

INFORME DE LA REUNIÓN DE PREPARACIÓN DE DATOS DE ATÚN ROJO DE ICCAT DE 2015

(Madrid, España, 2-6 de marzo de 2015)

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

La reunión se celebró en la Secretaría de ICCAT, en Madrid, del 2 al 6 de marzo de 2015. El Sr. Driss Meski, Secretario Ejecutivo de ICCAT, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes ("El Grupo").

Los Drs. Clay Porch (Estados Unidos) y Sylvain Bohommeau (UE-Francia), relatores, respectivamente, de los stocks del Atlántico occidental y del Atlántico oriental y Mediterráneo, copresidieron la reunión. Los Presidentes dieron la bienvenida a los participantes y procedieron a revisar el orden del día, que fue adoptado con algunos pequeños cambios (**Apéndice 1**).

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

<i>Sección</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1 y 11	P. Pallarés
Punto 2	E. Rodríguez-Marín, A. Hanke, J. M. Ortiz de Urbina, A. Boustany y J. Walter
Punto 3	C. Palma y M. Ortiz
Punto 4	C. Palma
Punto 5	M. Ortiz, S. Deguara, E. Rodríguez-Marín, M. Neves Santos y C. Palma
Punto 6	M. Lauretta
Punto 7	J. M. Ortiz de Urbina y A. Kimoto
Punto 8	J. Walter y E. Rodríguez-Marín
Punto 9	C. Porch y S. Bonhommeau
Punto 10	M. Ortiz, A. Kimoto, L. Kell, C. Porch y M. Lauretta

2 Examen de la información nueva e histórica sobre biología y estructura del stock

El Grupo examinó los documentos presentados a la reunión de 2015 de preparación de datos sobre atún rojo del Atlántico relacionados con la biología del atún rojo y la estructura del stock.

2.1 Examen de los progresos alcanzados en el desarrollo de las claves edad-talla

Se presentaron dos documentos en esta sección relacionados con la determinación directa de la edad del atún rojo del Atlántico a partir de otolitos. SCRS/2015/040 y SCRS/2015/046. El primer documento presentaba una clave edad-talla (ALK) para stock del Atlántico este y Mediterráneo utilizando muestras de tres años (2010 a 2012) y siguiendo el criterio de lectura recientemente estandarizado. No se utilizaron estimaciones fraccionarias de la edad y las estimaciones de la edad se asignaron basándose en el recuento de anillos porque la formación mensual del tipo de borde, translúcido u opaco, no era concluyente y no permitía establecer un patrón de formación anual. Los autores concluyeron que reunir los datos de 2010 a 2012 mejoró el rango de tallas y la cobertura de muestreo mensual, aunque no aumentó la variabilidad de la ALK en la talla por edad. El intervalo de confianza de la ALK, definido como la talla media por edad más/menos la desviación estándar de la media, incluía las funciones de crecimiento actualmente adoptadas por ICCAT para ambos stocks de atún rojo.

Se plantearon algunas cuestiones respecto a ampliar el muestreo y a la falta de representatividad de las principales pesquerías, como el cerco. Se indicó que se había adoptado un muestreo estratificado por tallas y un muestreo mensual debido a limitaciones de tiempo en las fases anuales del proyecto de muestreo biológico y a la necesidad de compartir muestras para los análisis de la estructura del stock, que es el principal objetivo del proyecto de muestreo biológico. Se recomendó mejorar la coordinación con el GBYP para aumentar el muestreo (más datos de cerqueros) y para mejorar la utilización de las muestras recopiladas para otros fines. Se discutió el efecto de las ALK plurianuales y su capacidad para hacer un seguimiento de las cohortes en el tiempo. El Grupo indicó que la ALK predecía una edad más joven que el actual modelo de crecimiento después de

aproximadamente la edad 7. Se observó también que hay métodos disponibles para tratar las ALK que son incompletas.

El documento SCRS/2015/046 presentaba las ALK de las pesquerías canadienses de 2010 a 2013 basadas en la determinación directa de la edad a partir de otolitos. La asignación de edad basada en invertir la actual curva de crecimiento de Restrepo *et al.* (2010) se comparaba con una clave edad-talla desarrollada a partir de datos combinados. La asignación de edad se comparaba también entre las claves anuales y una clave plurianual. La clave ALK plurianual producía edades más jóvenes en una talla particular que el modelo de crecimiento y la diferencia aumentaba al aumentar la talla de los peces después de aproximadamente la edad 10. Las ALK anuales eran coherentes con la clave plurianual basándose en pruebas de simetría.

El Grupo destacó la necesidad de claves anuales y advirtió del posible sesgo introducido por las diferentes pesquerías. Se recomendó repetir los análisis incluyendo peces de menos de 180 cm SFL. El Grupo observó que el enfoque actual que se utiliza para convertir la talla en edad es una forma de separación de cohortes (programa AGEIT) y no simplemente una inversión de la curva de crecimiento, por tanto, sería apropiado comparar las asignaciones de edad de la clave edad-talla con las obtenidas utilizando el programa AGEIT. Se confió a un pequeño grupo el establecimiento de los protocolos para incorporar una ALK en el VPA.

2.2 Examen de los progresos en los estudios sobre el ciclo vital, como por ejemplo, los calendarios de fecundidad

El Grupo consideró un documento recientemente publicado por Heinisch *et al.* (2014) que concluía que el atún rojo occidental madura a edades más jóvenes (100% maduros a la edad 5) que lo que se asumía actualmente en la evaluación de stock (100% maduros a la edad 9). Se expresaron inquietudes respecto a que el criterio endocrino (FSH/LH) utilizado para determinar la madurez era subjetivo, especialmente porque la base principal para asumir que las clases de talla 135-185 cm eran maduras era una diferencia no significativa entre niveles para los peces *asumidos* como maduros >185. Principalmente, dado que no se sabe que todos los peces >185 sean maduros y otros análisis han sugerido una talla de madurez incluso mayor (resultados de marcado electrónico (SCRS/P/2015/011) y análisis de frecuencias de tallas (Díaz, 2011)), se consideró prematuro basar un supuesto de madurez en diferencias no significativas entre muestras asumidas como maduras. Una comparación más definitiva sería con peces que se sabe que son maduros (desovando en el golfo de México), en cuyo caso, los valores FSH/LH serían mucho menores (por debajo de la detección) que para cualquiera de las categorías de tallas de peces supuestamente maduros pero no reproductores.

Se plantearon también inquietudes respecto a que el tamaño de la muestra (17 peces) utilizado para concluir la madurez en las tallas 135-185 cm CLF era bastante pequeño y respecto a la posibilidad de que algunos (o todos) de estos peces fueran originarios del este. Sin embargo, los autores mencionaron que era poco probable que todos los peces fueran originarios del este. Se consideró poco afortunado no disponer de otolitos para una identificación definitiva del stock, aunque si se sigue disponiendo de muestras de tejido, métodos genéticos (SCRS/P/2015/007) o de organoclorina (Dickhut *et al.* 2009) podrían aportar información sobre el stock de origen.

Por último, el Grupo expresó su opinión de que la madurez no siempre refleja la cantidad de contribución reproductiva. La medida deseada de fecundidad para la evaluación de stock es la contribución reproductiva por edad real y las aproximaciones actuales utilizadas para los stocks del este y del oeste (peso por edad x madurez por edad) podrían no reflejarlo con precisión. En este caso, es necesario considerar, entre otras cosas, la parte de la población por edad que realmente contribuye a la reproducción. Una preocupación recurrente es que la edad de madurez estimada a partir de peces en las zonas de desove podría no reflejar la contribución reproductiva por edad de toda la población.

Se observó que ha habido varias publicaciones recientes relacionadas con la contribución reproductiva, como la fecundidad por lote, la fecundidad relativa por talla y la frecuencia de desove, que sería útil considerar y también que la reunión sobre parámetros biológicos celebrada en Tenerife (Anon. 2014) examinó la reproducción del atún rojo exhaustivamente. En particular, algunos trabajos útiles incluyen documentos de Correia *et al.* (2005), Medina *et al.* (2007), Zupa *et al.* (2009), Piccinetti (2012), Aranda *et al.* (2013a y b) y Knapp *et al.* (2014). Rodríguez-Roda (1967) se incluye en las referencias históricas útiles. Considerando esto, el Grupo discutió los supuestos de edad de madurez para el atún rojo del este (50% a edad 4, 100% a edad 5) y consideró que merecía la pena reconsiderar los supuestos sobre el este y el oeste relacionados con la contribución reproductiva por edad realizada. El Grupo consideró que esta tarea podría realizarse en forma de análisis de frecuencia de tallas de los peces capturados en las zonas de desove similares a los análisis presentados en Díaz (2011), de la nueva

información recogida del mercado electrónico y de la comparación en paralelo de las medidas disponibles de los resultados reproductivos para el atún rojo del este y el oeste (fecundidad por talla relativa, fecundidad por lote, periodicidad de desove, longitud del periodo de desove, etc., similares a los llevados a cabo por Schirripa (2011) y Knapp *et al.* (2014)). Si este análisis no puede llevarse a cabo antes de la evaluación de 2016, el Grupo recomienda examinar la sensibilidad de las evaluaciones, tanto del stock occidental como del stock oriental, en lo que respecta a la contribución reproductiva por edad que se asume en la actualidad.

2.3 Estructura del stock y tasas de mezcla

2.3.1 Análisis de microelementos de otolitos

Se presentó una estimación actualizada de la mezcla basada en análisis de microelementos de otolitos en los caladeros canadienses (SCRS/2015/041). Las muestras de base para la identificación del stock procedían de las zonas de desove del golfo de México y del Mediterráneo. Los datos de base eran los más recientes utilizados en estudios anteriores sobre la mezcla (Rooker *et al.* 2014). Se examinó un mayor número de muestras de los caladeros de aguas canadienses y los datos fueron analizados por estratos adicionales (año y puerto de pesca). Se examinaron también muestras de aguas de Nueva Inglaterra y de Virginia, recopiladas a finales de los 70. Los datos se analizaron utilizando análisis lineales discriminantes (LDA), análisis cuadráticos discriminantes (QDA) y metodologías de bosques aleatorios para asignar muestras al origen natal basándose en ratios $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$. El método LDA, que asume una estructura de covarianza similar entre las clases, tendía a asignar a más peces un origen oriental. Al menos el 65% de los peces muestreados eran originarios del stock occidental en todas las zonas y años muestreados. Las mayores proporciones de peces de origen oriental se identificaron en las muestras de Virginia (~35% oriental, 1977) y Canso, Nueva Escocia, recopiladas en 2011 (~35%). Entre los años de muestreo, la proporción del este variaba considerablemente en algunos puertos (10-35% de origen oriental en Canso durante 2011 y 2012; 0-14% de origen oriental en la Bahía de Santa Margarita entre 2012 y 2013). La relación entre la probabilidad de la clase y la talla del pez indicaba que los peces más pequeños es más probable que sean de origen oriental y la mediana de la probabilidad por clase de talla difería por región, lo que explica en parte algunas de las diferencias entre regiones.

El error medio de clasificación errónea se estimó en ~17%, con tasas de positivo falso y negativo falso equivalentes (las muestras orientales eran la clase "positiva" en este análisis), lo que indica una probabilidad igual de clasificar incorrectamente los peces como de origen occidental u oriental. Algunas de las muestras se quedaban fuera del rango de las muestras de base con respecto a las ratios $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$, lo que sugería la posibilidad de otras regiones de origen no muestreadas. Además se observó una relación entre $\delta^{18}\text{O}$ y la edad, relativa a las muestras de base, que indica la posibilidad de un "cambio" en esta ratio con la edad, con los peces de 4 a 8 años más similares a las muestras de base que los peces de 9 a 36 años. Este "cambio" no fue corregido en este estudio, pero se prevé hacerlo en análisis futuros. Dado que en las ratios $\delta^{13}\text{C}$ era evidente más cambio y que las $\delta^{18}\text{O}$ eran más informativas para las pruebas de asignación, no se consideró que este efecto estuviera sesgando significativamente las pruebas de asignación. La proporción de peces de origen oriental en la muestra de Virginia era similar a la estimada por Secor *et al.* (2008) para la misma localización y periodo. Se sugirió que la variación en la proporción oriental era una función de temporada, año y zona y que debería considerarse la escala espacial y temporal de las estimaciones de la mezcla utilizadas en una evaluación de stock.

Se presentaron los resultados de un análisis de la forma de los otolitos, realizados en el marco del GBYP (SCRS/P/2015/004). En este análisis se incluyeron las imágenes de 718 otolitos de atunes rojos del Atlántico recopilados en 11 localizaciones en el Atlántico occidental, Atlántico oriental, Mediterráneo y en el Atlántico central. La forma de los otolitos se describió utilizando 45 armónicos de Fourier elípticos y tres índices de forma morfométrica. Se utilizó el análisis de componentes principales (PCA) para reducir la dimensión del conjunto de datos. Los resultados de los modelos lineales generalizados (GLM) demostraron que los componentes principales de los descriptores de la forma (PC) eran muy dependientes de la talla, con menos variaciones detectadas entre localizaciones y años.

