado provisionales, el número de peces liberados y el número posterior de peces recapturados de estos eventos.

3 Datos de captura, incluyendo frecuencia de tallas y tendencias de la pesquería

3.1 Datos de captura (capturas nominales de Tarea I y CATDIS)

La Secretaría presentó las capturas nominales (Tarea I) para el periodo 1950-2007, publicadas en la página web de ICCAT antes de la reunión de acuerdo con el plan de trabajo adoptado. El Grupo revisó detalladamente la distribución de captura del stock septentrional de atún blanco por país, arte y año y observó un importante descenso de la captura declarada por CE-España, CE-Francia, CE-Irlanda y Taipei Chino en 2007. El importante descenso de las capturas totales en 2007 (22.215 t) en comparación con el año 2006 (37.017 t) podría ser el resultado de los elevados precios del gasóleo en relación con el valor de la captura, un cambio en la abundancia del stock u otras causas.

Se observó también que Cuba no había facilitado información en 2007 y el Grupo decidió hacer un traspaso de la captura de 2006 (527 t) para 2007. Las tendencias de la captura de Tarea I, tal y como se muestran en la **Tabla 3** y la **Figura 4** así como la distribución geográfica de la captura para todo el Atlántico (CATDIS) por artes principales y décadas se muestra en la **Figura 5**.

Se revisó también el conjunto de datos de CATDIS para atún blanco (estimaciones de las capturas nominales de Tarea I que utilizan información sobre captura y esfuerzo de Tarea II para separar las capturas por trimestre y por cuadrículas de 5x5) para sincronizarlo (diferencias relativas inferiores al 1%) con la Tarea I.

Con el objetivo de que Multifan-CL utilice los conjuntos de datos de Tarea I y de CATDIS, la información correspondiente sobre el stock de atún blanco del Atlántico norte ha sido clasificada en 10 pesquerías predefinidas (**Tabla 4**). Las capturas finales nominales anuales por pesquería y año se presentan en la **Tabla 5** y las capturas acumuladas por pesquería y año (bien para Tarea I o para CATDIS) en la **Figura 6**.

3.2 Frecuencia de tallas y datos de captura y esfuerzo

3.2.1 Tarea II (Frecuencia de tallas)

El catálogo y los datos de frecuencia de tallas de atún blanco disponibles en la Secretaría y publicados en la página web de ICCAT fueron presentados por la Secretaría al principio de la reunión. Para ser utilizada por Multifan-CL, toda la información sobre frecuencia de tallas fue también clasificada por las 10 pesquerías predefinidas para el stock de atún blanco del Norte. Durante el primer día de la reunión, Taipei Chino presentó datos de talla revisados para los años 1996, 2000 y 2001, una vez que se identificó que los conjuntos de datos que estaban en la Secretaría eran incompletos (cubrían solo los dos primeros trimestres). Estas revisiones se incluyeron en las base de datos de la Secretaría y los correspondientes datos de frecuencia de tallas utilizados en Multifan-CL se actualizaron convenientemente.

Posteriormente, Taipei Chino presentó nuevos datos de talla, pero el Grupo decidió no utilizarlos debido a las limitaciones de tiempo y solicitó a la Secretaría que trabajara en estrecha colaboración con Taipei Chino para aclarar la información de toda la serie temporal revisada de información sobre talla antes de la reunión de 2009 del SCRS.

En la preparación del conjunto de datos de Multifan-CL, la Secretaría llevó a cabo algunos análisis para limpiar el archivo de datos básicos. Los criterios de selección para descartar las series de frecuencia de tallas eran los mismos que los utilizados en la última evaluación de atún blanco (Anón. 2008b): descartar del análisis las series de frecuencia de tallas (estratificadas por pesquería, año y trimestre) con menos de 50 peces en total, o con menos de 10 intervalos de clases de talla (1 cm) o con una gran asimetría en la distribución de frecuencias

(asimetría > 5). La **Tabla 6** resume los resultados de la selección de frecuencia de tallas. Globalmente, de un total de 749 series de frecuencia de tallas, el 17% fueron descartadas (7% por uno de los tres criterios, el 7% por dos de los tres criterios y el 3% por todos los criterios). Por pesquería, el rechazo fue más homogéneo. Sólo las pesquerías 2, 3 y 8 tenían más del 90% de casos positivos (series de frecuencia de tallas aceptables). Las pesquerías 1, 4, 6 y 9 tenían al menos el 80% de casos aceptables. Con casos mayores descartados (más del 25% de la serie de frecuencia de tallas) se identificaron las pesquerías 5, 7 y 10.

Las **Figuras 7 y 8** muestran (antes y después de seleccionar los casos, respectivamente) indicadores de centralidad y dispersión (medias del número de peces y percentiles de intervalos de clases de talla (10%, mediana, 90%) en series de frecuencia de tallas a lo largo de los años para cada pesquería. En la **Figura 9** se muestra el mismo resultado estadístico para cada pesquería, y las series de frecuencia de tallas descartadas (panel derecho – tras la selección) están dibujadas con números negativos para una identificación fácil. Las series temporales finales de frecuencia de tallas utilizadas en Multifan –CL se presentan en la **Figura 10** (histogramas en clases de 2 cm por pesquería y trimestre).

3.2.2 Tarea II (captura y esfuerzo)

También se presentaron los datos de Tarea II de captura y esfuerzo de la base de datos de ICCAT. La Secretaría preparó un conjunto de datos específico en el que los datos de captura y esfuerzo por pesquería fueron estandarizados utilizando modelos lineales generales para proporcionar índices de abundancia para la evaluación de MFCL del stock del Atlántico de 2009, en casos en los que las CPUE estandarizadas oficiales no habían llegado a tiempo para la reunión.

La información sobre captura y esfuerzo correspondiente al stock de atún blanco del Atlántico norte fue previamente seleccionada y posteriormente clasificada en las 10 pesquerías de atún blanco correspondientes. Tras un proceso de limpieza (principalmente eliminación de la duplicación de esfuerzo: la “doble” comunicación del mismo esfuerzo en diferentes conjuntos de datos con composición parcial de la captura por especies) permitió mejorar de alguna manera la calidad de la información.

Posteriormente, la información de los datos de captura y esfuerzo enviada a ICCAT en número de peces fue convertida a peso utilizando el peso medio calculado a partir de las muestras de talla disponibles por flota y arte principales. Esta conversión de números a peso se hizo en las nueve especies principales de túnidos y especies afines (incluido el atún blanco) con el objetivo principal de obtener un conjunto de datos para utilizarlo en la estandarización de la CPUE (mediante GLM) utilizando la ratio de atún blanco en la captura total de cada estrato (Pesquería/Flota/Arte/Año/Trimestre/Mes). Esta variable explicativa potencial adicional (nunca incluida en estudios anteriores) fue extraída para utilizarla como un factor adicional para explicar la variabilidad parcial en los modelos GLM (efecto de direccionamiento). Los resultados de este estudio se presentan en el SCRS/2009/101, que también incluye un análisis exploratorio detallado. Muchos resultados muestran incoherencias en los datos de base (error en unidades de esfuerzo, etc.) y al mismo tiempo la insuficiencia de mucha de la información sobre captura y esfuerzo de Tarea II declarada a la Secretaría de ICCAT.

3.3 Recuperación de datos

Tras la recomendación del SCRS de 2005 sobre la recuperación de datos, el Grupo advirtió el esfuerzo realizado por el científico del IRD, Alain Fonteneau, para recuperar los datos franceses de atún blanco de la Tarea II desde 1967 a 1993. Dado que los datos fueron enviados justo una semana antes de la reunión, el Grupo no tuvo tiempo de llevar a cabo un análisis más profundo de los archivos. El documento SCRS/2009/104 resumía la información recibida antes de la reunión. Se indicó que sería necesario realizar trabajos complementarios antes de utilizar esta útil información.

Durante la reunión, se llevó a cabo un análisis para comparar las hojas de cálculo originales de datos y la base de datos en la que los datos de la hoja de cálculo habían sido recopilados. Había un pequeño número de registros que eran diferentes en las dos fuentes, y será necesaria información adicional sobre el procesamiento de los registros en las bases de datos. Para la mayoría de los registros el esfuerzo se declaró como una variable categórica que representaba el porcentaje del día que se pesca con categorías para el 40%, el 60% y el 100% del día. El porcentaje de registros en cada categoría de esfuerzo se presenta en la **Figura 11**. Después de 1976, todos los registros fueron asignados a la categoría del 100% de esfuerzo. Además, se construyó una serie preliminar de CPUE nominal asumiendo 10 horas de pesca para la categoría del 40% de esfuerzo, 14 horas de pesca para la categoría del 60% de esfuerzo y 24 horas para la categoría del 100% de esfuerzo (**Figura 12**). Es necesario llevar

a cabo más trabajo para investigar y preparar los datos de esfuerzo para poder construir un índice de abundancia para los datos franceses recuperados.

El documento SCRS/2009/080 describe también la información detallada para el periodo 1987-2006 recuperada para la flota vasca (CE-España). Los datos agregados en cuadrículas de 1 grado por mes fueron enviados a la Secretaría de ICCAT pero es necesario realizar más trabajo para intentar obtener la información sobre esfuerzo para este conjunto de datos.

Estos conjuntos de datos podrían ser útiles en el futuro para distribuir mejor la Tarea I de superficie en el tiempo y en el espacio.

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

4.1 Estimaciones de CAS para los stocks del Norte y del Sur

La Secretaría presentó al inicio de la reunión una actualización de la captura por talla (CAS) del atún blanco para el stock del Atlántico norte, desde 1975 hasta 2007. El conjunto previo de datos de captura por talla (1975 a 2005) estaba ligeramente ajustado para que correspondiera a las cifras de Tarea I. Las estimaciones provisionales para 2004 y 2005 obtenidas en la evaluación de 2007 fueron completamente reconstruidas para tener en cuenta las actualizaciones de tallas y la nueva información sobre tallas recibida. Los años 2006 y 2007 fueron estimados por primera vez. Los detalles de la estimación y también las normas de sustitución utilizadas se presentan en el documento SCRS/2009/103.

Durante la reunión, Taipei Chino propuso la revisión de las frecuencias de tallas de 1996, 2000 y 2001 porque se descubrió que los conjuntos de datos utilizados para hacer la CAS eran incompletos (sólo se disponía de muestras del primer trimestre). El Grupo indicó también que la CAS comercial de Estados Unidos declarada para los años 2004 a 2007 tenía un importante incremento en el peso medio (desde una media de 22 kg a más de 40 kg por año). Este aumento se consideró poco realista y el Grupo decidió sustituirlo por la serie de frecuencias de talla convertida a partir de las frecuencias de peso estimadas por la Secretaría.