Los PC que capturaban la mayoría de la variación en la forma del otolito y que eran independientes de la talla (en algunos casos después de la estandarización) se utilizaron en un análisis de función discriminante gradual para distinguir los peces con un rango de tallas restringido (200-297 cm FL) del Atlántico occidental (pesquería canadiense, otoño de 2013) de los del Atlántico oriental (Malta, temporada de desove), alcanzando una tasa de clasificación Jackknife del 83%. Esta precisión es similar a la asociada con los isótopos estables de otolitos (87%, Rooker *et al.* 2014) y los oligoelementos de otolitos (85%, Rooker *et al.* 2003). Los análisis bayesianos de mezcla del stock indicaban que las muestras del Atlántico este y el Mediterráneo eran predominantemente de origen oriental. La proporción asignada al stock oriental variaba espacialmente, sin embargo, solapar los

intervalos de confianza del 95% no indicaba una diferencia significativa (Atlántico central, 94% + 7%; estrecho de Gibraltar, 94% + 7%; Marruecos, 79% + 13%; Portugal 91% + 10%). Los rangos de estas estimaciones se solapaban con los obtenidos utilizando isótopos estables de otolitos (Rooker et al. 2014) y genética (SCRS/2015/048 y SCRS/2015/007). La probabilidad de observar un valor más extremo para la media a partir de la distribución posterior marginal respecto a la distribución para las muestras de base se encontraba dentro de los límites de probabilidad de 0,90 para todos los PC, lo que indica que el modelo de clasificación ajusta los datos razonablemente bien. Sin embargo, las probabilidades de observar un valor extremo eran superiores para las muestras de base del Atlántico oriental que para las del Atlántico occidental, lo que sugiere que los ejemplares en la muestra mixta que fueron asignados al stock oriental eran menos similares a las muestras de base que los ejemplares que fueron asignados al stock occidental. Esto podría indicar que las muestras de base orientales no eran plenamente representativas de la población.

Para los peces inferiores 160 cm, se detectaron bajos niveles de variación en los PC (valores cuadrados de $R < 10\%$) entre los niveles en el Atlántico este y el Mediterráneo. Las comparaciones entre los peces del golfo de Vizcaya y el Adriático eran significativas para varios componentes principales. El mar de Liguria difería de otras localizaciones para un PC. Esto podría reflejar la presencia de múltiples grupos dentro del Mediterráneo con diferentes historias medioambientales.

El Grupo consideró que los resultados del estudio demuestran que existe la posibilidad de utilizar la forma de los otolitos con otros marcadores de la población (isótopos estables de otolitos, genética) para mejorar las estimaciones de las tasas de mezcla. Es necesario mejorar la descripción de las bases utilizando peces recogidos en las zonas de desove durante la temporada de desove (para el Atlántico occidental y dentro del Mediterráneo) y combinar los datos de los diferentes marcadores de la población usando los mismos peces. Al aplicar los análisis de la forma del otolito a las investigaciones sobre la estructura del stock y las tasas de mezcla, es importante controlar la variabilidad en la forma producida por la talla y considerar que las diferencias en la forma del otolito podrían reflejar divergencias en cualquier punto de la historia medioambiental del pez y no ser necesariamente indicativas de ser originarios de diferentes zonas de desove o de cría.

Se presentó un resumen de los estudios que se centran en marcadores químicos en los otolitos como parte del GBYP (SCRS/P/2015/006). Este examen demostró que los marcadores químicos en los otolitos tienen un importante potencial para determinar el origen natal y la conectividad de la población de atún rojo. Durante el GBYP, se ha utilizado la microquímica de otolitos para determinar el origen natal y las proporciones de la mezcla de los stocks oriental y occidental de atún rojo del Atlántico en el océano Atlántico y mar Mediterráneo. Además, se han intentado diversos enfoques nuevos para desarrollar nuevos marcadores que ayudarán a entender la estructura de la población y los movimientos migratorios a lo largo del tiempo.

Como resultado de estas investigaciones, se han publicado recientemente dos artículos:

(1) Rooker *et al.* 2014- Utilizando $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$ en núcleos de otolitos se ha identificado el origen natal de atunes rojos gigantes en el Atlántico norte central, el Mediterráneo, el estrecho de Gibraltar y la costa marroquí. Los resultados indican que la mezcla de los dos stocks se produce en el Atlántico norte central y Marruecos, mientras que los peces capturados en el estrecho de Gibraltar y el Mediterráneo pertenecen al stock oriental. Existe una considerable variabilidad interanual en las proporciones de la mezcla en la costa de Marruecos (por ejemplo, la presencia de migradores del oeste detectada en las muestras de 2011 era del 73%, mientras que en 2012 y 2013 era solo del 0-5%), así como en las diferentes regiones del Atlántico norte central.

Otros análisis no incluidos en el artículo indican que los dos stocks se mezclan también alrededor de las Canarias, donde las proporciones de la mezcla se estimaron en aproximadamente 80% este y 20% oeste.

(2) Fraile *et al.* 2014 - Se determinó el origen del atún rojo capturado en el golfo de Vizcaya utilizando $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$ en núcleos de otolitos (mismo enfoque que el [1]). Los resultados indican que el atún rojo capturado en el golfo de Vizcaya procedía casi exclusivamente de poblaciones orientales, pero que podrían ocurrir migraciones esporádicas desde el oeste (reveladas por la presencia de varios migradores occidentales de la misma edad capturados en la misma semana).

Con el fin de desarrollar nuevos marcadores que permitan hacer un seguimiento del atún rojo, se están desarrollando varias líneas de investigación:

- Discriminación de las masas de agua del Atlántico y el Mediterráneo por medio de la composición de los oligoelementos del borde del otolito: se ha medido la concentración de oligoelementos en bordes de

otolitos de atún rojo capturado en el Atlántico y el Mediterráneo por medio de espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente por ablación láser (LA-ICPMS). Los resultados indican que Ba era el elemento discriminatorio más importante, y la capacidad de discriminación global entre las dos masas de agua era del 78%.

- Discriminación de las zonas de cría dentro del Mediterráneo por medio de la composición de oligoelementos: se midió mediante LA-ICPMS la concentración de oligoelementos en núcleos de otolitos de atunes rojos juveniles del año de diferentes zonas de cría putativas en el Mediterráneo occidental (mar Balear), central (Tirreno) y oriental (mar de Levante). Los resultados indicaban que el éxito de clasificación para el Mediterráneo occidental era del 80%, para el central del 73% y para el oriental del 85%.
- Determinación de los movimientos de atún rojo del Atlántico entre el Mediterráneo y el Atlántico norte occidental por medio de valores $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ a lo largo de transectos de otolitos. Se molieron transectos de aproximadamente 100 μm utilizando un sistema de microfresado automatizado para que fuera perpendicular al eje de crecimiento del otolito y se midieron $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$ para cada porción del otolito correspondiente a diferentes etapas vitales. Basándose en las diferencias en $\delta^{18}\text{O}$ entre las muestras del Mediterráneo y del golfo de México, se evaluó la utilidad de estos dos isótopos estables para detectar si ejemplares adultos capturados en el Atlántico oriental habían visitado el Atlántico occidental en algún momento de su vida. Los resultados sugieren que dos de los cinco ejemplares capturados en el golfo de Vizcaya, así como los dos ejemplares del estrecho de Gibraltar, podrían haber visitado el Atlántico norte occidental o septentrional. Se indicó que es necesario reunir todos los resultados diferentes de los diversos años para evitar los sesgos a la hora de interpretar dichos resultados.

2.3.2 Análisis genéticos

En el documento SCRS/2015/048 se presentaron los resultados de las pruebas de asignación del GBYP basadas en datos genéticos. Se aplicó un enfoque de genotipificación por secuenciación (GBS) para descubrir polimorfismos de nucleótido único (SNP) en todo el genoma del atún rojo, para lo que solo se utilizaron muestras de referencia (larvas y juveniles del año). Debido a fallos imprevistos del enfoque GBS (probablemente resultado de la inadecuada selección de la enzima de restricción), las lecturas se agruparon por estratos (combinación de edad, área y año) con el fin de lograr la cobertura deseada. Del análisis de las lecturas agrupadas, se seleccionó, para llevar a cabo más análisis, un panel de 384 SNP en forma de loci con las diferencias en las frecuencias alélicas más elevadas entre los estratos. Este panel de 384 SNP fue validado utilizando 188 atunes jóvenes y larvas recopilados en el golfo de México, el cabo Hatteras, el estrecho de Sicilia, los mares Balear, Tirreno y de Levante, y un total de 220 SNP proporcionaron genotipos coherentes. De ellos, se desarrolló un panel de 96 SNP basándose en el poder discriminatorio entre las principales zonas de desove (golfo de México, mar Balear, estrecho de Sicilia y mar de Levante), que posteriormente se utilizó para determinar el genotipo de 576 ejemplares adicionales de varias clases de edad, localizaciones y años. Las comparaciones por pares de las muestras de referencia (larvas y juveniles del año) presentaban diferencias coherentes entre las muestras del golfo de México y diversas muestras dentro del mar Mediterráneo. No se detectó un patrón claro de estructuración en las muestras del Mediterráneo (valores de $p > 0,05$). Los juveniles del año y las larvas capturadas durante diferentes temporadas de muestreo en el golfo de México y el cabo Hatteras mostraron poca variación entre muestras, proporcionando más respaldo a la agrupación de las muestras en esta región con el fin de aumentar la potencia estadística.

Después de agruparlas, las muestras del Atlántico occidental diferían significativamente de todas las demás muestras del Mediterráneo. Tras eliminar del conjunto de datos las muestras con puntuaciones de asignación a una de las dos supuestas zonas de desove dominantes de menos del 70%, la puntuación media para asignar atunes jóvenes o adultos a zonas de desove en Atlántico occidental o el Mediterráneo era elevada (86,5% y 84,5% respectivamente) con el 81,1% de los ejemplares asignados. El panel SNP descrito aquí ha proporcionado novedosas perspectivas sobre la dinámica espacial y la estructuración de la población del atún rojo del Atlántico. La proporción de ejemplares asignados con altas puntuaciones de asignación a probables zonas de desove de origen ha sido alta, lo que es una indicación del alto rendimiento de los SNP seleccionados. Con el fin de mejorar el análisis de la asignación a zonas de desove del Mediterráneo y el Atlántico occidental, son necesarias muestras adicionales de atunes jóvenes del golfo de México, así como muestras de adultos del Mediterráneo oriental. Con más desarrollo y más muestreo, está previsto que mejore la capacidad de rastrear el origen, oriental u occidental, de los ejemplares. Los resultados obtenidos en los análisis de atunes jóvenes proporcionan más

evidencias de una estructuración persistente de la población en amplias zonas geográficas y pueden usarse para estimar las tasas de mezcla y, más desarrollados, podrían servir como herramientas de trazabilidad.

El Grupo manifestó su preocupación respecto a que las muestras del golfo de México y del cabo Hatteras fueran agrupadas juntas, teniendo en cuenta el elevado número de peces de origen oriental presentes en la última región en base a los estudios de otolitos (Rooker et al. 2014) y de marcado (Block *et al.* 2005; SCRS/P/2015/008). Esta agrupación se llevó a cabo porque el tamaño de la muestra para los juveniles del año del golfo de México y occidentales era escaso y era necesario aumentar el tamaño de la muestra para utilizarlo como base. Dado que los peces muestreados en aguas del cabo Hatteras eran juveniles del año, los investigadores asumieron que había pocas probabilidades de que fueran originarios del este. Este supuesto se basaba en niveles casi insignificantes de diferenciación entre muestras del cabo Hatteras y muestras del golfo de México, lo que sugiere que comparten un origen común, validando así la agrupación de las muestras entre regiones geográficas. El Grupo indicó la elevada proporción de peces "sin asignar" y "de asignación cruzada" (peces identificados como originarios del golfo de México y hallados en el Mediterráneo y viceversa). Los autores explicaron que estos datos son aún preliminares y que está previsto realizar más pruebas estadísticas y comparaciones con métodos complementarios. Estos primeros resultados sugieren un flujo limitado de genes entre las principales zonas de desove, aunque el conjunto de marcadores desarrollado permite la diferenciación genética global de los grupos de reproductores.

Los resultados globales que mostraban una diferenciación de la población estadísticamente significativa respaldan la fidelidad al grupo de reproductores o el retorno al lugar de nacimiento, como sugerían estudios genéticos previos usando ADN mitocondrial (Boustany et al. 2008) y microsatélites (Carlsson et al. 2007). Los valores más elevados de *Fst* proporcionados por el nuevo panel de SNP al compararlos con los resultados de estudios microsatelitales, y la importante diferenciación entre atunes rojos jóvenes (juveniles del año y larvas) del Atlántico occidental y de cada zona de desove del Mediterráneo (occidental, central y oriental), ambos por separado y combinados, son una prueba del creciente poder de este enfoque. Esta mejora de la resolución genética de las zonas de desove es un resultado del relativamente creciente número de marcadores genéticos utilizados procedentes del genoma de la especie.

Se produjo un acuerdo entre el Grupo y los autores de este estudio respecto a que combinar análisis genéticos, microquímica, la forma del otolito u otros métodos de identificación del stock en los mismos ejemplares sería lo deseable, ya que esto permitiría conciliar las deducciones de los diferentes enfoques. En este estudio no se llevó a cabo un análisis de "clasificación errónea" pero se examinará la posibilidad de hacerlo en el futuro. El Grupo preguntó por qué había una proporción tan elevada de peces que no habían sido asignados a ninguna zona de desove, incluso considerando un umbral muy bajo para la asignación (establecido en el 70% cuando para aplicaciones forenses se requiere un nivel del 95%). Esto podría atribuirse a posibilidades inexploradas de híbridos genéticos y de zonas de desove alternativas sin identificar en el Atlántico, sin embargo, como ya se ha indicado, debe evaluarse adecuadamente el poder estadístico de este conjunto de marcadores genéticos desarrollados mediante estudios de simulación y comparaciones entre los diferentes métodos.

En el documento SCRS/2015/007 se realizó otro análisis de estructura de la población basado en datos genéticos. Los SNP utilizados en este análisis fueron descubiertos utilizando una secuenciación RAD de ADN (Restriction Site Associated DNA) basada en una enzima de restricción que corta menos frecuentemente (y por tanto más apropiada) que la utilizada en el SCRS/2015/048. Otras diferencias entre los dos estudios fueron: 1) los SNP se descubrieron en base a los datos individuales y no agrupados, evitando sesgos debidos a una agrupación a priori de las muestras y 2) tanto los análisis de selección de SNP como de estructura de la población se llevaron a cabo sin distribuciones previas (región de muestreo). La mayoría de las muestras se facilitaron de años singulares de muestreo. En total, se utilizaron 130 muestras de referencia (juveniles del año y larvas), con un total de 9830 SNP. Utilizando el análisis de componentes principales y el análisis de estructura (con y sin tener en cuenta el origen de la muestra como distribuciones previas), se identificó a las muestras del Atlántico occidental como aisladas de las muestras del Mediterráneo. Además, las larvas recogidas en el golfo de México eran genéticamente más diferentes a las muestras de juveniles del año del cabo Hatteras y de cualquier de las muestras del Mediterráneo. Las larvas del Atlántico occidental fueron identificadas como genéticamente diferentes a las muestras del Mediterráneo. Por ahora, estos resultados deberían considerarse preliminares, ya que la mayoría de las muestras proceden de años singulares de muestreo y una elevada proporción de las larvas utilizadas proceden de un pequeño número de lances, lo que plantea la posibilidad de que el muestreo larvario pueda estar sesgado debido a la estrecha afinidad de los ejemplares y podría potencialmente aumentar la diferencia percibida en las regiones de muestreo basándose en las muestras de larvas comparadas con las muestras de juveniles del año, los cuales es menos probable que sean parientes cercanos. Sin embargo, se indicó que los estudios de marcado no han mostrado mucho movimiento entre regiones dentro del Mediterráneo. Se

mencionó que el muestreo de adultos reproductores permitiría una asignación robusta a una zona de desove evitando a la vez el potencial de muestrear parientes cercanos. Actualmente, se está analizando un segundo lote de muestras incluyendo más lances y años tanto para las larvas como para los juveniles del año, con el fin de evitar agrupar las muestras debido al parentesco.

El SCRS/2015/049 presentaba información sobre muestras históricas de las que se ha dispuesto gracias al trabajo arqueológico llevado a cabo en varias regiones de muestreo en Europa. Se extrajo el ADN de vértebras de atún rojo extraído de antiguos asentamientos romanos y de la edad de hierro en las costas de la península ibérica (Portugal y España, IV-II a.c.; n=23) y de Constantinopla de la era bizantina (IV-XV d.c.; n= 6), así como de vértebras del archivo Massimo Sella conservado en la Universidad de Bolonia (mares Jónico, Tirreno y Adriático, principios del siglo XX, n=150). Actualmente, unas 147 muestras históricas (aproximadamente de hace 100 años) y 30 muestras antiguas (de hace más de 1000 años) están siendo genéticamente descritas. El número de muestras tanto históricas como antiguas disponibles para los análisis es en miles. Para los análisis se dispuso de más de 150.000 cajas de muestras. Se ha diseñado un panel de genotipificación de alto rendimiento que contiene los SNP derivados de dos proyectos separados financiados por el programa científico del GBYP, con el fin de genotipificar todas las muestras históricas junto con muestras modernas recogidas en las mismas zonas geográficas. Se está extrayendo el ADN taladrando la vértebra y utilizando técnicas de aislamiento del ADN antiguo. Debido a la amplia serie temporal de muestras, será posible examinar los cambios históricos en los genes a lo largo del tiempo, independientemente de si se deben a cambios climáticos o al efecto humano. El autor indicó que sería posible también llevar a cabo análisis de determinación de la edad de las vértebras, ya que la estructura de anillos era clara, incluso en las muestras más antiguas.

2.3.3 Estudios de marcado

Se presentó una revisión de los datos de marcado disponibles e incluidos en las bases de datos de ICCAT (SCRS/P/2015/008). Los esfuerzos de marcado se han concentrado en regiones seleccionadas que incluyen la costa este de Estados Unidos, el golfo de Vizcaya y el Mediterráneo. Las trayectorias de recuperación demostraron que los peces marcados en el oeste fueron recapturados en todo el Atlántico este y el oeste, mientras que todos los peces recapturados en el golfo de México habían sido marcados exclusivamente en el Atlántico occidental. En el Mediterráneo se han recapturado peces marcados tanto en el Atlántico occidental como oriental, sin embargo, actualmente no hay ejemplos de peces marcados en el golfo de México que entren en el Mediterráneo ni hay ejemplos de peces marcados en el Mediterráneo que entren en el golfo de México. Un examen del esfuerzo de marcado y recuperación mediante el modelo de siete regiones de stock (Kerr et al. 2014) mostraba la concentración del esfuerzo de marcado y aportaba poca información para estimar la mezcla a esta resolución espacial, debido a las pocas recuperaciones en algunas regiones y a la incertidumbre en las tasas de comunicación. Las colocaciones de marcas electrónicas presentaban una cobertura espacial relativamente buena en el Atlántico este y oeste, así como en el golfo de México y el Mediterráneo, sin embargo, actualmente, la base de datos de ICCAT contiene un inventario de las marcas electrónicas colocadas y no incluye los datos de seguimiento real.

El Grupo constató que el examen de los datos de marcado realizado en esta reunión era útil para proporcionar recomendaciones para mejorar la información que se puede utilizar procedente del marcado electrónico.

Se discutieron algunas ideas para posibles enfoques de modelación, lo que incluye la estimación de la capturabilidad en zonas en las que se ha producido marcado científico y recapturas (puede asumirse una comunicación de marcas del 100%), o en las que los observadores a bordo han consignado la recuperación de marcas (golfo de México), junto con el uso de datos de marcas electrónicas para las distribuciones previas sobre migración, y las estimaciones de pérdidas de marcas a partir de estudios en jaulas. El Grupo señaló que las tasas de recuperación de marcas para las marcas convencionales eran bajas (aproximadamente 1%) considerando las estimaciones de las tasas de mortalidad por pesca. Esto podría ser el resultado de una combinación del desprendimiento de marcas y de la no comunicación. Se indicó que para las marcas archivo, cuyas recompensas pueden alcanzar los 1.000 \$ estadounidenses, las tasas de recuperación de marcas son mucho más elevadas (hasta el 20%), aunque se cree que también es común para estas marcas no comunicar las recapturas. El Grupo también indicó que las tasas de comunicación para las marcas pop-up eran mucho menores de lo esperado (aproximadamente el 20%) considerando las tasas de comunicación generalmente elevadas del pasado (más del 80%). Aunque hay regiones y momentos en los que la comunicación con éxito de las marcas pop-up había sido significativamente menor (Mediterráneo), el bajo número de posiciones pop-off en la base de datos de marcado se atribuyó principalmente a la falta de actualización de la base de datos por parte de los investigadores involucrados en los programas de marcado. Se acordó que la base de datos debería aclararse y actualizarse antes de que estos datos pudieran utilizarse para aportar información al proceso de evaluación de stock. Se observó

también que muchos juveniles del año marcados en el Atlántico occidental habían sido posteriormente recapturados en el Atlántico oriental y el estrecho de Gibraltar.

El SCRS/2015/055 presentaba información sobre atunes rojos ($n=24$) marcados en cinco almadrabas del estrecho de Gibraltar utilizando marcas electrónicas por satélite pop-up (PSAT). La mitad de estos peces fueron marcados a bordo y el resto de atunes fueron marcados bajo el agua con un fusil submarino. El comportamiento vertical de los peces marcados se vio muy afectado por la fase del día, la longitud y el procedimiento de marcado. El patrón de movimientos horizontales era también diferente entre ambos métodos de marcado. Para las marcas colocadas bajo el agua que permanecieron colocadas más de 10 días, el tiempo medio de retención fue de 47 días. Para los peces marcados en cubierta y cuyas marcas permanecieron colocadas más de 10 días, la retención media fue de 85 días. Una elevada proporción de los peces marcados bajo el agua se dirigió al Mediterráneo. De los peces marcados a bordo, 3 de cada 5 se dirigió al Mediterráneo. Los autores atribuían estas diferencias a un efecto del procedimiento de marcado en el comportamiento posterior a la liberación del atún rojo. Algunos miembros del Grupo señalaron que también habían observado diferencias en el comportamiento de los peces tras liberarlos según el procedimiento de marcado, y lo atribuían a un mayor estrés de los peces izados a bordo. El Grupo sugirió que las diferencias en la fecha del momento de marcado (diferencias de más de 2 semanas) podrían influir en los patrones de comportamiento tras la liberación de los ejemplares derivados de diferentes cohortes (las evidencias relacionadas con el marcado y la captura sugieren que el atún rojo podría moverse en grupos dependientes de la talla), tal y como se deduce de los diferentes comportamientos y patrones migratorios de los peces adultos y juveniles marcados en aguas del Atlántico oriental.

El SCRS/2015/056 presentaba una actualización de la evaluación de la viabilidad de colocar una cortina acústica en el estrecho de Gibraltar para hacer un seguimiento del atún rojo y otros pelágicos como parte de la Red de Seguimiento Oceánico (OTN). Entre 2009 y 2012 se llevaron a cabo pruebas piloto. Los resultados de estas pruebas demuestran que el rendimiento de los receptores VR4-UWM colocados cada 800 m era suficiente para detectar marcas acústicas en esa región. El diseño más favorable de la línea contaría con 35 receptores y se extendería a lo largo de 26 km entre las costas de España y Marruecos. El Grupo preguntó si esta disposición encontraría oposición en las fuerzas militares internacionales debido a la posible identificación de barcos y submarinos. Se esperaba que esto no supusiera un problema, pero al igual que en otras regiones donde se propuso colocar cortinas acústicas (por ejemplo, entre Florida y Cuba), los principales obstáculos previstos eran políticos más que tecnológicos. Se expresaron inquietudes adicionales respecto a la frecuencia común de los transpondedores de las marcas y los buques militares, así como sobre la posibilidad de falsos registros positivos debido al seguimiento de estos buques que pasan a través de la cortina. Se indicó también que, con el fin de identificar en qué dirección viajan los peces marcados, debería instalarse una cortina de dos capas. Sin embargo, las detecciones de un pez por múltiples sensores podrían triangular la dirección del movimiento y no sería necesaria una cortina de dos capas. El Grupo sugirió que el GBYP examine la posibilidad de asociarse con OTN para facilitar el despliegue de esta y otras cortinas.

Se presentó una actualización del programa de marcado electrónico llevado a cabo en el golfo de San Lorenzo, Canadá (SCRS/P/2015/011). Se colocaron 135 marcas en 125 atunes rojos (268 ± 20 cm CFL) y 100 de estas marcas pop-up comunicaron con los satélites. Las tasas de retención para las mini-PAT más pequeñas fueron superiores que para las PAT MK-10 lo que permitía mayor tiempo de despliegue. De los peces que fueron objeto de seguimiento durante un tiempo lo suficientemente largo para cubrir la temporada de desove del golfo de México, el 74% visitó el golfo de México (talla media 275 ± 14 cm CFL; 243-302 cm CFL). La fecha media de entrada en el golfo de México fue el 14 de enero (± 42 días) y el tiempo medio de permanencia en el golfo de México fue 123 días (± 49 días). Dos peces marcados viajaron al Mediterráneo. Estos atunes rojos medían 267 y 261 cm (CFL) en el momento de la liberación. Entraron en el Mediterráneo el 28 y el 19 de mayo y ambos se encontraban en el mar Tirreno cuando se soltaron las marcas el 14 y el 20 de junio. 43 peces no viajaron ni al golfo de México ni al Mediterráneo. Estos peces tendían a ser más pequeños que los peces que viajaron a las zonas de reproducción conocidas (259 ± 23 cm CFL).