La CAS fue entonces actualizada para reflejar los cambios de Taipei Chino y Estados Unidos y todas las sustituciones asociadas previamente realizadas con la serie de frecuencia de tallas anterior fueron reextraídas. Las capturas de 2007 de Cuba (traspaso de 2006) fueron también incluidas en la revisión. Al comparar la CAS con la Tarea I, las diferencias en peso son residuales.

La **Tabla 7** y la **Figura 13** muestran las estimaciones finales de la matriz global de la CAS del atún blanco para el stock del Norte, por año y clases de talla de 2 cm (límite inferior). La **Figura 14** muestra los pesos medios de la CAS (globales y por pesquería principal).

La captura por talla está diseñada para evaluar cambios en la base de datos de ICCAT entre las evaluaciones de 2007 y 2009 y dentro de las pesquerías en el tiempo. Los cambios grandes en la base de datos se muestran en la **Figura 15** que ilustra las diferencias entre las bases de datos de 2007 y 2009, todos los años combinados, para el palangre, superficie (GN, BB, TR y TW) y todos los demás artes. En las **Figuras 16 a 18** se hacen comparaciones de mejor resolución y se comparan las distribuciones de tallas de la captura por talla del palangre japonés para 1992-2005; las **Figuras 19 y 20** el palangre de Taipei Chino desde 1996 hasta 2005 y la **Figura 21** el palangre estadounidense para 2004 y 2005.

La **Figura 22** muestra el cambio en la captura por talla para BB, TR y TW en 1975, 1985, 1990, 2000 y 2005. La **Figura 23** compara 2007 y 1975 utilizando la base de datos de 2009 para el palangre, superficie (GN, BB, TR y TW) y todos los demás artes. La **Figura 24** muestra una comparación entre palangres, utilizando la base de datos de 2009, superficie y todos los demás artes para 1975 y 2007.

4.2 Estimaciones de CAA para los stocks del Norte y del Sur

La reunión de preparación de datos para la evaluación de atún blanco de julio de 2006 recomendó realizar las estimaciones de captura por edad (CAA) para el stock septentrional, aplicando el algoritmo de Kimura-Chikuni (Kimura y Chikuni, 1987). En la evaluación de 2007 se utilizó este algoritmo. Las claves trimestrales de edad-talla fueron derivadas de las distribuciones normales de longitud por edad para las edades 1 a 8. El grupo observó diferencias significativas entre la captura por edad estimada en 2007 y la utilizada en evaluaciones

anteriores, que tuvieron impactos importantes en los resultados de la evaluación. Entre otras cosas, era reseñable la relativamente baja proporción de peces de edad 7 en la mayoría de los años.

El documento SCRS/2009/102 abordaba este tema y sugería el uso de claves alternativas de edad-talla derivadas de las distribuciones normales de talla para las edades 0 a 15. En el documento se facilitaban las distribuciones de longitud por edad para las edades 0 y 1 combinadas y 8-15 combinadas (grupo plus 8+), y la nueva captura por edad presentaba mayores proporciones de peces de edad 7 que en 2007.

El Grupo consideró una tercera forma de calcular la CAA, siguiendo esencialmente la metodología de Kimura-Chikuni de 2007 pero considerando las edades 0 a 15 y posteriormente sumando los números de edad 0 y 1, por una parte, y de edad 8 y mayores por otra.

La captura por edad estimada con las tres alternativas de Kimura-Chikuni (utilizando la talla por edad para las edades 1 a 8, edades 0-1 a 8+ y edades 0 a 15 respectivamente) se muestra en las **Figuras 25** (total) y **26** (por pesquería). El efecto de las tres matrices alternativas de CAA sobre el VPA fue inspeccionado utilizando el ensayo de 2007 con $F_{ratio}=0,5$ en el primer año y reduciendo las vulnerabilidades de los últimos 4 años con una desviación estándar de 0,5 (véase el SCRS/2008/089). Al calcular la CAA de la misma forma que en 2007 la SSB mostraba una brusca tendencia descendente (**Figura 27**), lo que sugiere que el brusco descenso observado en 2007 se debía a la forma en que se calculó el Kimura-Chikuni (es decir, considerando las distribuciones de longitud por edad para las edades 1 a 8). Sin embargo, considerar las distribuciones de longitud por edad para las edades 0-1 a 8+ (tal y como sugiere el SCRS/2009/102) producía valores de F extremadamente elevados, especialmente para la edad 7 (**Figura 28**), que permitían explicar los relativamente elevados números de edad 7 capturados. Las estimaciones de selectividad también se consideraron poco realistas, dado que la selectividad en las edades 7 y 8 era la mayor. Por otra parte, la CAA basada en las distribuciones de longitud por edad de 0 a 15 producía valores de selectividad máximos en las edades 3 y 4, seguidas por la edad 6 (**Figura 29**).

Dado que en la evaluación de 2007 en el VPA se consideró un grupo de edad 6+, el Grupo analizó el efecto del Kimura-Chikuni con las clases de edad 0-1 a 8+ frente a 0 a 15 sobre el ensayo del VPA con un grupo plus 6+. Los resultados demostraron pequeñas diferencias en la SSB y el reclutamiento (**Figura 30**), en las tasas de mortalidad por pesca (**Figura 31**) y en los vectores de selectividad (**Figura 32**). Este resultado no es inesperado ya que los diferentes algoritmos de Kimura-Chikuni afectan principalmente a las edades 7 y 8 y ambas están incluidas en la categoría del grupo plus 6+. Estos resultados sugieren que es irrelevante qué CAA (bien 0 a 15 o bien grupos 0-1 a 8+) utilizar en un VPA del grupo plus 6+. Sin embargo, al considerar un grupo plus mayor, podría ser más seguro utilizar las distribuciones de longitud por edad para las edades 0 a 15 (**Tabla 8**). En cualquier caso, el grupo consideró que es necesario realizar más investigaciones antes de la próxima evaluación para resolver los remas relacionados con la estimación de la captura por edad. Estas investigaciones deberían analizar más en profundidad los efectos de longitudes por edad alternativas en Kimura-Chikuni y podrían también considerar otros métodos alternativos.

Las estimaciones utilizando este último método (**Tabla 9, Figura 25 y 26**) muestran una predominancia de las edades 1 a 4. Para las pesquerías de superficie (BB y TR de CE-España y TR de CE-Francia) los primeros tres grupos de edad son los más representados en las capturas. En las pesquerías de palangre, Japón muestra una predominancia de las edades 3, 4 y 5, y Estados Unidos una predominancia de las edades 4 a 7. El palangre de Taipei Chino muestra tres periodos diferentes: antes de 1987 con una gran dispersión entre las edades 3 a 8; predominancia de las edades 3 y 4 entre 1993 y 2001; y predominancia de la edad 6 desde 2002 en adelante.

Las curvas de captura se utilizan para extraer señales de la mortalidad total (Z) de los datos de captura por edad. La inclinación de una curva de captura es un estimador de la mortalidad total para una clase anual si la capturabilidad es constante entre las edades. Aunque este no es generalmente el caso, si el cambio en la capturabilidad es constante entonces los cambios en la inclinación a lo largo del tiempo son estimadores de cambios en la mortalidad total a lo largo del tiempo. Hacer un promedio en un rango de edad puede revelar si la impresión global de mortalidad es similar a otras estimaciones de mortalidad. Hacer un promedio en un rango anual y compararlo con otros rangos anuales tiene el potencial de revelar posibles cambios en el patrón de explotación (o cambios potenciales en la mortalidad natural para los grupos de edad más jóvenes).

En las **Figuras 36 y 37** se presenta una comparación de los datos de captura por edad utilizados en Adapt y los estimados por Multifan-CL. Estas muestran las proporciones relativas de captura por edad en un año (**Figura 33**), las proporciones relativas de captura en una edad a lo largo de los años (**Figura 34**) y las proporciones de captura por edad estandarizadas (**Figura 35**).

5 Índices de abundancia relativa

5.1 Índices por edad para el ajuste del modelo VPA-2BOX

Los índices de abundancia relativa por grupo de edad del atún blanco capturado por la flota de curricán española en el Atlántico nororiental fueron estimados utilizando datos de tasas de captura en número de peces por día de pesca (CPUE) a partir de 6.932 mareas individuales recopiladas para el periodo 1981-2007 (Ortiz de Zárate y Ortiz de Urbina, 2009). Las CPUE estandarizadas para los grupos de edad 1 a 4 fueron estimadas mediante un modelo lineal generalizado asumiendo un modelo de distribución de error lognormal. Dado que esta flota no se dirige a la edad 1 y la disponibilidad de la edad 4 varía anualmente, el Grupo decidió, al igual que en evaluaciones previas, utilizar sólo la CPUE estandarizada para las edades 2 y 3 como índices de abundancia relativa para el stock del Norte. Sin embargo, la CPUE para la edad 1 podría ser considerada un indicador del reclutamiento a la pesquería.

La captura por unidad de esfuerzo nominal (número de peces capturados por mil anzuelos) del atún blanco del Atlántico norte registrada en los palangreros de Taipei Chino desde 1967 a 2008 fue utilizada para estimar las CPUE estandarizadas por medio de un modelo lineal generalizado asumiendo una distribución de error lognormal (SCRS/2009/105). Los factores año, trimestre, subárea y efectos de la captura fortuita de patudo, rabil y pez espada, fueron implementados en el modelo para obtener una tendencia de abundancia anual estandarizada. Los resultados muestran que la CPUE estandarizada fluctuó mucho antes de mediados de los 80, y posteriormente descendió de forma continua hasta mediados de los 90; a partir de entonces permaneció relativamente estable hasta el presente.

Las tasas de captura estandarizadas del palangre japonés en el Atlántico norte fueron actualizadas hasta 2007 por medio de un modelo lineal generalizado (GLM) asumiendo una distribución de error binomial negativa. (Uosaki y Shono, 2008).

Se generó un índice de abundancia relativa del atún blanco estandarizando los datos de captura y esfuerzo de la pesquería de palangre pelágico de Estados Unidos en el Atlántico norte desde 1986 hasta 2008 (SCRS/2009/100). Esta flota cuenta también con un programa de observadores con una cobertura media anual del 5% de las mareas (PLOP) desde 1992. El procedimiento de estandarización evaluaba los siguientes factores: año, área, temporada, características del arte (bastones de luz, longitud de la línea madre, densidad de anzuelos, etc.) y las características de las operaciones de pesca (tipo de cebo, tipo de flota y especie objetivo). Los índices estándar fueron estimados utilizando modelos lineales generalizados mixtos bajo un enfoque de modelación delta-lognormal.

Respecto a la pesquería de curricán francesa de los primeros años, de 1967 a 1986, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para las edades 2 y 3 fue analizada con un modelo GLM con una estructura de error lognormal para estandarizar la CPUE diaria (Goujon *et al.* 1996). Desde entonces el Grupo no ha dispuesto de información actualizada de la flota francesa.