Los peces que viajaron al golfo de México permanecieron todos al oeste del límite de ordenación de 45°W mientras que muchos no asignados a ninguna zona de desove cruzaron el límite de ordenación. Basándose en todos los datos de marcado electrónico (acústicos, archivo y PSAT) generados por este laboratorio hasta la fecha, el atún rojo marcado más pequeño que ha viajado al GOM era de 207 cm CFL en el momento de la liberación y el atún rojo marcado más pequeño que viajó posteriormente al Mediterráneo era de 191 cm en el momento de la liberación (1,5 años antes de entrar en el Mediterráneo). La edad a la que el 50% de los atunes rojos marcados viajó al golfo de México era de aproximadamente 15 años. No se observó ninguna omisión de la reproducción una vez que un atún rojo entra en una zona de desove conocida (hasta 4 años).

El documento SCRS/P/2015/053 informa sobre las actividades de marcado del GBYP, actualizado al 23 de febrero de 2014. El volumen de marcado fue elevado, alcanzando un total de 16.631 atunes rojos marcados usando diversas marcas (incluidas 97 mini-PAT y 50 marcas archivo). Se llevaron a cabo actividades de marcado doble, para probar el rendimiento de diversos tipos de marcas espagueti y para estimar la tasa de desprendimiento de las marcas. Los resultados demostraron que la diferencia entre una sola lengüeta y dos lengüetas es mínima. Aunque el número de marcas comunicado (201) al GBYP ha aumentado debido a que se ha colocado un mayor número de marcas, a una campaña de concienciación sistemática y a la nueva política de recompensas, la proporción de recuperaciones sigue siendo baja (1%). Las marcas por satélite presentaron algunos patrones imprevistos y confirmaron que algunas zonas en las que el atún rojo está claramente presente (Mediterráneo oriental y Atlántico sur) no están bien representadas por el movimiento observado de los peces marcados o por la cobertura actual de marcado. Por lo tanto, el marcado en la Fase 5 se concentrará principalmente en el Mediterráneo oriental.

2.3.4 Observaciones resumidas

El Grupo de trabajo de marcado se mostró de acuerdo en que deberían hacerse más esfuerzos para garantizar el solapamiento de las muestras analizadas mediante las diversas técnicas descritas más arriba. Una comparación entre las muestras analizadas por los diversos grupos ha revelado que se han analizado muy pocos peces utilizando todos los enfoques de investigación del GBYP. Estas técnicas no solo pueden usarse para reconciliar los resultados individuales generados por los análisis de la forma de los otolitos, de microelementos de otolitos y genéticos, sino que los recursos financieros pueden también optimizarse. Disponer de una base de datos central online, con limitaciones de edición, que proporcione actualizaciones frecuentes sobre los análisis de muestras con el fin de garantizar la optimización de los esfuerzos realizados en materia de investigación, así como proporcionar un nuevo foro para la transparencia de los esfuerzos de investigación que realizan los miembros de ICCAT.

Estudios de marcado recientes sugieren que hay que tener precaución al asumir que los juveniles del año proporcionan muestras de referencia para los peces originarios del este o del oeste. Estudios de marcado adicionales de la década pasada demuestran que los adultos marcados en la costa atlántica de Estados Unidos y Canadá deberían considerarse agrupaciones mixtas con fines alimentarios. Esto se aplica también a los ejemplares capturados en el Atlántico medio hasta aguas al sur de Islandia y en la costa occidental de Portugal. Las muestras utilizadas para establecer firmas de referencia para los estudios de parámetros genéticos y otolitos con el fin de establecer las identidades occidental y oriental deberían incluir muestras recopiladas solo del golfo de México y el Mediterráneo.

Las comparaciones preliminares de los conjuntos de datos que detallan los resultados obtenidos a partir de los estudios de la forma del otolito, genéticos y de isótopos estables de otolitos (genotipificación GBS SNP) han proporcionado una continuidad prometedora a las aplicaciones de asignación a la cuenca reproductora. Por ejemplo, las agregaciones con fines alimentarios en el Atlántico central y en aguas de las costas de Marruecos parecen contener un número importante de atunes de origen occidental, mientras que las muestras analizadas de la costa de Portugal sugieren una contribución del oeste mucho menor, si no insignificante.

3 Examen de la captura nominal de Tarea I

Esta sección describe el estado actual de las capturas nominales de Tarea I (T1NC, a 02 de marzo de 2015) relacionadas con el atún rojo. Además, describe también el trabajo relacionado con la incorporación de los nuevos conjuntos de datos obtenidos en el marco del GBYP (resultado de cuatro proyectos de recuperación de datos de atún rojo, adoptados en la reunión de Tenerife de 2013). Por último, se hacen algunas recomendaciones y se aportan directrices para mejorar la serie de captura de T1NC antes de la próxima evaluación de stock.

3.1 Cambios generados por la incorporación de la nueva información procedente del GBYP y de otras fuentes

La Secretaría presentó al Grupo la información más actualizada de estadísticas de T1NC para ambos stocks de atún rojo. Esta información se resume en la **Tabla 1** (y en las **Figuras 1 y 2**). No se hicieron cambios importantes a los datos comunicados por las CPC (con la excepción de Corea, que comunicó una captura de cerco en 2013 de 80,5 t al final de la reunión) en comparación con la información disponible en la última reunión del SCRS.

En relación con la incorporación de la serie de captura del GBYP (detallada en Justel et al., 2014) la Secretaría había seguido las recomendaciones de la reunión de Tenerife de 2013. Se añadieron (actualizadas) como finales las siguientes series de Tarea I (1950 y años posteriores):

- BB español (golfo de Vizcaya): 1950 a 2000 (2 series completamente sustituidas)
 - UE. ESP-ES-CANT_BFT (dirigido al atún rojo)
 - UE. ESP-ES-CANT_ALB (dirigido al atún blanco y atún rojo como captura fortuita)
- LL italiano en el Mediterráneo: 1998 (actualizada)
- HAND italiano en el Mediterráneo: 1988 a 2010 (parcialmente actualizada)
- HARP italiano en el Mediterráneo: 1976 a 2003 (parcialmente actualizada)

Las dos últimas pequeñas pesquerías italianas (HAND y HARP) vinculadas sobre todo al Tirreno meridional, estrecho de Mesina y Jónico septentrional, fueron parcialmente actualizadas y todas las series se asignaron al estrecho de Mesina.

Debido a algunas imprecisiones (posible recuento doble, incoherencias en los pesos medios, no todos los peces capturados en números fueron transformados a peso, etc.) hallados en el resto de series de captura relacionadas con el GBYP (todas las series de captura de TRAP y una pequeña pesquería italiana de HARP), la Secretaría revisó estos conjuntos de datos de nuevo (eliminando cuando era posible los errores hallados) y presentó las series actualizadas al Grupo. Son las siguientes:

- Las capturas actualizadas de TRAP española (ATE y MED, 1950 a 2009), que elimina el "doble recuento" hallado en las capturas del GBYP presentadas en la reunión de Tenerife de 2013. Los mismos peces se contaron dos veces (capturas de TRAP individuales + capturas combinadas de la almadraba "SurAtlantica" [capturas de todas las almadrabas del Atlántico nororiental]). Sin embargo, la Secretaría considera que se requiere más trabajo para mejorar estas estimaciones revisadas. Es crucial la participación activa de los científicos nacionales españoles para recalcular estas dos series de captura. El trabajo debería centrarse en aclarar la ubicación geográfica de algunas almadrabas (para diferenciar adecuadamente las series de captura MED y ATE), en corregir los registros que provocaron estimaciones imprecisas de pesos medios (diversos tipos de imprecisiones) a nivel detallado (registro por registro) y transformar totalmente "todas" las capturas en números en peso.
- La serie de captura TRAP portuguesa (ATE, 1950 a 1971) presentada en la reunión de Tenerife de 2013 tenía varias imprecisiones (diferentes tipos de pesos medios incorrectos a nivel detallado, transformaciones parciales de números a peso) que subestimaban enormemente el rendimiento total de las almadrabas portuguesas en los 60 al compararl as con la revisión presentada por la Secretaría. Las imprecisiones halladas deberían ser corregidas, en la medida de lo posible, con la ayuda de los científicos nacionales portugueses.
- En las capturas de TRAP marroquí (ATE/MED, 1950 a 2007) obtenidas a través del GBYP falta la conversión completa de números a pesos a principios de los 50. Además, hay algunas capturas mezcladas entre las zonas ATE y MED, debido a algunas posiciones geográficas poco claras de algunas almadrabas junto con algunas dudas acerca del periodo (rango de años) de la actividad pesquera.

Para los tres conjuntos de datos pendientes, el Grupo recomendó que el trabajo final (Secretaría y científicos nacionales) fuera presentado en un documento científico en la reunión del Grupo de especies del SCRS de 2015.

En 2012, ICCAT aprobó nuevas zonas de muestreo para las principales especies, que deberían usarse para declarar las estadísticas pesqueras de Tarea I y Tarea II (<http://www.iccat.int/Data/ICCATMaps2011.pdf>). En el caso del atún rojo, el actual límite del stock, que delimita los stocks oriental y occidental, creaba demasiadas zonas pequeñas que dificultaban en gran medida no solo el proceso de comunicación por parte de las CPC, sino también el trabajo de la Secretaría a la hora de proporcionar datos al SCRS y al Grupo de especies en formatos específicos compatibles con la estructura de la zona de evaluación del atún rojo. Siguiendo la recomendación del SCRS de 2014, la Secretaría presentó una propuesta simplificando las zonas estadísticas del atún rojo para comunicar la información de Tarea I y Tarea II. Las zonas de muestreo actuales y nuevas se muestran en las **Figuras 3 y 4**, respectivamente. Los cambios incluyen también una redistribución de las zonas frente a la costa canadiense (zonas de muestreo BF51 y BF52) que reflejan mejor las características de las pesquerías en la región. El Grupo indicó también que el Mediterráneo podría requerir una separación de la zona BF59 (todo el MED) en 2 (este/oeste) o posiblemente 3 zonas de muestreo (este/central/oeste) en el futuro. En la actualidad,

como indicó el Grupo, es prematuro definir las delimitaciones geográficas de las 2/3 zonas nuevas de muestreo y recomendó que los científicos nacionales estudien esta posibilidad en el futuro. Para las pesquerías de atún rojo del Mediterráneo existe otra información (VMS) en años recientes que podría simplificar la separación de las capturas en zonas geográficas más pequeñas sin añadir más complejidad a los informes de la UE y de otras CPC del Mediterráneo. La propuesta de unas zonas de muestreo de atún rojo simplificadas se presentará a la reunión del SCRS de 2015 para su aprobación.

El Grupo discutió cómo ajustaría la Tarea I declarada por zonas de muestreo de atún rojo en el modelo de 8 cajas. La Secretaría explicó que no ajusta directamente en él. Sin embargo, las estimaciones de CATDIS equivalentes a Tarea I (capturas de Tarea I por trimestre y cuadrículas de 5x5 grados, utilizando la captura de Tarea II y la distribución espacio-temporal del esfuerzo de cada flota/arte en cada año) actualizadas cada año por la Secretaría, pueden usarse para clasificar estas capturas directamente en el modelo de 8 cajas. Por lo tanto, el Grupo recomendó que el conjunto de datos de CATDIS sea adecuadamente actualizado para la próxima reunión de preparación de datos de atún rojo.

La Secretaría informó también al grupo del problema de los artes sin clasificar (UNCL, SURF, etc.), identificado en el pasado, no ha sido completamente resuelto, tal y como muestran las **Figuras 5 y 6**. Este problema es especialmente difícil para el stock de atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo en el que las ratios de artes sin clasificar pueden sobrepasar el 20% del peso total en el Mediterráneo en algunos años. El Grupo reconoció que existía este problema y recomendó continuar el trabajo en curso de reclasificar estas capturas por arte con la participación activa de los científicos nacionales.

3.2 Examen y desarrollo de un protocolo para actualizar los datos de Tarea I utilizando las nuevas relaciones talla/peso

El Grupo discutió las posibles implicaciones de las relaciones L/W recientemente adoptadas en relación con las capturas nominales de Tarea I, en particular para aquellas series que utilizaban conversiones talla-peso para obtener las capturas globales. Actualizar estas series de captura de Tarea I para ambos stocks (desde 1950 a 2013) es una tarea que no puede realizarse para la próxima evaluación de stock. Por lo tanto, el Grupo recomendó que los científicos nacionales actualicen la información de Tarea I en la medida de lo posible y dentro de un plazo adecuado.

El Grupo se mostró de acuerdo en que cualquier serie de captura de Tarea I que sea reestimada con las nuevas relaciones L/W debe seguir el protocolo actual del SCRS respecto a la presentación de las actualizaciones de Tarea I:

- a) Estimaciones preliminares (los tres últimos años): pueden actualizarse usando solo los formularios electrónicos aprobados.
- b) Resto de años (históricas); requiere un documento SCRS.