La serie de CPUE estandarizada utilizada para los modelos finales de VPA: los índices de curricán español para las edades 2 y 3, el índice de palangre de Taipei Chino para las edades 3-8+, el índice del palangre americano para las edades 3-8, el índice del palangre japonés para las edades 3-8+, y el índice de la pesquería de curricán francesa de los primeros años para las edades 2-3 se presentan en la **Tabla 10**. La **Figura 38** muestra la serie temporal escalada de CPUE para las principales pesquerías de palangre y superficie utilizadas en la evaluación.

5.2 Índices de CPUE usados en Multifan-CL

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) nominal en número de peces por día de pesca del atún blanco del Atlántico norte capturado por la flota de cebo vivo española en el Atlántico nororiental ha sido recopilada por marea individual para el periodo 1981-2007 y analizada mediante un modelo lineal generalizado (GLM). Se incluyó un factor de interacción año*trimestre para obtener una serie de CPUE anual-trimestral estandarizada para usarla en Multifan-CL (SCRS/2009/096). El GLM tenía una distribución de error log-normal con una varianza constante. Se presentaron los índices de abundancia relativa del atún blanco de la pesquería de arrastre epipelágico en parejas irlandesa para los años 1998-2007 (Cosgrove, 2009). Los datos de los desembarques nacionales de los cuadernos de pesca y los datos de los observadores a bordo fueron combinados para estimar las tasas de captura en biomasa (kg) y en número de peces. Los índices estandarizados fueron estimados mediante GLM asumiendo una distribución de error log-normal con una varianza constante. Se generó un índice

combinado utilizando el GLM para incluir la media ponderada (por captura) del índice de cebo vivo español y del índice del arrastre epipelágico irlandés.

Las CPUE nominales en número de peces por día de pesca del atún blanco del Atlántico norte capturado por la flota española de curricán en el Atlántico nororiental habían sido recopiladas por marea individual para el periodo 1981-2007 y analizadas mediante un modelo lineal generalizado (GLM). Se incluyó un factor de interacción año*trimestre para obtener una serie de CPUE anual-trimestral estandarizada para usarla en Multifan-CL (SCRS/2009/097). El GLM tenía una distribución de error log-normal con una varianza constante. El índice de curricán español para 1981-2007 fue promediado con el índice de curricán español para 1931-1975 (Bard, 1977) y el índice de curricán francés para 1967-1986 (Anón. 2008a) utilizando un GLM para generar un índice combinado.

La serie de CPUE estandarizada para las flotas de curricán española y francesa para los años 1957-1976 fue utilizada sin cambios respecto a la evaluación de atún blanco de 2007 (Anón. 2008b).

La serie de CPUE estandarizada para las flotas de cebo vivo de las Azores y portuguesa para los años 1970-2005 fue utilizada sin cambios respecto a la evaluación de atún blanco de 2007 (Anón. 2008b).

Las tasas de captura estandarizadas (en número de peces por mil anzuelos) en estratos año*trimestre del atún blanco del Atlántico norte para la flota de palangre japonesa fueron actualizadas hasta 2007 utilizando un GLM y fueron facilitadas a la Secretaría. Estas CPUE fueron estandarizadas para tres periodos separados (1959-69, 1969-75 y 1975-2007) utilizando una estructura de error binomial negativo (NB) como se hizo previamente durante la sesión de evaluación de 2007 (Uosaki y Shono, 2008).

Las CPUE nominales (número de peces capturados por mil anzuelos) en estratos año*trimestre del atún blanco del Atlántico norte consignadas en los palangreros de Taipei Chino desde 1967 a 2007 fueron utilizadas para estimar las CPUE estandarizadas por medio de un GLM asumiendo una distribución de error log-normal (SCRS/2009/105). Los siguientes factores: series trimestrales, subárea, y efectos de la captura fortuita de patudo, rabil y pez espada, fueron incluidos en el GLM.

Las tasas de captura nominal del atún blanco del Atlántico norte de las pesquerías de palangre de Corea, Panamá y Cuba fueron recopiladas para los años 1966-2007. Una serie de CPUE estandarizada en estratos año*trimestre fue estimada utilizando un GLM con un enfoque de modelación delta-poisson (SCRS/2009/101).

Las tasas de captura nominal del atún blanco del Atlántico norte de las pesquerías de superficie menores (cebo vivo y curricán) no incluidas en los índices anteriores fueron recopiladas para los años 1976-2007. Una serie de CPUE estandarizada en estratos año*trimestre fue estimada utilizando un GLM con un enfoque de modelación delta-lognormal (SCRS/2009/101).

Todos los índices declarados en unidades de números por unidad de esfuerzo fueron convertidos a biomasa (kg) por unidad de esfuerzo utilizando pesos medios anuales, específicos de la flota, de los peces capturados para estimar el esfuerzo pesquero en cada flota. Cada índice estandarizado fue escalado a una media de uno. Los índices estandarizados utilizados en Multifan-CL se presentan en la **Tabla 11** y en la **Figura 39**.

Aunque para algunas de las series se dispone de datos detallados de los cuadernos de pesca, para otras, las series de CPUE tuvieron que ser estandarizadas utilizando datos de captura y esfuerzo de la base de datos de ICCAT. Por tanto, se prepararon para todas las pesquerías series temporales de CPUE estandarizada utilizando modelos lineales generalizados (GLM) por año y trimestre (SCRS/2009/101). La estandarización se llevó a cabo antes de la reunión utilizando un enfoque sistemático basado en la inspección de diagnósticos (Ortiz y Arocha, 2004) utilizando el entorno estadístico R de código abierto (cran.r-project.org). Los datos, el código R y los análisis están todos disponibles como parte de un proyecto de google en <http://code.google.com/p/glmscrs/>. Al proyecto pueden acceder los miembros del proyecto para realizar cambios y los no miembros que solo pueden comprobar las copias de trabajo sólo de lectura, ver <http://code.google.com/p/glmscrs/source/checkout> para más detalles. El proyecto está gestionado usando una subversión y bajo Windows TortoiseSVN proporciona una interfaz fácil de usar; consultar <http://code.google.com/p/mseflr/wiki/UsingTortoiseSVN> para una guía de cómo utilizar Tortoise.

Los índices estandarizados están disponibles en:

<http://code.google.com/p/glmscrs/source/browse/trunk/Results/cpueStd2009.txt>

Todos los resultados presentes en el documento (SCRS/2009/101) fueron examinados y discutidos por el Grupo.

Se decidió usar la CPUE estandarizada de las flotas que estaban siendo analizadas por los científicos nacionales y que se habían presentado al grupo. Por otra parte, para las pesquerías ALBN09 y ALBN010, los resultados de estos análisis se utilizaron para ajustar el modelo MFCL. Dado que existían evidencias de sobre dispersión para estas dos pesquerías, se reensayaron los GLM con distribución de error delta-poisson utilizando una familia quasi Poisson para permitir que el parámetro de dispersión fuera estimado.

6 Métodos y resultados de la situación del stock

6.1 VPA-2BOX

El grupo decidió aplicar un modelo VPA-2BOX repitiendo el escenario del caso base de la evaluación del stock de atún blanco del Norte de 2007 utilizando los datos revisados de captura por edad. El análisis se llevó a cabo utilizando versiones actualizadas de los índices de las pesquerías de curricán español, palangre estadounidense, palangre de Taipei Chino, y palangre japonés así como el índice histórico de la pesquería de curricán francesa (las mismas pesquerías que se utilizaron en la evaluación de 2007) (**Tabla 10**). Se asumió una estructura de error lognormal para todos los índices dentro del modelo VPA. Las matrices totales y parciales de captura por edad utilizadas en el VPA eran las presentadas en el documento SCRS/2009/102, que eran diferentes de las matrices usadas en la evaluación de 2007. La selectividad por edad para cada índice fue estimada a partir de capturas parciales utilizando el método propuesto por Butterworth y Geromont (ecuación 4, Butterworth y Geromont, 1999), excepto para los dos índices españoles de curricán que reflejan sólo una clase de edad. Se estimaron las tasas de mortalidad por pesca terminales (2007) para las edades 2-7 y la tasa de mortalidad por pesca de 2007 de la edad 1 se estableció en el 20% de la de la edad 2. Inicialmente, la ratio de F (F en la edad mayor dividida entre F en la siguiente edad más joven) se fijó en 0,5 para el primer año de la serie temporal (1975) y las ratios de F para los demás años se estimaron con un desarrollo aleatorio. La tasa de mortalidad natural se fijó en 0,3 para todas las edades. El modelo VPA se estableció con un grupo de edad 8 plus y para el periodo 1975-2007.

Tras establecer el modelo VPA en la evaluación de stock de 2007, se estimó la matriz de peso por edad como el peso por edad anual constante estimado a partir de las ecuaciones de crecimiento y L-W (peso a mitad de año en kg).

El ensayo inicial mostraba un ajuste relativamente bueno a los índices (**Figura 40**). Sin embargo, la SSB estimada mostraba grandes diferencias respecto a la evaluación de 2007 (**Figura 41**) y una F apical terminal muy alta ($F=5$). El Grupo decidió llevar a cabo ensayos alternativos usando una ratio de F de 1,0 y 2,0 para el primer año y un ensayo con una ratio de F fija de 1,0 para todos los años. Estos ensayos produjeron resultados similares en relación con el ensayo original y eran muy diferentes respecto a la SSB estimada en la evaluación de 2007. La SSB relativa terminal determinista estimada (SSB/SSB_{RMS}) era muy baja (rango 0,22-0,28) y la mortalidad por pesca relativa terminal (F/F_{RMS}) oscilaba entre 8,7 y 10,2 (**Figura 42**).

Para evaluar si las diferencias observadas en la SSB estimada entre la evaluación de 2007 y la actual se debían a las especificaciones del modelo VPA, se llevó a cabo un ensayo utilizando el VPA de 2007 con las matrices de la captura por edad de 2009 y la captura por edad parcial (sin incluir los datos para los años 2006 y 2007). La SSB estimada era muy similar a las estimadas con el VPA de 2009, confirmando así que las diferencias observadas entre los resultados del VPA de 2007 y el de 2009 se debían a la diferente matriz de captura por edad utilizada para la evaluación de 2009 y no a las especificaciones/supuestos del modelo VPA de 2009.

El grupo decidió llevar a cabo una serie de nuevos ensayos utilizando un grupo de edad 6 plus en lugar del grupo de edad original 8 plus. La razón de esta decisión era que la elevada F terminal asociada con el agudo incremento de capturas de la edad 7 en la captura por edad revisada podría ser mejor manejada por el modelo con un grupo de edad 6 plus. Los ensayos con el grupo de edad 6 plus mostraban un mejor ajuste a los índices observados, especialmente para las flotas de palangre (**Figura 43**). Además, la F terminal determinista oscilaba entre 0,67 y 0,88 y la SSB relativa determinista entre 0,58 y 1,10 (**Figura 44**).