Todas las actualizaciones deben declararse utilizando el formulario estándar de Tarea I (ST02-T1NC).

4 Examen de los datos de captura y esfuerzo de Tarea II tras la incorporación de la nueva información procedente del GBYP y de otras fuentes

La Secretaría presentó al Grupo el catálogo (**Tabla 2**) de la información sobre captura y esfuerzo de Tarea II (T2CE) relacionada con el GBYP que fue provisionalmente integrada (a la espera de algunas revisiones) en el sistema de bases de datos de ICCAT. Contiene muchos conjuntos de datos nuevos relacionados con los primeros años (50 y 60) de las pesquerías de almadras de UE-Portugal, UE-España y Marruecos, así como conjuntos de datos de otros artes (BB, GILL, HAND, HARP, LL y PS) para las décadas más recientes (80 y 90). Muchos de los conjuntos de datos no contienen ningún tipo de esfuerzo y, por ello, son inútiles para los estudios relacionados con la CPUE. Sin embargo, la Secretaría señaló que, si se tratan adecuadamente, en algunos casos es posible asignar medidas de esfuerzo más generales (número de almadras activas, número de buques activos, etc.) facilitados al final de los proyectos de recuperación de datos del GBYP (por ejemplo, del cerco noruego se ha facilitado recientemente la flota activa por año) o disponible en otras fuentes de datos de ICCAT (características de las flotas de Tarea I).

La Secretaría informó de que realizaría la integración final de estos conjuntos de datos progresivamente (en cuanto se haya hecho la revisión del esfuerzo) en el sistema de bases de datos de ICCAT durante 2015 (finalizada en 2016).

La Secretaría presentó también los catálogos estándar de atún rojo que reúnen, por especie, stock y un rango de años, la disponibilidad de conjuntos de datos de captura de Tarea I y de Tarea II (captura y esfuerzo, talla real y captura por talla declarada) clasificados en orden descendente. Estos catálogos se presentan en las **Tablas 3, 4 y 5** (respectivamente ATE, MED y ATW). El Grupo propuso integrar las series válidas (sombreado azul) de la **Tabla 2** en la base de datos de T2CE antes de la reunión del Grupo de especies de 2015.

5 Examen de los datos de talla de Tarea II

Esta sección revisa la situación actual de la información sobre talla de Tarea II (T2SZ, a 2 de marzo de 2015). Cubre los datos comunicados por las CPC, los datos de talla del GBYP, las frecuencias de tallas equivalentes a peces vivos retrocalculadas obtenidas de túnidos sacrificados en granjas y el muestreo de tallas de las cámaras estereoscópicas. Por último, se hicieron algunas recomendaciones a los científicos nacionales de las CPC para revisar y comunicar en su totalidad las series de datos de T2SZ 2 meses antes de la reunión de preparación de datos de 2016.

5.1 Examinar y validar la información declarada sobre tallas de Tarea II utilizada para estimar la captura por talla

Los catálogos del stock de atún rojo (1990 a 2013), presentados en las **Tablas 3, 4 y 5** (BFT-E (AE), BFT-E (MD) y BFT-W respectivamente) indican el nivel de datos de T2SZ disponibles para cada una de las principales pesquerías, en relación con la Tarea I.

El BFT-E (AE) responde del 95% del rendimiento total asociado con solo 15 pesquerías. En estas pesquerías principales (artes principales: LL, BB, TP, PS, TW) hay algunas lagunas importantes que deben cubrirse cuando sea posible.

El BFT-E (MD) tiene muchas pesquerías (aproximadamente 32) que responden de cerca del 95% de la captura total (artes principales: PS, LL, TP, HL) en el Mediterráneo. El número de conjuntos de datos de T2SZ que faltan es grande.

El stock BFT-W responde del 95% del rendimiento total asociado con aproximadamente 10 grandes pesquerías (artes principales: LL, RR, PS, HP). En general, la T2SZ es completa, y solo hay algunas lagunas dispersas entre 1990 y 2013.

El Grupo preparó una lista de las tareas relacionadas con la revisión/validación de los datos necesarias para ambos stocks y que se pretende finalizar antes de la reunión de preparación de datos de 2016. Estas tareas, junto con la lista de acciones que los científicos de cada CPC deben realizar, se describen en la **Tabla 6**. Las revisiones deberían tener en cuenta (reducir en la medida de lo posible con ayuda de la Secretaría) la heterogeneidad de los conjuntos de datos de T2SZ resumidos en la **Tabla 7**.

5.2 Examinar y validar las estadísticas de captura por talla con la nueva información procedente de las granjas, las operaciones de sacrificio y las cámaras estereoscópicas, así como de otras fuentes de información

En 2014, las CPC empezaron a enviar a ICCAT datos de distribución de frecuencias de tallas de atún rojo capturado y transferido a jaulas de las granjas (operaciones de introducción en jaulas) recogidos con sistemas de cámaras estereoscópicas. El documento SCRS/2015/059 presentaba una perspectiva general de las operaciones y los protocolos para la recopilación de datos procedentes de cámaras estereoscópicas en las granjas croatas. Se observó que los sistemas de cámaras estereoscópicas son una herramienta útil para el muestreo de tallas de atunes rojos capturados y destinados a operaciones de cría, que es el principal destino en las pesquerías del Mediterráneo. No obstante, los protocolos para el uso con éxito de cámaras estereoscópicas siguen requiriendo condiciones óptimas y operadores cualificados, y siguen existiendo problemas técnicos.

El documento SCRS/2015/050 resumía la información sobre tallas de atunes rojos disponible actualmente: aproximadamente 15 mil mediciones que representan cerca del 50% de las operaciones de introducción en jaulas

de 2014. El diagrama de las distribuciones globales muestra una frecuencia de tallas multimodal del atún rojo capturado, con un pico de peces más pequeños de aproximadamente 75 cm SFL, los típicos peces destinados a las granjas en Croacia, hay un segundo pico de peces de talla media, de aproximadamente 120 cm SFL, y un tercer pico de atún rojo grande de aproximadamente 210 cm SFL. Estos dos grupos de tallas están típicamente destinados a granjas de Malta y Turquía, mientras que en las granjas españolas (en años recientes) solo se han observado peces grandes.

Se indicó que los datos de las cámaras estereoscópicas pueden usarse para validar el retrocálculo de los datos de talla por captura derivados de datos del sacrificio (momento de la muerte en las granjas) enviados por las CPC y presentados en 2014 (Ortiz, 2015). Además, se presentaron los resultados preliminares de experimentos en curso que usan datos de cámaras estereoscópicas en diferentes etapas en las jaulas para estimar el crecimiento de talla del atún rojo durante las operaciones de cría. Este estudio preliminar indica que durante un periodo en la jaula de 4 meses, se produjo un crecimiento en la talla de los atunes rojos de tamaño medio (~ 18% (aumento en SFL (~24 cm)) y de los atunes rojos más grandes (~ 5% aumento en SFL (~11cm)).

En resumen, los datos de frecuencias de tallas de atún rojo procedentes de las pesquerías de cerco del Mediterráneo están disponibles a través de datos de cámaras estereoscópicas para 2014, cubriendo casi el 50% de las operaciones de introducción en jaulas (información recibida por la Secretaría antes de febrero de 2015). Antes de 2014, entre 2008 y 2013, los datos de frecuencias de tallas del atún rojo procedentes del cerco pueden estimarse a partir de las operaciones de sacrificio, tal y como recomendó el SCRS en 2014. Sin embargo, se recomienda que estos datos sean validados con los datos de las estereocámaras de 2014 y cualquier dato disponible de crecimiento en las granjas.

El Grupo reiteró que el protocolo presentado en el Anexo 9 de la *Recomendación de ICCAT para enmendar la Recomendación 13-07 de ICCAT sobre el establecimiento de un plan de recuperación plurianual para el atún rojo en el Atlántico este y Mediterráneo* [Rec. 14-04] fuera validado por el SCRS.

Esto podría investigarse durante la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2015 (un pequeño grupo de trabajo).

5.3 Elaborar un plan de trabajo para generar una nueva captura por talla utilizando las nuevas relaciones talla/peso adoptadas por el Grupo de especies de atún rojo

El Grupo recomendó que los factores de conversión recientemente estimados para ambos stocks de atún rojo y detallados en Rodríguez-Marín *et al.* (2015) y adoptados por el SCRS en 2014, sean incorporados en las tablas de factores de conversión de ICCAT disponibles en la página web de ICCAT. En la **Tabla 8** se presentan nuevos factores de conversión globales y en la **Tabla 9** nuevas relaciones talla-peso (WLR) mensuales.

El Grupo sugirió que estas funciones deberían utilizarse para futuras evaluaciones de stock. Se recomendó también que los datos históricos de captura por talla sean revisados utilizando estas nuevas WLR (es decir, cuando las mediciones de peso fueron consignadas y convertidas a talla usando otras WLR). Con el fin de facilitar este proceso por parte de las CPC, en la sección 5.3 se identifican las principales pesquerías potencialmente afectadas. De forma alternativa, las CPC podrían proporcionar datos electrónicos en bruto a la Secretaría.

En el **Apéndice 4** se incluye un plan de trabajo detallado que establece plazos y responsabilidades para las diferentes acciones.

6 Examen de los datos de captura disponibles e índices de abundancia relativa

El documento SCRS/2015/052 presentaba las capturas de atún rojo de la flota coreana en el Atlántico entre 1985 y 2013. La captura media coreana para este periodo era de aproximadamente 280 t. La pesquería atunera de palangre coreana capturaba atún rojo del Atlántico principalmente desde los 80 a los 90, y posteriormente lo capturaba la pesquería atunera de cerco coreana desde los 2000. La captura más elevada registrada fue de aproximadamente 1.100 t en 2005. Las capturas descendieron hasta aproximadamente 150 t en 2006 y aumentaron hasta cerca de 330 t en 2008. En años recientes, las capturas coreanas fueron de aproximadamente 80 t entre 2012 y 2013. El caladero de la pesquería de cerco coreana dirigida al atún rojo se encontraba principalmente entre 35~37°N, 30~36°E desde 2005 a 2007 y entre 32~35°N, 13~18°E desde 2008 a 2012. El caladero de la pesquería de palangre coreana dirigida a los túnidos se encontraba entre 33~34°N y 7~9°E en

2006. La distribución de tallas del atún rojo del Atlántico capturado por la pesquería atunera de cerco coreana en el Atlántico oscilaba entre 110-300 cm FL (media 208,8 cm) en 2005, 100-283 cm FL (196,8 cm) en 2006, 138-337 cm FL (214,3 cm) en 2007 y 104-190 cm FL (139,7 cm) en 2009, respectivamente. Los datos de captura y la información sobre la pesquería proceden de observadores.

El Grupo advirtió algunas discrepancias en la captura de atún rojo de Corea entre lo que presentó en el documento y la captura existente en la base de datos de atún rojo de Tarea I de ICCAT. Los autores indicaron que ya estaban trabajando con la Secretaría para solucionar el problema. Se observó que buques palangreros coreanos operaron en aguas de Argelia en los 90.

Se presentó al Grupo (SCRS/2015/P/009) una revisión de la investigación en curso que vincula la ecología larvaria y la oceanografía operacional, llevada a cabo actualmente por el Grupo de ecología larvaria del Instituto Español de Oceanografía (IEO) en estrecha colaboración con el Sistema de observación y predicción costero de las Islas Baleares (SOCIB). De acuerdo con los autores, los conocimientos sobre la ecología larvaria del atún rojo a partir del trabajo de campo y de experimentos de cría en condiciones medioambientales controladas, junto con datos hidrográficos, proporcionarían el marco para analizar cómo la variabilidad medioambiental provoca importantes procesos ecológicos que afectan a esta especie durante sus primeras etapas de desarrollo. Algunos de los resultados están relacionados con el fuerte vínculo entre la ecología reproductora y los escenarios de oceanografía local en el mar Balear, así como con la elevada dependencia de la supervivencia larvaria de la variabilidad medioambiental. Combinando los conocimientos disponibles sobre los efectos medioambientales en la estructura de la población, la condición y la distribución espacial de larvas, con series de datos hidrográficos casi en tiempo real, se han desarrollado nuevos productos oceanográficos operacionales, como la distribución espacial de los hábitats de reproducción, que podrían ser útiles para mejorar las estimaciones del índice larvario que podría usarse para calibrar el VPA.

El documento SCRS/2015/P/002 presentaba un modelo de hábitat para el atún rojo adulto y juvenil. Este trabajo, basado en Modelación del nicho ecológico (publicación que se presentará pronto), es similar al enfoque de Druon et al. (2011) con importantes modificaciones (datos de entrada) y extensión (desde el golfo de México al Mediterráneo). Se utilizaron 31.000 observaciones geolocalizadas de atún rojo para calibrar el modelo. Las covariables para el posible hábitat trófico son el contenido diario de clorofila y los frentes, la temperatura de la superficie del mar y la anomalía del nivel del mar, mientras que las covariables usadas para identificar el hábitat reproductor son el contenido de clorofila, la temperatura de la superficie del mar, la anomalía del nivel del mar y las corrientes de la superficie del mar. Los resultados del modelo eran coherentes con los conocimientos actuales acerca de las ubicaciones de alimentación y reproducción. Se propusieron formas de integrar esta información en la próxima evaluación de stock espacialmente explícita y es probable que se pongan a prueba (por ejemplo, índice de abundancia relativa por mes y cuadrícula).