Se tomó la decisión de ensayar 500 bootstraps para el modelo VPA utilizando el grupo de edad 6 plus y las tres ratios de F diferentes para el año inicial (ratios de F 0,5, 1,0 y 2,0). El resultado de estos ensayos mostró algunos resultados diferentes. Por ejemplo, la SSB 1975 era tan elevada como 171.550 t para una ratio de F del año inicial de 0,5 y tan baja como 41.345 t para la ratio de F de 2,0. Sin embargo, la SSB2007 terminal oscilaba entre aproximadamente 25.000 t y 44.000 t (**Figura 45**). Por el contrario, la F apical estimada y el número de reclutas eran similares entre los tres escenarios de ratio de F (**Figura 45**). Los elementos de referencia estimados de la mediana para estos tres ensayos se presentan en la **Tabla 12**. Aunque los niveles de RMS estimados eran

similares (en el rango de 35.200-37.300 t), otros elementos de referencia estimados no lo eran. Por ejemplo, BRMS era tan elevada como 51.100 t para la ratio de F de 0,5 y tan baja como 16.900 t para la ratio de F de 2,0. Los elementos de referencia estimados mostraban también que para los casos de ratio de F de 1,0 y 2,0, la BRMS era menor que RMS, lo que sugiere una mayor contribución de peces inmaduros a la captura total. De hecho, los reclutas por reproductor en RMS (el inverso de SPR en RMS) para las ratios de F de 0,5, 1,0 y 2,0 eran 5,38, 7,83 y 15,7 respectivamente; mientras que SPR en RMS para las mismas ratios de F era 0,186, 0,128 y 0,064, respectivamente.

Respecto a la situación del stock, la **Figura 46** muestra el diagrama de fase del año terminal (2007) utilizando 500 bootstraps. Por lo general, una ratio de F de 2,0 mostraba el resultado más optimista con la mediana indicando que el stock no está sobrepescado y que se está produciendo sobrepesca con una F relativa = 1,11. Por el contrario, la ratio de F de 0,5 mostraba el resultado más pesimista al indicar que el stock está sobrepescado (mediana de la SSB relativa = 0,93) y que estaba sufriendo sobrepesca (mediana de la F relativa = 1,52). El resultado del modelo mostró que el modelo estimaba rápidamente ratios de F menores para los años posteriores al año inicial cuando se asumía que la ratio de F era 0,2. El Grupo interpretó este resultado como una indicación de que la ratio de F asumida era demasiado elevada. Dado que el grupo no contaba con información suficiente para decidir qué ensayo (ratio de F 0,5 y 1,0) era el más adecuado, la situación del stock se estimó también uniendo el resultado de los bootstraps de los dos ensayos mencionados. Más específicamente, se hizo un “diagrama de fase” utilizando los 500 bootstraps de cada uno de los 2 ensayos para la SSB relativa frente a F relativa (**Figura 46**). Este enfoque indicaba que el stock no estaba sobrepescado pero sí plenamente explotado con la SSB relativa = 1, pero que se estaba produciendo sobrepesca con una F relativa = 1,5.

La incertidumbre asociada a los resultados estimados de la mediana que aparece en la **Figura 46** fue descrita como el porcentaje de los resultados de bootstrap que indican una situación particular del stock. En la **Figura 47** el porcentaje mostrado en la “zona roja” corresponde a los resultados que indicaban que el stock estaba sobrepescado y sufriendo sobrepesca, la “zona verde” indica que el stock no está sobrepescado ni se está produciendo sobrepesca y la “zona amarilla” corresponde a resultados que indicaban que o bien el stock está sobrepescado o se estaba produciendo sobrepesca (pero no ambas al mismo tiempo). Como se ha indicado antes, el ensayo con una ratio de F de 2,0 mostraba la situación más optimista del stock, con el 22% de los bootstraps en la “zona verde”, y el 75% en la “zona amarilla”. Por el contrario, el ensayo con una ratio de F de 0,5 presentaba el 62% de los resultados en la “zona roja” y el 37% en la “zona amarilla”.

Las trayectorias de la situación del stock (“*snail-tracks*”) para el periodo 1975-2007 se muestran en la **Figura 48**. La F relativa para el año terminal (2007) fue estimada como la media geométrica de los años 2004, 2005 y 2006. En todos los casos, el stock no estaba sobrepescado en 1975. Sólo el caso más optimista, correspondiente a la ratio de F de 2,0 mostraba un número significativo de años en los que el stock no estaba sobrepescado ni se estaba produciendo sobrepesca. Los otros 3 casos indicaban que el stock estaba sufriendo sobrepesca durante toda la serie temporal y durante varios años también en condición de sobrepescado.

El Grupo no estaba seguro del peso medio adecuado a asignar al grupo de edad 6+ y decidió investigar más el tema y evaluar el impacto potencial que tendría cualquier cambio en el peso utilizado sobre los resultados del VPA presentados en este informe.

6.2 Multifan-CL

Datos básicos

Los conjuntos de datos utilizados para los análisis de Multifan-CL fueron recopilados durante la reunión de evaluación de stock de julio de 2009. Los datos se separaron en 10 pesquerías utilizando las mismas definiciones que las utilizadas en la evaluación de stock de 2007. Los datos básicos de entrada (captura, esfuerzo y captura por talla) fueron sin embargo revisados debido a las actualizaciones de la base de datos de ICCAT. Todos los archivos de entrada y salida se encuentran en la Secretaría de ICCAT. En las **Tablas 13 y 14** y en las **Figuras 49 y 50** se presenta un resumen de los datos de captura y esfuerzo.

Los ensayos del modelo

Las especificaciones del modelo para los ensayos iniciales 4A y 4B eran idénticas a las utilizadas en la pasada evaluación del caso base y se describen con detalle en el documento SCRS/2009/108. En total, durante la reunión de evaluación de stock de 2009 se llevaron a cabo 14 ensayos del modelo (**Tabla 15**). El ensayo 4A fue realizado utilizando el mismo archivo ejecutable de MFCL (mfcl32.exe) que en la evaluación de 2007, mientras

que el ensayo 4B se llevó a cabo con la última versión de MFCL (mfclo32.exe). El ensayo 4C se cambió para incluir las distribuciones previas de variabilidad de esfuerzo sugeridas por un ajuste del Stock Synthesis 3 a los mismos datos básicos de entrada y forzado para que tuviera los mismos supuestos de modelo que el ensayo 4B. El ensayo 4D era el mismo que el ensayo 4B, sin embargo, todas las selectividades para las edades 5 y mayores se forzaron para que fueran iguales. El 4E usaba tanto las variabilidades incluidas en el 4C como las limitaciones de edad incluidas en el 4D. El 4F era una variación del 4B en el que la función de crecimiento se ajustó internamente en lugar de ajustar la curva de crecimiento de acuerdo con la ecuación de Bard (1981). El 4G era otra variación sobre el 4B en el que la capturabilidad se forzó para que fuera constante en el tiempo (aunque permitiendo la variabilidad estacional). El ensayo 4H variaba respecto al 4B en que incluía un vector de mortalidad natural específico de la edad. El vector se calculó utilizando el método de Chen y Watanabe (1988) y los parámetros Von Bertalanffy de Bard (1981). El vector se modificó ligeramente para asegurar que todas las mortalidades naturales para las edades 11 y mayores eran iguales. El ensayo 4I incluía datos de marcado en el ensayo básico del modelo 4B. El 4K era el mismo que el 4I en que también utilizaba datos de marcado, pero también calculaba internamente un vector de la mortalidad natural específico de la edad. El ensayo 4L utilizaba la Z promediada en los primeros 5 periodos del modelo para calcular la población inicial. Esto era un cambio respecto a los 10 años utilizados en los ensayos previos del modelo. Como en los ensayos anteriores, varias pesquerías habían sido agrupadas por selectividad y el 4N permitía que la selectividad fuera calculada de forma independiente para cada pesquería (1-10). El ensayo 4O era una desviación importante respecto a los demás ensayos en términos de los datos de entrada. En lugar de estratificar la captura y el esfuerzo por trimestre, se agrupó por año. Por último, el ensayo 4P forzada un patrón de selectividad cóncavo en las pesquerías de superficie (1-3).

Selección del modelo

Los parámetros de salida y los diagnósticos para cada ensayo del modelo se utilizaron para descartar los ensayos del modelo que no eran realistas o que ajustaban mal los datos. El ensayo 4A fue descartado ya que utilizaba una versión desfasada del software de MFCL. Los ensayos 4C, 4F, 4L, 4O y 4P fueron descartados porque producían valores de selectividad elevados poco realistas para los peces de edad 15 en la pesquería 1 (una pesquería de cebo vivo que se dirige a peces pequeños). El 4D y 4E fueron descartados ya que producían valores elevados poco realistas de RMS y SSB_{RMS} y por tanto puntos de referencia excepcionalmente optimistas. Por último, el 4I, 4K y 4L fueron descartados ya que producían valores elevados poco realistas de la F anual media. Por tanto, sólo quedaron 4 ensayos del modelo (4B, 4G, 4H y 4N). De estos, el ensayo de continuidad 4B fue considerado el ensayo del modelo más adecuado para la evaluación del stock de atún blanco de 2009 basándose en los criterios de selección de modelo AIC. Aunque el ensayo 4G tenía un valor AIC menor, incluía variabilidades y penalizaciones diferentes que hacían que fuera imposible una comparación directa entre este y otros modelos.

Resultados del modelo

La **Figura 51** muestra los puntos de referencia clave de la SSB (biomasa adulta) generados por los cuatro modelos que no fueron descartados. Aunque los modelos difieren en la escala global, todos indican que la ratio entre la SSB actual y la SSB en RMS es inferior a 1, lo que indica que la SSB actual es inferior a la SSB que produciría el RMS. Este nivel de merma es respaldado por los puntos de referencia de Frms indicados en la **Figura 52** en la que, excepto para el modelo 4H, los valores recientes y actuales de F están por encima de los de Frms, lo que indica que la explotación del stock es alta. La **Figura 53** muestra las estimaciones absolutas de reclutamiento de los tres modelos. Todos los modelos presentan una tendencia similar en el reclutamiento aunque los valores absolutos son diferentes. En todos los casos, para el año 25 del modelo (1955/6) se ha calculado un evento de reclutamiento muy grande.

La **Figura 54** muestra las estimaciones de selectividad por flota para el ensayo de continuidad 4B. Como se esperaba, las pesquerías de palangre muestran una selectividad asintótica con la edad (aunque varias fueron forzadas a hacerlo así por el modelo). Las pesquerías de superficie por lo general muestran una selectividad cóncava y este parece ser el caso aquí, aunque hay un aumento en la selectividad con la edad para las clases de edad 6 y superiores. La razón de este aumento no está clara ya que en estas pesquerías se han registrado pocos peces grandes. La selectividad se forzó para que fuera igual para las clases de edad 10 y superiores, lo que resulta en una forma de selectividad asintótica.