El Grupo se mostró acuerdo en que la investigación sobre la modelación del hábitat podría proporcionar información valiosa para la próxima evaluación de atún rojo y recomendó posibles pasos a dar, lo que incluye la verificación cruzada de las predicciones del modelo larvario-medioambiental con los indicadores de la evaluación del atún rojo oriental, como la biomasa reproductora, la fuerza de la cohorte basada en la edad o la captura por edad, así como la exportación del modelo larvario-medioambiental para ser evaluado en otras zonas conocidas de desove del atún rojo y fomentar colaboración con científicos de atún rojo occidental para probar el modelo larvario-medioambiental en el golfo de México y estandarizar los índices de tasas de captura. Se recomendó mantener una colaboración más estrecha, especialmente en el marco de investigación del GBYP.

En el documento SCRS/2015/024 se actualizaba la información sobre capturas de atún rojo de una pesquería de almadra de atún que opera en la costa meridional de UE-Portugal (Algarve). Se analizaron las tendencias intra e interanuales y se exploraron las relaciones entre las capturas potenciales y las reglamentaciones de ordenación de ICCAT para el Mediterráneo. Las tasas de captura de atún rojo en la almadra del Algarve permanecieron relativamente bajas entre 1998 y 2008, pero posteriormente fueron aumentando cada vez más, con un pico en la temporada de 2011. Esta pesquería de almadras de atún rojo tiene oscilaciones estacionales, con mayores tasas de captura durante julio, que se corresponden con la salida de los atunes del Mediterráneo tras el desove. Se observaron significativas correlaciones negativas entre las capturas y el número de meses que pueden pescar los cerqueros, los palangreros y los cañeros en el Mediterráneo, lo que significa que la captura aumentaba a medida que el número de meses de pesca de estos artes disminuía. Por otra parte, se observó una relación positiva entre las capturas y la talla mínima de desembarque (MLS), lo que significa que las tasas de captura de la almadra aumentaron a medida que la MLS para el atún rojo también aumentaba. Estos resultados parecen corroborar otros indicadores pesqueros sobre la recuperación del stock del Atlántico este y Mediterráneo.

El Grupo discutió los factores que afectan a la disponibilidad de atún rojo en las almadrabas, como las características medioambientales durante la migración. Se discutió también el posible cambio en la eficacia de las almadrabas relacionado con el comportamiento "gregario" del atún rojo que ya se encuentra dentro de las redes de la almadraba.

El Grupo instó a continuar explorando la viabilidad de un índice conjunto de almadrabas basado en una serie temporal de las almadrabas españolas, marroquíes y portuguesas, aunque indicó que combinar estos tres índices no es sencillo debido a varios factores (unidades de esfuerzo, cuestiones reglamentarias) y podría investigarse durante la reunión del Grupo de especies.

El SCRS/2015/043 informaba sobre tasas de captura de la flota de cerco tunecina que operó en el Mediterráneo central en el periodo 2009-2014. Se analizaron los datos siguiendo un enfoque de modelación GLM con un supuesto de error lognormal.

Tras la presentación, el Grupo discutió los factores que afectan potencialmente al esfuerzo de pesca del cerco, como el tiempo de búsqueda, el número de buques que opera en la zona, la presencia de apoyo aéreo, y la composición y tamaño del banco entre otras cosas. Se produjo un acuerdo respecto a que es difícil definir la unidad de esfuerzo pesquero adecuada para las pesquerías de cerco, lo que hace que sea problemático incluir la CPUE del cerco en los modelos de evaluación. No obstante, esta serie de tasa de captura proporcionaría valiosa información cualitativa para hacer una verificación cruzada de los resultados de la evaluación.

El Grupo se mostró de acuerdo en que todas las series de CPUE deben evaluarse siguiendo el protocolo desarrollado por el WGSAM (Anon. 2013) y aprobado por el SCRS en 2012.

El documento SCRS/2015/047 facilitaba una descripción de las pesquerías canadienses en relación con los índices de abundancia SWNS y SGSL. Ambos índices se actualizaron hasta 2014 y se presentó al Grupo una versión estandarizada de los datos combinados.

Combinar los índices requirió superar las diferencias asociadas con la pesca en el océano Atlántico en comparación con el golfo de San Lorenzo. El Grupo señaló que las regiones tenían diferentes relaciones de captura-esfuerzo y recomendó que el esfuerzo se estandarizara por región para tener en cuenta este problema. El Grupo también advirtió de que la combinación de ambas regiones podría ser problemático debido a que tienen diferentes restricciones de cuota por área. Se recomendó desarrollar un índice combinado de Estados Unidos y Canadá de caña y carrete para peces de más de 177 cm SFL.

El documento SCRS/2015/035 presentaba índices de larvas de atún rojo independientes de la pesquería en el mar Mediterráneo occidental utilizando datos de prospecciones de ictioplancton recopilados desde 2001 hasta 2005 y desde 2012 hasta 2013. Los índices se desarrollaron utilizando tasas de captura de larvas recopiladas usando dos tipos diferentes de redes bongo, pescadas de tres formas, estandarizando en primer lugar las tasas de captura por arte/estilo de pesca y utilizando luego un enfoque de modelación delta lognormal. Los modelos delta-lognormales incluían un índice larvario básico que incluía las siguientes covariables: hora del día, una variable de área geográfica sistemática, mes y año; un índice larvario medioambiental estándar que incluía las siguientes covariables: temperatura media del agua entre la superficie y la profundidad de la capa de mezcla, salinidad media entre la superficie y la profundidad de la capa de mezcla, velocidad geostrófica, hora del día, una variable de área geográfica sistemática, mes y año; y un índice larvario ajustado al hábitat que incluía las siguientes covariables: una variable de hábitat potencial, hora del día, una variable de área geográfica sistemática y mes y año.

El Grupo indicó que una inquietud respecto a este índice es el hecho de que solo cubre un área en el Mediterráneo occidental. Esto podría solucionarse añadiendo prospecciones de larvas en otras zonas de desove del Mediterráneo. Por último, debido a la elevada correlación con las estimaciones de la biomasa reproductora del stock, se consideró un factor de apoyo para su inclusión en la próxima evaluación del stock. Se llegó a la conclusión de que mejorar los conocimientos sobre la supervivencia larvaria interanual y su dependencia de factores medioambientales, e incluir la información en el proceso de estandarización, mejoraría el índice.

En el documento SCRS/2015/036 se presentaron índices independientes de las pesquerías de biomasa reproductora del atún rojo occidental basados en datos de prospecciones de ictioplancton de la NOAA recopilados desde 1977 hasta 2013 inclusive en el golfo de México. Los índices se desarrollaron utilizando datos estandarizados a partir de los que se habían desarrollado índices anteriores (a saber, abundancia de larvas con un primer anillo de otolito diario en una superficie de 100 m² muestreada con una red bongo). Debido a la elevada

frecuencia de capturas cero durante las prospecciones de ictioplancton, los índices de abundancia de larvas se desarrollaron utilizando modelos delta-lognormal de ceros aumentados, lo que incluye las siguientes covariables: hora del día, momento del mes, área muestreada y año. Recientemente, se han realizado dos estudios sobre la edad y el crecimiento de las larvas de atún rojo en el golfo de México que fueron utilizados para actualizar la clave actual de edad-talla utilizada en la estandarización de los datos, y el índice fue recalculado. Los valores del índice actualizado fueron comparados con los desarrollados utilizando la clave edad-talla anterior, y las tendencias eran similares. Sin embargo, el índice desarrollado con la clave edad-talla actualizada tenía una mayor precisión, y se recomienda su uso en evaluaciones futuras, después de que esta nueva información sobre edad y crecimiento se haya publicado.

Los autores indicaron que las diferencias observadas al utilizar la nueva clave edad-talla estaban probablemente relacionadas con la inclusión de larvas más grandes en la estimación de la anterior clave edad-talla.

El Grupo sugirió implementar un modelo basado en el hábitat como próximo paso en la estandarización del índice. El Grupo recomendó también utilizar el mismo enfoque que con el índice desarrollado para el Mediterráneo occidental.

La identificación errónea de huevos y larvas de peces puede conducir a estimaciones imprecisas de la biomasa del stock que pueden activar solicitudes de cuotas mayores y conclusiones de ordenación poco sólidas. Un estudio reciente financiado por el GBYP (Puncher *et al.* entregado), que utilizaba herramientas genéticas para identificar larvas (n=188) recopiladas en tres zonas de desove en el Mediterráneo por diferentes instituciones que trabajan con ICCAT, reveló importantes diferencias en la precisión de las identificaciones taxonómicas llevadas a cabo por diferentes especialistas en ictioplancton siguiendo métodos basados en la morfología. Aunque menos de la mitad de las larvas facilitadas eran de atún rojo, otros taxones dominantes eran melvera (*Auxis rochei*), atún blanco (*Thunnus alalunga*) y bacoreta (*Euthynnus alletteratus*). Un examen de las posibles causas para estos errores de identificación descubrió varias imprecisiones en publicaciones relacionadas, prácticas de identificación diversas y bases de datos online erróneas. Por ello, los autores de este estudio sugirieron que se hagan esfuerzos para estandarizar los métodos de identificación de tñidos entre los grupos de investigación que participan en las prospecciones de larvas de ICCAT a través de sesiones de formación dirigidas por expertos.

7 Análisis de los datos de marcado que podrían usarse para incluir la estructura del stock y las tasas de mezcla en la evaluación de stock

El Grupo de marcado (TG) examinó los resúmenes de los datos de marcado actualmente disponibles en las bases de datos de marcado de ICCAT. El Grupo de marcado llegó a diversas conclusiones: (1) no había pruebas de que ningún pez entrara tanto en la zona de reproducción del golfo de México como en la del Mediterráneo, (2) los registros de juveniles del año marcados y liberados en el Atlántico oeste y recapturados en el Mediterráneo parecen ser errores de la base de datos (que debe revisar la Secretaría), (3) los registros de peces marcados como juveniles del año en el oeste y recapturados en el este demostraron tres recapturas en el golfo de Vizcaya y una en el estrecho de Gibraltar y (4) los registros de juveniles del año marcados en el este no mostraron ninguna recaptura en el oeste antes del final del primer año de vida.

El Grupo de marcado definió dos objetivos principales para la reunión relacionados con el marcado electrónico. El primero era identificar todos los posibles datos de marcado electrónico de atún rojo y definir la resolución mínima de la información de marcado electrónico requerida para introducirla en la evaluación de stock con miras a aportar información a las tasas de mezcla del stock. El segundo objetivo es crear un proyecto de formulario de solicitud de datos, identificar los metadatos requeridos, así como los campos de datos de la información sobre seguimiento de la migración.

El Grupo de marcado sugirió que los datos procedentes del marcado electrónico se utilizaran como datos de marcado principales para determinar la migración del stock, dependiendo de la disponibilidad. Se discutió el uso de datos de marcado convencional en la evaluación de stock, y se plantearon inquietudes acerca del sesgo de la tasa de mezcla, debido principalmente a la incertidumbre en las tasas de comunicación entre las flotas, a la heterogeneidad temporal y a los pequeños tamaños de la muestra en algunas regiones del stock. El Grupo de marcado llegó a la conclusión de que si los datos de marcado convencional se incluyen en el modelo de evaluación de stock, debería llevarse a cabo un análisis de sensibilidad excluyendo los datos de marcado convencional, con el fin de evaluar su influencia en las estimaciones de las tasas de mezcla del stock y del estado del stock.

Se elaboró una tabla que contenía los actuales investigadores que se sabe cuentan con información sobre marcado electrónico y se presentó al Grupo a título informativo (**Tabla 10**). El Presidente del SCRS preparará una petición común para enviar a todos los que dispongan de datos, para que los envíen en la mayor resolución posible, pero como mínimo en formato resumido para cumplir los requisitos para estimar las tasas de mezcla. Se debatió si cuando se soliciten los datos quedará claro a disposición de quién se pondrán estos datos. Se llegó al acuerdo de que se realizaría un resumen de los datos enviados con una lista de quién los ha enviado y se podría a disposición de todos los investigadores que hayan colaborado. El Grupo estableció el objetivo de contar con todos los datos antes de agosto de 2015 con el fin de contar con los resúmenes preliminares antes de la reunión del Grupo de especies de 2015.

El Grupo presentó el nivel de agregación para el envío de datos que debía pedirse a los investigadores y que incluía metadatos (**Tabla 11**) y resúmenes de seguimiento para los peces individuales, como días por área de stock por mes y año secuencial (**Tabla 12**). En la **Tabla 13** se presenta un ejemplo de información mínima requerida. El Grupo acordó que dadas las posibles modificaciones a la delimitación del área de stock del Mediterráneo, tendría sentido definir dos áreas, provisionalmente EastMed y WestCentralMed (ampliando así el modelo de 7 cajas de Kerr *et al.* 2014, publicado en Kerr, 2015, **Figura 7**). Se revisó también el área del golfo de México/Caribe para incluir solo el golfo de México e incluir el Caribe en la región del Atlántico oeste, ya que existen evidencias considerables de que peces del este se encuentran en el Caribe (**Figura 7**). Las nuevas áreas de stock se corresponden con la resolución de 5x5 que utiliza la Secretaría con el fin de que los datos de marcado electrónico agregados se correspondan con los datos de los desembarques. Además, los datos para el modelo de 8 regiones pueden agregarse en un modelo más simple, solo con el Atlántico este y el oeste y las zonas de desove (4 regiones, **Figura 8**).

Respecto a los datos de marcado convencional, debería hacerse el esfuerzo de clasificar si los datos de colocación y/o recaptura proceden de un observador científico. Un miembro del Grupo de marcado trabajará en las estimaciones de selectividad de la flota basadas en los datos de marcado convencional y facilitará también un código de R para asignar áreas geográficas basadas en lat/lon (**Figura 7**).

El Grupo de marcado trabajará también con el grupo que investiga sobre el stock de origen para evaluar el posible origen de cada pez marcado basándose en uno o más criterios y asignando posibles stocks de origen a aquellos peces marcados que no entraron en las zonas de desove y utilizando las demás fuentes de información.

El Grupo de marcado recomendó encarecidamente que el GBYP apoye el marcado electrónico que se va a llevar a cabo en el Mediterráneo oriental (por ejemplo, mar de Levante), donde existe actualmente una gran laguna en los datos sobre los patrones de migración del stock y, particularmente, en los datos sobre las tasas migratorias hacia el Mediterráneo occidental y el Atlántico oriental.

8 Análisis de los datos que pueden usarse para desarrollar claves edad-talla del stock

8.1 Clave edad-talla

Un pequeño grupo evaluó los datos existentes de edad-talla y stock de origen (ALSKG) para determinar el potencial de obtener claves edad-talla-stock (ALSK) por año, temporada y flota. Observando que dichas ALSK anuales y tan detalladas son el concepto ideal, las limitaciones en el tamaño de la muestra determinarán en último lugar los límites del progreso en este sentido.

El ALSKG avanzó en la evaluación en las cinco etapas descritas a continuación:

1. Verificar que todas las estimaciones de edad usaban el mismo protocolo y que se están siguiendo las cohortes adecuadamente.
 - a) El protocolo de determinación de la edad actualmente aceptado (Busawon *et al.* 2014, Secor *et al.* 2014) cuenta el número de bandas opacas y asigna la edad de acuerdo con este número.
 - b) En una evaluación que trabaja con años civiles, para seguir correctamente las cohortes es necesario asignar los peces correctamente al año de nacimiento.
 - c) Para hacerlo, se propone la norma de que si el pez es capturado entre el 1 de enero y el tiempo asumido de la formación de la banda opaca (1 de junio), entonces se añade 1 año a la edad. El momento de la formación de la banda opaca se deduce de la formación mensual del tipo de borde en las espinas de la aleta del atún rojo (Luque *et al.* 2014) y la formación de las bandas del marcado químico en el atún rojo

del sur (*Thunnus maccoyii*) (Clear *et al.* 2000). Ambas fuentes coinciden en que las bandas opacas se forman anualmente en verano (**Figura 9**).

- d) Para futuras lecturas de otolitos, se recomienda medir el ancho de la banda translúcida y continuar determinando si el momento de la formación de la banda opaca en los otolitos puede determinarse más precisamente.
2. Evaluar si la información existente es adecuada para usar las ALK.
 - a) Identificar y verificar cualquier par edad-talla atípico (lectores de otolitos).
 - b) ¿Están completos todos los intervalos? Definir intervalos de talla adecuados.
 - c) ¿Son los tamaños de la muestra suficientes para el este (561 peces en 2010-2012) y el oeste (2380 para 2009-2014)?
 - d) ¿Hay suficientes años representados y hay una tendencia a lo largo de los años? Evaluar la talla por edad media.
 - e) ¿Son las muestras representativas de la pesquería?
 - f) ¿Es necesaria una "norma" para tratar las lagunas en la ALK?
 3. ¿Aportan los nuevos datos de determinación de la edad información nueva sobre crecimiento?
 - a) ¿Es necesario reestimar las curvas de crecimiento de Restrepo *et al.* (2010) y Cort (1991) para que sean coherentes con los nuevos protocolos de determinación de la edad y los nuevos datos de edad-talla?
 - b) Al reestimar las curvas de crecimiento de Restrepo *et al.* (2010), ¿Debería hacerse con progresión de cohortes o sin ella?
 4. Evaluación de 2-3 pasos de qué método replica las edades conocidas (a finalizar para la reunión del grupo de especies).
 - a) Utilizar las curvas de Restrepo *et al.* (2010) y Cort (1991) y ejecutar la separación de cohortes basándose en la información sobre edad-talla conocida.
 - b) Ajustar la curva de crecimiento a los nuevos datos de determinación directa de la edad, usar la separación de cohortes para generar edades a partir de las mismas tallas.
 - c) Usar ALK para generar edades.
 - d) Comparar la composición por edades con edades conocidas para probar los tres métodos.
 5. Estimar toda la CAA con la separación (filo de cuchillo) y la ALK para evaluar (a finalizar para la reunión del grupo de especies).
 - a) CAA a partir de la separación (filo de cuchillo) y Restrepo *et al.* (2010) y Cort (1991) (CAA de continuidad)
 - b) CAA a partir de la separación (filo de cuchillo) y nuevas curvas de crecimiento
 - c) CAA a partir de ALK

El ALSKG determinó que el tamaño de la muestra por año era insuficiente para crear ALK anuales. Por ello, el mejor compromiso entre ALK incompletas y la posible confusión de las cohortes era crear una clave edad-talla plurianual. Esto no es coherente con los hallazgos del SCRS/2015/046, que indicaba que las claves de un año individual eran similares a la clave plurianual desarrollada para las pesquerías canadienses. Una breve evaluación de la edad media en intervalos de talla de 10 cm a lo largo de los años de datos en el oeste no halló una tendencia sistemática clara en el tiempo (**Figura 10**).

Se construyeron ALK plurianuales tanto para el este como para el oeste (**Figuras 11 y 12**), que indicaban que para el este había una cobertura relativamente buena, incluso para intervalos de 1 cm, para la mayoría de las tallas excepto para las tallas superiores a 250 cm SFL. El intervalo de talla exacto se determinará posteriormente. La ALK del este presenta también una variabilidad más reducida en la talla por edad que la ALK del oeste (**Figura 13**) que podría ser una función de menores tamaños de muestra en el este y un mayor número de muestras de un mes (**Figura 14**). Para el oeste, en la ALK faltan los peces de edad 0 y edad 1 y hay una laguna perceptible entre 150 y 175 cm SFL a intervalos de 1 cm.

La recomendación del ALSKG es aumentar las ALK del este y del oeste con muestras prestadas del otro stock para rellenar las lagunas. Para el oeste, las muestras por debajo de 75 cm SFL se añadirán a la ALK y para el este se añadirán muestras del oeste por encima de 220 cm SFL (**Figuras 15 y 16**). Esto representa un compromiso necesario para evitar la escasez de la matriz. También podría ser posible emplear otros enfoques para cubrir las ALK escasas, como utilizar la curva de crecimiento, enfoques bayesianos, etc.

Se indicó que el crecimiento rápido podría requerir ALK estacionales. Lamentablemente, la escasez de muestras haría difícil generar ALK estacionales debido a la distribución mensual de las muestras (**Figura 14**). Pero dado que el objetivo es determinar la edad de la captura, parece que las muestras de edad reflejan generalmente la distribución mensual de la captura en números entre 1960 y 2011 (líneas rojas en la **Figura 14**), excepto que en la distribución mensual de las muestras orientales falta el pico de desembarques de julio y agosto. Además, se prevé disponer de más muestras de edad-talla para el este en los próximos meses, lo que podría ayudar a rellenar la ALK.

Teniendo en cuenta la cantidad enormemente mayor de nuevos datos de determinación de la edad y la revisión de los protocolos de determinación de la edad, podría ser necesario revisar las curvas de crecimiento de Restrepo *et al.* (2010) y Cort (1991) y los detalles de dicha revisión deberían examinarse en la próxima reunión del Grupo de especies de atún rojo. Los datos utilizados en la curva de Restrepo *et al.* (2010) son escasos en comparación con los datos sobre crecimiento actualmente disponibles (**Figura 11**). Las tareas restantes relacionadas con las ALK plurianuales son seguir los protocolos descritos más arriba para evaluar el rendimiento de los tres métodos.

8.2 Composición mixta del stock

Respecto a la composición mixta del stock y a la posibilidad de obtener claves edad-talla-stock, el ALSKG evaluó la información de edad-talla de la pesquería canadiense en la que se determinó el stock de origen mediante microelementos de otolitos. La primera etapa evaluó los datos que mostraban la probabilidad de proceder del oeste para cada pez por talla para todos los años combinados (**Figura 17**). A partir de estos datos, se pudo derivar una clave de probabilidad de stock (**Figura 18**).

Asignar un ID de stock a cada uno de los peces utilizados en la **Figura 17** utilizando un umbral de 0,54 facilita el desarrollo de dos claves separadas de edad-talla (**Figura 19**). Las ALK podrían usarse de forma estándar para determinar la edad de la captura a partir de flotas dirigidas a un stock "puro". Actualmente, las ALK son escasas para el este, y podrían aumentarse con peces de flotas y zonas que se sepa son originarios del este. Para el oeste, las ALK son suficientes para peces de más de 180 cm SFL, pero escasas por debajo de esta medida. El Grupo consideró que estas ALK podrían usarse para cada stock pero que, en la medida en que las pesquerías reflejan una mezcla de stocks, aplicar una ALK específica del stock podría no ser necesariamente adecuado.

La asignación global de la composición por stock de la captura por flota o zona podría ser extremadamente útil, independientemente de cómo se determine la edad de la captura. Algunas flotas pueden considerarse flotas dirigidas a un stock "puro" y otras pueden considerarse mixtas, por lo que podría ser posible aplicar el enfoque de una clave edad-talla-stock a flotas mixtas. Será necesario evaluar la estructura flota/área para determinar la composición de la captura por stock y la disponibilidad de muestras para la determinación de la identificación del stock (**Figura 20**). Para que dicho enfoque sea viable, es crítico que las estimaciones de la composición por stock puedan obtenerse para las pesquerías de stocks mixtos y que se lleven a cabo análisis pareados de microelementos-genéticos-de edad en el mismo pez.

El ALSKG discutió también el papel de la información sobre la mezcla del stock en la evaluación de stock de 2016. Esta información debería integrarse con la información sobre marcas convencionales y electrónicas. Las comparaciones preliminares de los resultados a partir de la forma del otolito, los estudios genéticos y de isótopos estables de otolitos (genotipificación GBS SNP) han proporcionado una asignación a la cuenca reproductora prometedora y coherente. Por ejemplo, los desembarques en el Atlántico central y en aguas de las costas de Marruecos parecen contener un número no despreciable de atunes de origen occidental, mientras que las muestras analizadas de la costa de Portugal sugieren una contribución del oeste mucho menor.

El ALSKG señala la importancia de usar los mismos peces para las tres (o más) mediciones (análisis genéticos, de microelementos y de forma del otolito) como paso crítico para desarrollar ALSK y para conciliar la inferencia entre los métodos. Para desarrollar una metodología para separar los stocks, debería concederse prioridad a obtener y procesar muestras del golfo de México y del Mediterráneo ya que es más probable que en estas zonas las muestras sean originarias de un stock "puro". Para ello, son necesarias muestras adicionales tanto del golfo de México como del Mediterráneo oriental (es decir, el mar de Levante). Para dividir los desembarques, debería evaluarse la cobertura de las muestras originarias de un stock por pesquería (como se describe a grandes rasgos en la **Figura 20**) y debería concederse prioridad a flotas/áreas de elevado potencial de pesquerías de stocks mezclados o a aquellas con una cobertura de muestras limitada para análisis de la composición por stock.

El ALSKG destacaba la necesidad de analizar nuevas muestras de estas regiones con el fin de facilitar datos para la evaluación de stock de 2016. Representantes de la investigación sobre cada uno de los métodos se mostraron

de acuerdo en la viabilidad de lograr esta tarea con las oportunidades de financiación adicional de la Fase 5 del GBYP.