La **Figura 55** presenta las desviaciones de esfuerzo por pesquería. Si el modelo es coherente con los datos de esfuerzo, sería de esperar una dispersión uniforme de las desviaciones de esfuerzo por encima y por debajo de cero aunque también se esperarían algunos datos atípicos. Este no es el caso para varias de las pesquerías, lo que indica que el modelo podría no estar extrayendo la mayoría de la información presente en los datos sobre

variación de la capturabilidad. Esto se solucionó variando las especificaciones del modelo durante los ensayos del modelo (por ejemplo, el 4C), sin embargo, ninguno de estos ensayos alteró significativamente esta situación.

La **Figura 56** muestra la trayectoria del punto de referencia del modelo 4B. Como la mayoría de las series temporales está en el cuadrante superior izquierdo ($F/Frms > 1$, $SSB/SSBrms > 1$) esto podría indicar que el stock de atún blanco del Norte está siendo sobreexplotado. El valor más reciente se encuentra de hecho en esta zona (véase la **Figura 57**¹). La **Figura 58** separa estas trayectorias en lapsos temporales de décadas. Estas muestran claramente que el modelo 4B predice un nivel mayor de explotación y merma del stock ya que las trayectorias se han movido de forma constante desde el cuadrante inferior derecho al superior izquierdo a lo largo del tiempo. La **Figura 59** muestra el diagrama de dispersión de las estimaciones de reclutamiento y SSB y la relación ajustada.

El Grupo observó que los niveles de RMS pueden verse afectados por cambios en la selectividad, entre otras cosas. Dado que la aplicación del MFCL permitía una perspectiva a largo plazo del recurso, comenzando en 1930, el Grupo calculó los cambios en los puntos de referencia del RMS a lo largo del tiempo. La tendencia estimada en el RMS se muestra en la **Figura 60**. Es evidente un aumento gradual en el RMS entre mediados de los 50 hasta mediados de los 60, que coincide con el aumento en la pesca de las pesquerías de palangre que capturan peces más grandes que los que capturaban las pesquerías de curricán. Esta tendencia es similar a la calculada durante la evaluación de 2007 aunque los valores absolutos han aumentado.

Las **Figuras 62 a 64** son una comparación de los resultados del modelo entre la evaluación de stock de 2007 y los ensayos 4A y 4B de la evaluación actual. Estos fueron investigados ya que la versión de MFCL utilizada para llevar a cabo las evaluaciones había cambiado entre una y otra. Dado que los resultados de esta evaluación son más pesimistas que los de la última evaluación, esto se hizo para determinar si las diferencias en la situación del stock entre estas evaluaciones se debían a cambios en el modelo o a cambios en los datos de entrada. Parece que una combinación de cambios, tanto en el modelo como en los datos, ha provocado la diferencia en los resultados de la evaluación. Está claro que un gran aumento en la biomasa a finales de los años 50 no estaba previsto utilizando el conjunto de datos de 2007, y aunque está presente utilizando los datos de 2009, se predijo que era menor utilizando la versión antigua del modelo MFCL. Por lo tanto, es probable que el responsable de las diferencias en los resultados de la evaluación no sea un solo factor.

Notas sobre los elementos de referencia del RMS

El Grupo recordó que los niveles del RMS pueden verse afectados por cambios en la selectividad, entre otras cosas. Las tendencias de $F/Frms$ y $SSB/SSBrms$ mencionadas anteriormente se refieren a cálculos del rendimiento en equilibrio utilizando la selectividad global de 2005-2006. Dado que la aplicación MFCL permitía una perspectiva a largo plazo del recurso comenzando en 1930, el Grupo calculó los cambios en los elementos de referencia del RMS a lo largo del tiempo basándose en datos del ensayo 4B y en cálculos del rendimiento en equilibrio estándar utilizando una hoja de cálculo. El vector de selectividad utilizado por MFCL se basa en la F agregada media para 2005 y 2006. Para los cálculos año por año, se utilizó el mismo concepto: para cualquier año determinado, la selectividad se calculó a partir de la F media de los dos años precedentes.

La tendencia estimada en RMS a lo largo del tiempo se muestra en la **Figura 60**. Es evidente un incremento gradual en RMS entre mediados de los 50 y principios de los 70, que coincide con el aumento en la pesca de las pesquerías de palangre que capturan peces más grandes que los que capturaban las pesquerías de curricán.

Las estimaciones de RMS (29.000 t) y $SSB/SSBrms$ (0,62) para el último año de la serie temporal (2007) eran muy cercanas a las estimadas por el ensayo 4B de Multifan. Sin embargo, los valores de $F/Frms$ eran ligeramente menores que los estimados por el ensayo 4B de Multifan CL, mostrando una situación ligeramente más optimista del stock (**Figura 61**). Para el año 2007, estos cálculos de la hoja de cálculo mostraron un valor de $F/Frms$ de 0,81, frente al valor de $F/Frms$ de 1,045 del ensayo 4B de Multifan CL. El Grupo estaba muy inseguro respecto a cómo encuentra exactamente MFCL la F que maximiza el rendimiento por recluta y por lo tanto la razón para estas diferencias no se comprende bien. El Grupo expresó una gran inquietud acerca de la falta de documentación sobre algunos cálculos de MFCL.

¹ Se asumió que las estimaciones de $F/Frms$ y $SSB/SSBrms$ actuales tenían los mismos coeficientes de variación y la misma correlación que los estimados en el caso base de la evaluación de 2007. La incertidumbre en las ratios actuales se describió generando 1.000 números aleatorios a partir de una distribución normal de dos variables con medias [0,622, 1,041] y una matriz de covarianza:

$$\begin{bmatrix} 0.00732 & -0.00321 \\ -0.00321 & 0.009132 \end{bmatrix}$$

6.3 Modelo de síntesis de stock (*Stock Synthesis model*)

Como medio de evaluar aún más la incertidumbre en la evaluación de atún blanco del Atlántico norte de 2007, el SCRS/2009/099 construyó una alternativa a la evaluación de población de MFCL utilizando los mismos conjuntos de datos y supuestos pero con una plataforma de modelación diferente. El Stock Synthesis 3 (SS3), un modelo de evaluación integrado, fue ajustado a los mismos datos de entrada utilizados en la evaluación de MFCL. Se presentaban tres configuraciones: en la configuración 1, el SS3 estaba configurado lo más cerca posible del caso base de MFCL de la evaluación de 2007. El crecimiento, la mortalidad natural, los parámetros del ciclo vital y los valores de selectividad se fijaron en los valores de MFCL. Se permitió que la capturabilidad para cada flota variara de una forma similar a la de MFCL (es decir, desarrollo aleatorio). Las ponderaciones, el tamaño de las muestras efectivas y las distribuciones previas informativas se igualaron de la forma más cercana posible. Los parámetros estimados incluían el reclutamiento virgen, la inclinación, la mortalidad por pesca inicial en 1930, y la capturabilidad base para cada ensayo. La configuración 2 era idéntica a la configuración 1 excepto en que los parámetros de selectividad fueron modelados como una forma de la función (normal doble) y se permitió que se estimaran, pero con las mismas estipulaciones que la configuración de MFCL. La configuración 3 utilizaba (y estimaba) la selectividad basada en la talla sin estipulaciones, utilizaba todas las observaciones de talla por edad y asumía una capturabilidad constante dentro de una pesquería. Las tendencias de la biomasa del stock reproductor resultantes de la configuración 1 se correspondían razonablemente bien con las estimaciones de MFCL. Sin embargo, los modelos diferían considerablemente en las estimaciones de la biomasa inicial en 1930. La configuración 2 produjo selectividades considerablemente menores para los peces mayores (edad 5+) en las pesquerías de superficie. Esto provocó que el modelo SS3 estimara una biomasa global más elevada para la serie temporal, ya que una gran proporción de la población se estimó como no disponible para su captura en este caso. La configuración 3 produjo el mejor ajuste global a los datos, sin embargo, de las configuraciones probadas también era la más diferente al caso base del modelo MFCL.

Durante la reunión del grupo de evaluación se presentaron a la consideración del Grupo varias configuraciones adicionales de SS. De forma general, excepto por unos detalles relativamente menores, cada uno de los resultados de SS estaba razonablemente de acuerdo con los resultados del MFCL. Los modelos mostraron la mayor diferencia desde 1930 a 1960, cuando los datos eran escasos. Esto resultó especialmente cierto para las condiciones iniciales en 1930. La razón exacta para el desacuerdo en 1930 no fue totalmente resuelta, sin embargo, se observó que MFCL y SS usan diferentes métodos para calcular el punto de inicio del modelo. Debido a la importancia del agudo descenso en la SSB durante el periodo 1930-1960, y debido a que los únicos datos para introducir en el modelo durante ese periodo era información de la flota 2, se realizó un análisis de sensibilidad excluyendo los datos de CPUE de la flota 2. Aunque eliminar estos datos del modelo cambió la variación anual en la SSB durante ese periodo, no tuvo ningún efecto significativo sobre la tendencia global de la biomasa, lo que sugiere que no era la única fuente de influencia sobre esta tendencia observada.

El ensayo 4A y 4B del MFCL utilizaba una función de crecimiento fija del Manual de ICCAT (Bard, 1981) mientras que el SS intentaba utilizar observaciones directas de edad por talla para estimar la función dentro del proceso de integración del modelo. Se dispuso de un total de 2254 estimaciones de edad a partir de espinas procedentes de varias investigaciones de lectura de la edad. La mayoría de las muestras de edad procedían de la pesquería de cebo vivo española (flota 1) y una pequeña parte de de la flota de arrastre española/francesa (flota 2). A causa de la naturaleza de estas pesquerías, se estimó que el 90 por ciento de las muestras de espinas se encontraba entre las edades 1 y 5, y el 99 por ciento entre las edades 1 y 8. Aunque los resultados iniciales indicaban una falta de acuerdo entre las dos funciones de crecimiento diferentes, una investigación más en profundidad descubrió que esta era una conclusión poco fiable, debido principalmente a la falta de peces mayores en la muestra de edad. En esencia, se considera que la falta de peces mayores proporcionaba al modelo un medio de crear estimaciones no realistas de crecimiento para mejorar los ajustes a otros datos. La falta de datos sobre peces mayores permitió al modelo hacer esto sin una penalización significativa. Sin embargo, los datos sobre edad seguían siendo útiles para estimar la desviación estándar de la talla por edad para los peces más jóvenes, que se estimó en el 21%. Se concluyó que las investigaciones futuras deberían tratar de incrementar el número de muestras de edad de los peces mayores, supuestamente de las flotas de palangre.

Se intentaron varios ensayos para estimar la selectividad específica de la flota. La base para estos ensayos era que la agrupación actual podría ser demasiado restrictiva y que podría estar produciendo ajustes pobres a las composiciones de talla. Este tema se solucionó a través del modelo SS estimando una selectividad separada basada en la talla para cada una de las diez flotas. El resultado de esta exploración fue un tamaño del stock poco razonable que no mostraba virtualmente ninguna variación para toda la serie temporal. Era obvio que en ese momento no era razonable permitir que todos los parámetros de selectividad fueran estimados. El tiempo no permitió una exploración más en profundidad respecto a qué parámetros pudiera ser razonable fijar o forzar para

que proporcionaran estimaciones fiables. Sin embargo, se acordó que esta sigue siendo una ruta viable para continuar la exploración en el futuro.

La última configuración de SS considerada era una que integraba todos los datos estacionales en años. La base para este ensayo era que no sólo las asignaciones estacionales de captura eran quizá poco fiables en los primeros años, sino también que la división estacional de los datos producía una mayor escasez de datos. Los resultados del ensayo del modelo SS eran más optimistas que los ensayos previos; sin embargo, el tiempo disponible no permitió un mayor escrutinio de cualquiera de los diagnósticos de ajuste del modelo. Basándose en los criterios de convergencia, la falta de correlaciones entre variables y los diagnósticos de ajuste que fueron examinados, esta configuración del SS (que utilizaba datos anuales, crecimiento fijado, capturabilidad constante y selectividad basada en la talla) se consideró el modelo más parco con el mejor ajuste a los datos disponibles. Por lo tanto, se consideró como caso base del SS. Como el objetivo de este trabajo era continuar evaluando la incertidumbre en la evaluación de atún blanco, así como proporcionar una orientación en la selección del caso base, las posteriores comparaciones se centrarán en las comparaciones entre: (1) los ensayos que incluían los conjuntos de datos de 2009 y el antiguo ejecutable de MFCL (Ensayo 4A del MFCL); (2) los conjuntos de datos de 2009 y el nuevo ejecutable de MFCL (ensayo 4B del MFCL); y (3) y la configuración del caso base del SS.

Las estimaciones de la serie temporal de SSB a partir del caso base de SS fueron similares a las del caso base de MFCL (4B, **Figura 65**). Además, las estimaciones de SSB procedentes del nuevo ejecutable de MFCL eran más similares a las estimaciones de SS que las del antiguo ejecutable de MFCL en la forma en que intentaban representar un supuesto incremento en el evento de SSB a principios de los 60. Esto sugiere que las señales de los datos que fueron descubiertas en los nuevos conjuntos de datos tanto por el SS como por el nuevo MFCL no estaban siendo interpretadas de la misma manera por la versión anterior de MFCL. Tal y como lo percibía el nuevo modelo MFCL, y el modelo SS, pero no la versión antigua de MFCL, este aumento en la SSB se debía un evento de reclutamiento potencialmente fuerte (**Figura 66**). Dado que las limitaciones y supuestos del nuevo MFCL eran exactamente las mismas que las de la versión anterior, este patrón muestra esencialmente el “efecto versión” del nuevo modelo MFCL. Las estimaciones de la mortalidad por pesca eran también bastante similares entre las tres configuraciones del modelo (**Figura 67**). Los tres modelos muestran una variabilidad de año en año y una magnitud global muy similares. Asimismo, es interesante señalar el gran acuerdo entre los tres modelos respecto a la estimación de la mortalidad por pesca en 2009.

Una de las diferencias más significativas entre las estructuras de los modelos MFCL y SS es la forma en que la selectividad por edad se deriva a partir de las estimaciones del modelo de la selectividad por talla. El MFCL realiza la selectividad por talla calculando la selectividad por edad como una función de la talla por edad media. Esto hace que sea difícil deseleccionar a los peces muy grandes o muy pequeños. El SS realiza la selectividad basada en la talla más directamente, pero calcula la selectividad media de la edad a partir de la selectividad por talla con el fin de hacer las mortalidades por pesca de la edad. La **Figura 68** muestra las selectividades basadas en la edad condicionadas por la talla estimadas por SS. En esencia, estas se derivan multiplicando la selectividad estimada para una talla determinada por la probabilidad de que un pez de esa talla sea de una determinada edad. De esta forma, es posible disponer de una selectividad basada en la edad condicionada por la talla en una determinada edad que sea inferior a 1,0, tal y como muestra la **Figura 68**.

Aunque las estimaciones del tamaño del stock entre los modelos 4B del MFCL y el SS eran muy similares, y las estimaciones de la inclinación de la curva de reclutamiento del stock era virtualmente idénticas ($h = 0,87$), las estimaciones resultantes del rendimiento en RMS para el 4B de MFCL (RMS = 29.000 t) y SS (RMS = 39.220 t) eran bastante diferentes. La diferencia en el rendimiento en RMS era por tanto una función de las diferencias en las estimaciones de la selectividad del arte de toda la flota y total (tal y como se derivaba de las mortalidades por pesca agregadas para todas las flotas, **Figura 69**).

La diferencia en las estimaciones de RMS entre MFCL y SS produjo diferencias en la situación percibida del stock. Aunque las estimaciones de B/Brms eran ligeramente más optimistas que las de MFCL (**Figura 70**), la población estimada por SS empezaba en nivel más alto y por tanto terminaba más mermada. Asimismo, las estimaciones de F/Brms eran más optimistas a partir del modelo SS (**Figura 71**). Como se ha indicado anteriormente, esto se debe principalmente a las diferencias en las selectividades estimadas. Sin embargo, sin estimaciones fiables de crecimiento y un mayor muestreo de los peces mayores, la selectividad sobre estos peces seguirá siendo muy incierta, independientemente de la plataforma de modelación utilizada.

En conjunto, la evaluación del mismo conjunto de datos utilizando las dos plataformas diferentes de modelación (MFCL y SS), junto con el hecho de que ambas lleguen a algunos resultados similares, proporciona algunas pruebas de que los cambios hechos a la nueva versión de MFCL pueden ser, de hecho, una mejora en lugar de

únicamente un cambio. Esta conclusión respalda aún más la opción de continuar con el modelo 4B de MFCL como caso base del modelo para el atún blanco del Norte. Las diferencias observadas parecen explicarse principalmente por las diferencias en la selectividad del arte, que son más pronunciadas para la edad 5 y mayores. Estas diferencias, probablemente, sean resultado de (1) la forma en que las dos plataformas calculan la selectividad basada en la edad a partir de la selectividad estimada basada en la talla; (2) el hecho de que el MFCL forzó las selectividades para las edades 10-15 para que todas fueran iguales.; y (3) el MFCL forzó a la flota 4 y a las flotas de palangre a tener patrones de selectividad asintóticos. El caso base del modelo SS no aplicó ninguna de estas limitaciones. No hay datos suficientes para determinar objetivamente con certeza cuál de las estimaciones de selectividad podría ser de hecho más correcta. Al igual que con el modelo de crecimiento, la muestra de edad de los peces mayores podría ser útil para facilitar mejores estimaciones de selectividad sobre las edades mayores así como mejores estimaciones de crecimiento.

7 Proyecciones

7.1 VPA-2BOX

Las proyecciones se llevaron a cabo utilizando 500 bootstraps. Las proyecciones se realizaron manteniendo el nivel de captura actual de 30.200 t para los años 2008 y 2009 y proyectando para los años 2010-2050 una captura constante de 36.000 t, 34.000 t, 32.000 t, 30.000 t, 28.000 t, 26.000 t, 24.000 t, 22.000 t, y 20.000 t. Se asumió que el reclutamiento futuro seguía una SRR de Beverton-Holt estimada a partir de los resultados específicos del bootstrap del VPA utilizando el stock reproductor y las estimaciones de reclutamiento del VPA. Se utilizó un supuesto respecto a los tres últimos años de estimaciones de reclutamiento del VPA. Dado a que las estimaciones de la fuerza de la clase anual para el periodo más reciente de los datos de CAA son consideradas demasiado poco fiables para utilizarlas en proyecciones futuras, fueron sustituidas por valores derivados de la SRR utilizada para las proyecciones.

Los resultados de las proyecciones del VPA mostraban incoherencias al compararlos con las proyecciones hechas por MFCL. El Grupo no pudo identificar la fuente de dichas diferencias y decidió que era necesario trabajar más en este tema.

7.2 Multifan-CL

El tiempo disponible no permitió realizar proyecciones con el software de MULTIFAN-CL. En su lugar, el grupo hizo proyecciones basadas en las estimaciones obtenidas con el caso bases (ensayo 4B). Se hicieron dos grupos de proyecciones: una prediciendo determinísticamente el reclutamiento futuro (2008-2020) a partir de la relación estimada Beverton-Holt; la otra asumiendo un reclutamiento constante al mismo nivel predicho para 2008 (8689423 reclutas). Las proyecciones asumían una captura de 30.200 t en 2008 y 2009. A partir de entonces, se proyectaron capturas en un rango entre 20.000 t y 36.000 t.

Los resultados de los dos conjuntos de proyecciones se muestran en la **Figura 72**. Los resultados son cualitativamente similares, aunque el conjunto que utilizaba una relación stock-reclutamiento cubre un rango más amplio de resultados (panel superior de la figura): los escenarios de captura baja permiten una recuperación algo más rápida y los escenarios de captura elevada producen una merma más rápida que las proyecciones de reclutamiento constante.

Ambos grupos de proyecciones sugieren que capturas del orden de 24.000 t o menores permitirían que el stock alcanzara SSB_{rms} en o antes de 2020. Debido a los cambios recientes en el tamaño estimado del stock, se espera que la SSB aumente inicialmente y luego disminuya hasta 2012 en distinto grado dependiendo del nivel de captura. A partir de ahí, se espera que un TAC que supere las 28.000 t provocará que la biomasa del stock reproductor descienda aún más.

8 Recomendaciones

8.1 Investigación y estadísticas

- Observando que los datos de determinación directa de la edad pueden facilitar una base mejor para evaluar la situación del stock, basándose en la utilización de los datos disponibles de determinación de la edad para el atún blanco del Atlántico norte en esta evaluación, el Grupo recomienda la validación de

los métodos de determinación de la edad aplicados a la lectura de espinas dorsales entre los laboratorios y los lectores. Se propone la verificación cruzada de la determinación de la edad a través de una red entre los diferentes laboratorios.

- Basándose en las diferencias entre los resultados del MFCL y el SS, que son en su mayoría atribuibles a la incertidumbre en la selectividad de los peces mayores, se recomienda obtener muestras aleatorias de la pesquería centrándose especialmente en las pesquerías de palangre (peces adultos > 90 cm FL) para usarlas en la determinación de la composición por edades de las capturas de atún blanco.
- El grupo ha avanzado en años recientes hacia la realización de las evaluaciones de stock con Multifan-CL, un modelo estadístico integrado. Sin embargo, el software no está lo suficientemente documentado ya que es un proyecto en marcha que no está plenamente actualizado. Por lo tanto, es difícil para los usuarios comunes extraer piezas clave de información. Además, el Grupo descubrió que las diferentes versiones del software producen resultados algo diferentes. Se recomienda que la Secretaría se ponga en contacto con los responsables del software para ver si esta situación puede remediarse. Si no es así, el Grupo podría considerar cambiar a diferentes plataformas.
- En la construcción de la captura por edad a partir de los datos de captura por talla utilizando diferentes metodologías se han descubierto varios problemas, especialmente teniendo en cuenta el número de edades estimado a partir de la composición por tallas. El grupo recomienda investigar y resolver estos problemas antes de la próxima evaluación del stock de atún blanco del Atlántico norte.
- Son necesarios estudios sobre fecundidad y madurez del atún blanco del Norte para estimar mejor la biomasa del stock reproductor.
- Los datos de marcado obtenidos en los programas de marcado de atún blanco en el Atlántico norte se han utilizado provisionalmente en esta evaluación. Son necesarios más esfuerzos para realizar controles de calidad de los datos de marcado y contrastar la información almacenada en la base de datos de ICCAT con la de los científicos nacionales.
- Deberían iniciarse y fomentarse programas de marcado para los stocks de atún blanco del Atlántico para mejorar las estimaciones de la tasa de explotación del atún blanco del Norte. Tanto de marcas convencionales como electrónicas.
- El Grupo volvió a resaltar la necesidad de contar con mejores datos de talla (Tarea II) para las pesquerías de palangre, en cuadrículas de 5x5°. La escasez de muestras de atún blanco adulto limita la precisión de los análisis que el Grupo puede llevar a cabo. Asimismo, son necesarios mejores datos de talla de las pesquerías de superficie (en cuadrículas de 1x1°).
- El Grupo recomendó el desarrollo de series de CPUE estandarizada para todas las grandes flotas que explotan el stock de atún blanco del Atlántico norte. Además, se recomienda consignar en el registro de datos de Tarea II de ICCAT los datos de captura y esfuerzo de alta resolución utilizados para la estandarización.
- El Grupo recomendó continuar la investigación sobre la modelación de los stocks de atún blanco del Norte con modelos estadísticas para utilizarlos en futuras evaluaciones.

8.2 Ordenación

Atlántico norte

El total admisible de captura (TAC) para el stock de atún blanco del Norte durante 2007 era de 34.500 t, y desde entonces ha sido de 30.200 t. El Grupo de trabajo indicó que las capturas declaradas para 2005 y 2006 eran superiores al TAC y que la captura de 2007 (22.000 t) estaba muy por debajo del TAC.

Las proyecciones indicaban que el stock del Norte no se recuperaría hasta el objetivo del Convenio si los niveles de captura futuros eran de 28.000 t o más. Si una clase anual fuerte entra en la pesquería, algo incierto, el stock podría recuperarse con capturas de 28.000 t, pero si entran en la pesquería clases anuales débiles se requerirían capturas menores para fomentar la recuperación. En 2007, la Comisión implementó la [Rec. 07-02] que reducía el TAC hasta 30.200 t en 2008 y 2009. La evaluación actual indica que el TAC futuro debería ser inferior a 28.000 t para fomentar la recuperación del stock. Niveles menores de captura propiciarían una recuperación más rápida.

9 Otros asuntos

No se discutieron otros asuntos.

10 Adopción del informe y clausura

El informe fue adoptado y la reunión clausurada.

Bibliografía

- 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 ICCAT Albacore Stock Assessment Session (Madrid, Spain, July 5 to 12, 2007). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(3): 607-815.
- Bard, F.X., 1977. Commentaires sur l'état du stock de germon (*Thunnus alalunga*) nord Atlantique. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 6(2): 215-232.
- Bard, F.X., 1981. Le thon germon (*Thunnus alalunga*) de l'Océan Atlantique. PhD Thesis presented at the University of Paris, 333 p.
- Butterworth, D.S., Germon, H.F., 1999. Some aspects of Adapt VPA as applied to North Atlantic bluefin tuna. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49(2): 233-241.
- Chen, S. and Watanabe, S., 1989. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish, 55(2): 205-208.
- Cosgrove, R., 2009. Standardised catch rates of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) from the Irish mid-water paired trawl fleet 1998-2007. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 64(3): 1337-1342.
- ICCAT Manual. Chapter 2. Albacore. <http://www.iccat.int/en/ICCATManual.htm>
- Kimura, D.K. and Chikuni, S., 1987 Mixtures of empirical distributions: an iterative application of the age-length key. *Biometrics* 43: 23-35.
- Ortiz de Zárate, V. and Ortiz de Urbina, J.M., 2009. Updated standardized age-specific catch rates for albacore, *Thunnus alalunga*, from the Spanish troll fishery in the northeast Atlantic: 1981 to 2007. Collect. Vol. Sci. Pap. 64(4): 1306-1316.
- Punt A.E., Butterworth D.S., Penney, A.J. and Leslie, R.W., 1997. Further development of stock assessment and risk analysis methods for the South Atlantic population of albacore (*Thunnus alalunga*). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 46(3): 138-147.
- Santiago, J., 1993. A new length-weight relationship for the North Atlantic albacore. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 40(2): 316-319.
- Santiago, J., 2004. Dinámica de la población de atún blanco (*Thunnus alalunga*, Bonaterre 1788) del Atlántico Norte. Tesis Doctoral, Univ. País Vasco, 354 pp.
- Uosaki, K. and Shono, H., 2008. Standardized CPUE for albacore using lognormal and negative binomial models for the Japanese longline in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(3): 911-933.

TABLAS

Tabla 1. Mortalidad natural por edad estimada utilizando el enfoque de Chen y Watanabe (1988) para las edades 1 a 15 de acuerdo con los parámetros de crecimiento derivados del modelo de Bard. Los valores de las edades 11 a 15 se fijaron en el valor predicho para el grupo de más edad que 11.

Tabla 2. Eventos provisionales de marcado y liberaciones y recapturas asociadas de atún blanco consideradas en el análisis.

Tabla 3. Capturas del stock de atún blanco del Norte de Tarea I por pabellón y año (1930 a 2007).

Tabla 4. Pesquerías de atún blanco del Atlántico norte definidas para su utilización en Multifan-CL.

Tabla 5. Stock de atún blanco del Atlántico norte: capturas (t) de CATDIS y Tarea I por pesquería y año.

Tabla 6. Números de la serie de frecuencia de tallas utilizada en Multifan-CL tras la selección.

Tabla 7. Captura por talla de atún blanco del Norte.

Tabla 8. Tallas por edad medias trimestrales y desviaciones estándar utilizadas para generar las distribuciones de talla por edad para Kimura Chikuni (edades 0 a 15).

Tabla 9. Captura por edad total estimada utilizando el método Kimura Chikuni con distribuciones de talla por edad para las edades 0 a 15.

Tabla 10. CPUE anual estandarizada para el atún blanco del Atlántico norte utilizada para ajustar el modelo VPA-ADAPT para evaluar el stock septentrional.

Tabla 11. Serie de CPUE estandarizada por pesquería para el atún blanco del Atlántico norte para utilizar en el modelo Multifan-CL.

Tabla 12. Elementos de referencia estimados utilizando el modelo VPA para tres ratios de F diferentes.

Tabla 13. Series de captura (t) por pesquería, año y trimestre utilizadas en Multifan CL.

Tabla 14. Series de esfuerzo estandarizado por pesquería, año y trimestre utilizadas en Multifan-CL.

Tabla 15. Ensayos de MFCL para la evaluación de atún blanco del Atlántico norte de 2007 (el texto resaltado en amarillo indica modelos que fueron descartados).

FIGURAS

Figura 1. Definición de los límites del stock de atún blanco del Atlántico.

Figura 2. Mortalidad natural por edad estimada utilizando el enfoque de Chen y Watanabe (1988) para las edades 1 a 15 de acuerdo con los parámetros de crecimiento derivados del modelo de Bard. Los valores de las edades 11 a 15 fueron fijados en el valor predicho para el grupo de más edad que 11.

Figura 3. Mapas que muestran las liberaciones (superior) y recuperaciones (inferior) de atún blanco.

Figura 4. Capturas de Tarea I de atún blanco del Norte por arte principal y año.

Figura 5. Distribución geográfica de la captura de atún blanco por artes principales y década.

Figura 6. Stock de atún blanco del Norte: capturas acumulativas de Tarea I/CATDIS por pesquería y año.

Figura 7. Medias de las series de frecuencia de tallas de atún blanco (eje izquierdo: número de peces a la izquierda, eje derecho: percentiles de intervalos de clases de talla del 10%, 50% y 90%) en cada pesquería antes de la selección.

Figura 8. Medias de las series de frecuencia de tallas de atún blanco (eje izquierdo: número de peces a la izquierda, eje derecho: percentiles de intervalos de clases de talla del 10%, 50% y 90%) en cada pesquería después de la selección.

Figura 9. Medias de las series de frecuencia de tallas del stock de atún blanco del Norte (eje izquierdo: número de peces a la izquierda, eje derecho: percentiles de intervalos de clases de talla del 10%, 50% y 90%) por pesquería, antes (panel izquierdo) y después (panel derecho) de la selección en cada pesquería. Las series descartadas en cada pesquería se muestran como número negativo (-1000) en el panel derecho.

Figura 10. Histogramas de distribuciones de frecuencias de tallas por pesquería y año utilizados en Multifan CL (después de la selección).

Figura 11. Porcentaje de registros de captura asignados a cada categoría de esfuerzo (pescando el 40%, 60% o 100% del día) por año para los datos franceses de atún blanco de Tarea II desde 1967 a 1993.

Figura 12. Serie de CPUE nominal preliminar para los datos franceses de atún blanco de Tarea II desde 1967 a 1993.

Figura 13. Captura por talla global de atún blanco del Atlántico norte, por año y en clases de talla de 2 cm (límite inferior). La primera y última clase son los grupos minus y plus.

Figura 14. Pesos medios estimados de la CAS del atún blanco del Norte (totales y por pesquería principal).

Figura 15. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para el palangre, superficie (GN, BB, TR y TW) y otras pesquerías, todos los años de la base de datos combinados.

Figura 16. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para las distribuciones de talla de la captura por talla del palangre japonés para 1992-1996.

Figura 17. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para las distribuciones de talla de la captura por talla del palangre japonés para 1997-2001.

Figura 18. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para las distribuciones de talla de la captura por talla del palangre japonés para 2002-2005.

Figura 19. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para el palangre de Taipei Chino entre 1996 y 2000.

Figura 20. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para el palangre de Taipei Chino entre 2001 y 2005.

Figura 21. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para el palangre de Estados Unidos para 2004 y 2005.

Figura 22. Comparación entre la captura por talla del atún blanco de la base de datos de ICCAT en 2007 y 2009 para un cambio en la captura por talla para BB, TR y TW en 1975, 1985, 1990, 2000 y 2005.

Figura 23. Comparación entre la captura por talla de atún blanco de 2007 y 1975, utilizando la base de datos de 2009, para el palangre, superficie (GN, BB, TR y TW) y todos los demás artes.

Figura 24. Comparación entre palangre, utilizando la base de datos de 2009, superficie, y todos los demás artes para 1975 y 2007.

Figura 25. Captura por edad utilizando la última captura por edad y Kimura y Chikuni (tallas por edad para las edades 1 a 8 (arriba), edades 0-1 a 8+ (medio) y 0 a 15 (abajo)).

Figura 26. Comparación de las proporciones de captura por edad por flota, utilizando la última captura por edad y Kimura y Chikuni (tallas por edad para las edades 1 a 8, edades 0-1 a 8+ y edades 0 a 15). Primera fila = curricán francés; segunda fila = palangre japonés; tercera fila = palangre de Taipei Chino; cuarta fila = palangre estadounidense).

Figura 27. Efecto de las matrices alternativas de CAA sobre la SSB (arriba) y el reclutamiento (abajo), dentro de un ensayo de VPA que considera un grupo de edad 8+.

Figura 28. Efecto de las matrices alternativas de CAA sobre las tasas de mortalidad por pesca.

Figura 29. Efecto de las matrices alternativas de CAA sobre el vector de selectividad promediado de los 3 últimos años (arriba) y la tasa de mortalidad por pesca apical (abajo).

Figura 30. Efecto de las matrices alternativas de CAA sobre la SSB (arriba) y el reclutamiento (abajo), dentro de un VPA que considera un grupo de edad 6+.

Figura 31. Efecto de las matrices alternativas de CAA sobre las tasas de mortalidad por pesca, en un VPA con un grupo plus 6+.

Figura 32. Efecto de las matrices alternativas de CAA sobre el vector de selectividad promediado de los 3 últimos años (arriba) y la tasa de mortalidad por pesca apical (abajo) en un VPA con un grupo de edad 6+.

Figura 33. Proporciones de captura relativa en un año para la captura por edad utilizada en los ensayos de ADAPT-VPA y la estimada por Multifan-CL en el ensayo 4B.

Figura 34. Proporciones de captura relativa en una edad para la captura por edad utilizada en los ensayos de

ADAPT-VPA y la estimada por Multifan-CL en el ensayo 4B.

Figura 35. Proporciones de captura estandarizada en una edad para la captura por edad utilizada en los ensayos de ADAPT-VPA y la estimada por Multifan-CL en el ensayo 4B.

Figura 36. Curvas de captura logarítmicas por edad para la captura por edad utilizada en los ensayos de ADAPT-VPA y la estimada por Multifan-CL en el ensayo 4B.

Figura 37. Curvas de captura logarítmicas por año para la captura por edad utilizada en los ensayos de ADAPT-VPA y la estimada por Multifan-CL en el ensayo 4B.

Figura 38. CPUE anuales estandarizadas para el atún blanco del Atlántico norte utilizadas para ajustar el modelo VPA-ADAPT para evaluar el stock del Norte.

Figura 39. CPUE estandarizadas por pesquería para el atún blanco del Atlántico norte utilizadas para ajustar el modelo Multifan-CL.

Figura 40. Ajustes del modelo VPA (líneas) a los índices de abundancia observados (cuadrados azules). Las tres líneas de cada gráfica corresponden a las 4 ratios de F diferentes utilizadas (véase el texto para más detalles). Los ensayos de VPA se realizaron con un grupo de edad 8+.

Figura 41. SSB estimada por el modelo de VPA durante la evaluación de stock de 2007 (línea azul) y ensayo inicial del VPA de la evaluación de 2009 (línea roja).

Figura 42. F relativa (F/F_{RMS}) y SSB relativa (SSB/SSB_{RMS}) estimadas por el modelo VPA utilizando un grupo de edad 8 plus y para 4 ratios de F diferentes (véase el texto para más detalles).

Figura 43. Ajustes del modelo VPA (líneas) a los índices de abundancia observados (cuadrados azules). Las tres líneas de cada gráfica corresponden a las 3 ratios de F diferentes utilizadas (véase el texto para más detalles). Los ensayos de VPA se realizaron con un grupo de edad 6+.

Figura 44. F relativa (F/F_{RMS}) y SSB relativa (SSB/SSB_{RMS}) estimadas por el modelo VPA utilizando un grupo de edad 6 plus y para 3 ratios de F diferentes (véase el texto para más detalles).

Figura 45. SSB, reclutas y F apical estimados a partir de 500 bootstraps de VPA para tres ratios de F diferentes (véase el texto para más detalles sobre las ratios de F). La F apical terminal (año 2007) fue estimada como la media geométrica de F para los años 2004, 2005 y 2006.

Figura 46. Diagramas de fase estimados utilizando 500 bootstraps para ratios de F de 0,5, 1,0 y 2,0 y un diagrama combinado con resultados de los ensayos de ratios de F 0,5 y 1,0. El punto rojo corresponde al valor estimado de la mediana. F_{actual} fue estimada como la media geométrica de la F apical para los años 2004, 2005 y 2006. El “6+” en cada gráfica indica el grupo de edad plus utilizado en el modelo de VPA.

Figura 47. Porcentaje de los resultados de los 500 bootstraps que indican que el estado actual del stock era de sobrepescado y sufriendo sobrepesca (zona roja), ni sobrepescado ni sufriendo sobrepesca (zona verde) y, o bien sobrepescado o sufriendo sobrepesca (zona amarilla).

Figura 48. Trayectorias de la situación del stock para el periodo 1975-2007 estimadas utilizando 500 bootstraps para ratios de F de 0,5, 1,0 y 2,0 y un diagrama combinado con los resultados de los ensayos de la ratio de F 0,5, y 1,0. Los puntos amarillos indican el inicio y final de la serie temporal. La F relativa para el año terminal se estimó como la media geométrica de los años 2004, 2005 y 2006.

Figura 49. Datos de captura por pesquería utilizados en Multifan CL (ceCatch.jpeg).

Figura 50. Datos de esfuerzo por pesquería utilizados en Multifan CL (ceEffort.jpeg).

Figura 51. Estimaciones de la biomasa reproductora relativa obtenida en 4 ensayos diferentes del modelo Multifan CL para el stock de atún blanco del Atlántico norte.

Figura 52. Estimaciones de mortalidad por pesca relativa obtenida en 4 opciones diferentes de modelación de Multifan CL para el stock de atún blanco del Atlántico norte.

Figura 53. Estimaciones de reclutamiento obtenidas con 4 ensayos diferentes del modelo Multifan CL del stock de atún blanco del Atlántico norte.

Figura 54. Patrones de selectividad estimados para las 10 pesquerías utilizadas en el modelo 4B de Multifan CL para el stock de atún blanco del Atlántico norte.

Figura 55. Desviaciones de esfuerzo para las diversas pesquerías modeladas por Multifan CL en el modelo 4B en el stock de atún blanco del Atlántico norte.

Figura 56. Trayectoria de la mortalidad por pesca relativa y la SSB relativa para el atún blanco del Norte, 1930-2007, utilizando el modelo 4B. La X roja marca el punto 2007.

Figura 57. Incertidumbre en la situación actual del stock para el atún blanco del Norte, estimada a partir del caso base del modelo Multifan. La X representa las estimaciones actuales (2007) de ratios de mortalidad por pesca y biomasa reproductora y los puntos dispersos representan la incertidumbre en esta estimación.

Figura 58. Trayectoria de la mortalidad por pesca relativa y la SSB relativa, por década, utilizando el modelo 4B para el stock del Atlántico norte.

Figura 59. Relación estimada stock-reclutamiento para el atún blanco del Norte utilizando el modelo 4B.

Figura 60. Cambios estimados en el RMS (mil toneladas) para el atún blanco del Norte, basados en cambios en la selectividad total, utilizando una hoja de cálculo.

Figura 61. Comparación entre SSB/SSB_{rms} , F/F_{rms} y el diagrama de Kobe entre el ensayo 4B de Multifan y los cálculos en equilibrio llevados a cabo en el Grupo de trabajo (véase el texto para más detalles).

Figura 62. SSB/SSB_{rms} estimada por año para el caso base de 2005 (76), el ensayo de continuidad de 2007 (4B) y el ensayo de continuidad de 2007 utilizando el ejecutable del antiguo MFCL (4A).

Figura 63. F/F_{rms} estimada por año para el caso base de 2005 (76), el ensayo de continuidad de 2007 (4B) y el ensayo de continuidad de 2007 utilizando el ejecutable del antiguo MFCL (4A).

Figura 64. Biomasa estimada por año para el caso base de 2005 (76), el ensayo de continuidad de 2007 (4B) y el ensayo de continuidad de 2007 utilizando el ejecutable del antiguo MFCL (4A).

Figura 65. Serie temporal de estimaciones de SSB a partir de la antigua versión de MFCL y de la nueva versión, utilizando ambos los datos nuevos, y de SS, 1930-2009.

Figura 66. Serie temporal de estimaciones de reclutamiento a partir de la antigua versión de MFCL y de la nueva versión, utilizando ambos los datos nuevos, y de SS, 1930-2009.

Figura 67. Serie temporal de estimaciones de mortalidad por pesca a partir de la antigua versión de MFCL y de la nueva versión, utilizando ambos los datos nuevos, y de SS, 1930-2009.

Figura 68. Selectividad basada en la edad condicionada por la talla para todas las flotas estimadas por el caso base del modelo SS. Los valores se expresan en relación con el máximo global.

Figura 69. Estimaciones estandarizadas de mortalidades por pesca parciales promediadas a partir de 2005-2009 estimadas por los ensayos 4A y 4B de Multifan y SS.

Figura 70. Estimaciones de B/B_{rms} a partir de los ensayos 4A y 4B de Multifan y SS.

Figura 71. Estimaciones de F/F_{rms} a partir de los ensayos 4A y 4B de Multifan y SS.

Figura 72. Proyecciones deterministas para el atún blanco del Atlántico norte basadas en el ensayo del caso base de MFCL. Se muestra el nivel proyectado SSB/SSB_{rms} para diferentes escenarios de captura constante que oscilan entre 20.000 y 36.000 t. Arriba: asumiendo una relación stock-reclutamiento. Abajo: asumiendo un reclutamiento constante en el futuro.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día

Apéndice 2. Lista de participantes

Apéndice 3. Lista de documentos