En preparación para la evaluación de stock de 2016 deben alcanzarse los siguientes objetivos:

1. Desarrollar una base de datos que contenga información sobre el origen natal para las muestras recogidas por el GBYP y otros programas de muestreo.
 - a) Metainformación para incluir la fecha y localización, talla del pez, medición asociada con la metodología de clasificación y probabilidad de ser originario del este y del oeste por método.
2. Conciliar la asignación de origen utilizando muestras del mismo pez cuando se produzcan diferencias.
3. Verificar el origen de los datos de base utilizados por cada método.
4. Estimar proporciones de mezcla espacial y predecir el origen de los ejemplares utilizando análisis integrados con múltiples tipos de datos (por ejemplo, genéticos, morfométrica del otolito y microelementos).
5. Desarrollar claves edad-talla-stock para las áreas/pesquerías de stocks mezclados.
6. Establecer tasas de mezcla por áreas de 8 cajas o de 2 cajas.

9 Recomendaciones

9.1 Recomendaciones generales

1. El Grupo apoyó el Plan estratégico del SCRS para actualizar el catálogo de evaluaciones de stock con el fin de garantizar que el software utilizado está bien documentado y cuenta con un manual de usuario y un código. Respaldo también la reciente solicitud de la Secretaría de que los relatores de los grupos de especies revisaran el catálogo de software de ICCAT para ver si los procedimientos actuales deberían actualizarse y si son coherentes con las mejores prácticas. En particular, el Grupo reiteró recomendaciones anteriores de que todo el software que se utilice para generar la base para el asesoramiento científico a los gestores debe incluirse en el catálogo con bastante antelación a la siguiente reunión de evaluación de stock.
2. El Grupo recomendó que la Secretaría solicite revisiones a los datos de Tarea I y Tarea II enviados a ICCAT por cada CPC con importantes pesquerías de atún rojo. Específicamente, se solicita a las CPC que:
 - a) Presenten metadatos detallados que describan la calidad de los datos disponibles de Tarea I y Tarea II de conformidad con las especificaciones del Grupo de trabajo sobre métodos de 2014 (Anon. 2015) (véase el **Apéndice 5**).
 - b) Revisen sus envíos de datos de talla de Tarea II para incluir las muestras de talla reales utilizadas para estimar la captura por talla (en lugar de solo la captura por talla) y, cuando proceda, utilizando las conversiones de peso/talla adoptadas aquí (de conformidad con las disposiciones incluidas en el **Apéndice 4** de este informe).
 - c) Considerando que la adopción de nuevas relaciones talla-peso puede tener implicaciones en las capturas nominales de Tarea I, en particular para aquellas series que utilizaron factores de conversión talla-peso para estimar las capturas, el Grupo recomendó a las CPC implicadas que actualizaran sus series de Tarea I mediante un plan de trabajo plurianual.

9.2 Recomendaciones respecto a marcado

1. El Grupo recomendó que el Presidente del SCRS envíe una carta a los corresponsales de marcado de cada CPC y a todos los investigadores individuales que se sabe han llevado a cabo estudios de datos de marcado electrónico sobre atún rojo solicitando que faciliten sus datos a la Secretaría de ICCAT antes de septiembre de 2015.

2. El envío de datos de marcas electrónicas individuales debería incluir, como mínimo, una resolución de días por región de stock (modelo de 8 cajas) resumida por mes y año secuenciales (véase, como ejemplo, la **Tabla 12**).
3. Debería llevarse a cabo un análisis de los datos de marcado electrónico para estimar la probabilidad de ocurrencia en una región (entre las regiones del modelo de 8 cajas) por stock, mes del año y clase de talla. Esto debería realizarse a tiempo para la reunión de preparación de datos de atún rojo de 2016.
4. Los modelos de evaluación de stock deberían intentar incorporar datos de marcado electrónico y considerar también la incorporación de datos de marcado convencional (al menos como análisis de sensibilidad) para determinar la influencia y el sesgo potencial sobre la tasa de mezcla del stock y las estimaciones del estado del stock.
5. En el Mediterráneo oriental (es decir, el mar de Levante y el Egeo) debería llevarse a cabo marcado electrónico y muestreo de tejidos, ya que actualmente existe una gran laguna en los datos sobre patrones de migración del stock.

9.3 Recomendaciones sobre claves edad-talla y mezcla del stock

1. Procesar las muestras existentes antes de finales de 2015 poniendo especial énfasis en las zonas prioritarias definidas más abajo* y las muestras comparadas con información completa para edad, genética, forma del otolito y microquímica.
2. Recopilar muestras adicionales de zonas prioritarias* y de flotas y momentos con poca cobertura de muestreo y un alto grado de mezcla potencial.
3. Recopilar una matriz de edad completa, composición por stock (genética) y microelementos por flota, área y año; solicitar todos los datos de composición disponibles en un formato a desarrollar.
4. Desarrollar métodos para obtener claves edad-stock-talla a partir de toda la información disponible sobre composición por stock/edad.
5. Reevaluar las curvas de crecimiento, probar la ALK frente al método de separación de edades (filo de cuchillo) y desarrollar matrices de CAA nuevas y de continuidad para la evaluación de 2016.

9.4 Recomendaciones sobre ecología larval e índices de la población reproductora

La investigación en curso sobre el vínculo entre las condiciones medioambientales y la distribución espacial y la supervivencia de las larvas de atún rojo en las Baleares, llevada a cabo por el grupo de ecología larval IEO/SOCIB, representa una oportunidad excelente para mejorar los conocimientos científicos sobre el desarrollo de índices larvales para la SSB. Actualmente, esta es la única prospección independiente de la pesquería para el atún rojo del este, a excepción de las prospecciones aéreas, y se ha demostrado que este índice está muy correlacionado con la SSB gracias a los resultados del modelo de evaluación de 2014. Esta investigación podría proporcionar datos importantes para la próxima y futura evaluación del atún rojo oriental, en este punto se recomienda continuar esta línea de investigación basada en prospecciones de larvas alrededor de las Baleares, centrándose en las siguientes tareas:

- Hacer una verificación cruzada de las predicciones del modelo larval-medioambiental con los indicadores de la evaluación de atún rojo como la biomasa reproductora, la fuerza de la cohorte basada en la edad o la captura por edad.
- Exportar el modelo larval-medioambiental a evaluar a otras zonas de desove conocidas del atún rojo. Esto incluirá: identificar los requisitos en cuanto a datos medioambientales y los protocolos de muestreo para la recopilación de larvas.
- Continuar fomentando una colaboración estrecha entre los científicos especialistas en atún rojo del este y del oeste a través del marco de investigación del GBYP, lo que incluye probar el modelo larval-medioambiental con la población reproductora del golfo de México.

* Las zonas prioritarias incluyen zonas conocidas de desove, el golfo de México y el Mediterráneo oriental.

9.5 Recomendaciones respecto a estudios sobre el ciclo vital

1. El Grupo indicó que se habían llevado a cabo muchos trabajos sobre la reproducción del atún rojo a lo largo de los años, muchos de los cuales fueron revisados durante la anterior reunión sobre datos de atún rojo celebrada en Tenerife (Anon. 2014). La evaluación se beneficiaría de una exhaustiva reconsideración de estos trabajos combinados, con el fin de reexaminar los supuestos tanto del este como del oeste relacionados con la contribución reproductiva realizada por edad, lo que incluye sin limitarse a ello, la parte de la población reproductora por edad, la edad de madurez, la fecundidad, la frecuencia de desove, la ratio de sexos, la duración de la reproducción y la calidad de los huevos.

10 Otros asuntos

10.1 Examen de los documentos relacionados con métodos de evaluación de stock

El documento SCRS/2014/054 reexaminaba el ajuste de las relaciones stock-reclutamiento (SRR) para el stock de atún rojo del Atlántico oeste respecto a la elección del modelo (Beverton-Holt frente al modelo de 2 líneas) y la invocación de un "cambio de régimen" en 1976 para explicar los menores reclutamientos anuales estimados en años posteriores. Se descubrió que los modelos stock reclutamiento con parámetros constantes no se ajustaban adecuadamente a los resultados de la evaluación del VPA de 2014, pero no era necesario asumir un cambio irreversible y puntual en un momento arbitrario, al igual que se hizo en el SCRS/2014/200. Se obtuvieron ajustes mejorados a los resultados del VPA de 2014 modelando bien el parámetro a (inclinación) o el parámetro K (pivot o relacionado con la capacidad de transporte) como parámetros que varían en el tiempo gobernados por un proceso estocástico Gausiano estacionario. El modelo K variable facilitaba un ajuste ligeramente mejor a los datos y tiene la ventaja de que las definiciones de los puntos de referencia relacionados con F , como F_{RMS} , son independientes de las variaciones. La definición actual de B_{RMS} reposa en el supuesto de un parámetro invariable en el tiempo. La definición debe modificarse para que tenga sentido en un contexto de variación en el tiempo. Las simulaciones preliminares sugieren que la " B_{RMS} flotante" (definida como la biomasa que resulta de mantener F fijada en F_{RMS}) proporciona un punto de referencia más estable que el obtenido asumiendo que los parámetros actuales no cambiarán.

El Grupo discutió opciones para adoptar este enfoque en futuras evaluaciones, y las implicaciones en términos de cambio en la percepción del estado del stock. El método propuesto permite a los puntos de referencia cambiar en el tiempo sin tener que hacer elecciones arbitrarias acerca de los puntos de cambio. Se aclaró que F_{RMS} es constante con una K que varía en el tiempo porque solo depende del parámetro a (inclinación), el crecimiento y la mortalidad natural. El Grupo se preguntó acerca de los cambios reales en el valor K y el estado del stock actual relativo. Se mencionó que el estudio presentaba un valor de K menor en los años recientes. El Grupo discutió también si el diagrama de Kobe tiene sentido con una K y una B_{RMS} variables en el tiempo. Se llegó al acuerdo de que los diagramas de Kobe podrían seguir siendo pertinentes incluso con una B_{RMS} variable, pero que depende de cómo se defina B_{RMS} en el caso variable en el tiempo. Definir B_{RMS} como la biomasa correspondiente a F_{RMS} podría tener alguna ventaja a la hora de proporcionar un elemento de referencia estable. Sin embargo, la utilidad de puntos de referencia diferentes, incluidas B_{RMS} y B_0 , debería probarse idealmente en el contexto de la evaluación de estrategias de ordenación (MSE).

El Grupo indicó que hay un segundo problema, separado, relacionado con RMS. Tal y como está definido actualmente, el RMS depende del patrón de selectividad de la pesquería combinada, que puede cambiar en el tiempo independientemente de la biología. El Grupo de trabajo consideró que podría ser útil definir puntos de referencia de RMS independientemente del actual patrón de selectividad, por ejemplo, en relación a un patrón de selectividad uniforme por encima de cierta edad mínima. Se observó que B_0 , tal y como se usa en la Comisión Pesquera del Pacífico central y occidental (WCPFC), es también independiente del patrón de selectividad.

El SCRS/2015/045 detallaba temas relacionados con los datos requeridos y con los supuestos que requieren discusión para avanzar en los métodos de evaluación estadísticos basados en la talla para el atún rojo del Atlántico. Las necesidades inmediatas eran obtener los datos de composición de tallas para ciertos índices de abundancia para el Atlántico occidental para los que se dispone de datos no agregados por edad y comprobar las opciones para agrupar flotas diferentes que en los análisis se asume que tienen la misma selectividad. Las discusiones más en profundidad se remitieron a un pequeño grupo formado por los autores y los miembros pertinentes de la Secretaría, y dicho grupo resolvió las cuestiones que requerían una atención inmediata.

El SCRS/2015/003 presentaba el trabajo preliminar de una verificación cruzada llevada a cabo utilizando la última evaluación de VPA del atún rojo del Atlántico oriental. En la verificación cruzada, el posible método de

evaluación se ajusta recortando por detrás, es decir, eliminando sucesivamente datos del año n , $n-1$ a n , proyectando posteriormente al año n basándose en los ajustes de la evaluación, es decir, retrospectiva con una proyección. En el ejemplo presentado, las series de CPUE se consideran representativas de la dinámica del stock, pueden usarse como una medida de validación independiente del modelo para identificar qué escenario del Atlántico oriental (especificaciones de la proyección del VPA) tiene el mejor poder de predicción comparando los conjuntos de datos observados y predichos. La verificación cruzada puede usarse también para identificar qué series de datos proporcionan una señal de la tendencia del stock y cuáles de ellas son solo ruido. Por tanto, la verificación cruzada puede utilizarse como una forma para decidir objetivamente sobre los escenarios de evaluación.

Se discutió el impacto de los supuestos del pro2box en las proyecciones, es decir el patrón de selección y reclutamiento. Se explicó que, dado que el ejercicio era una validación de la práctica actual del grupo de especies de atún rojo, el procedimiento utilizado para establecer las opciones en el pro2box era el mismo que el utilizado en la última evaluación (es decir, para establecer el reclutamiento y calcular el patrón de selección). Se realizó la proyección para las mismas capturas totales utilizadas en el VPA.

10.2 Refinamiento de la solicitud de metadatos a las CPC

Siguiendo las recomendaciones del SCRS y del Grupo de trabajo sobre métodos de evaluación de stock (Anon. 2014), el Grupo solicitó que las CPC presenten información sobre la calidad, los procedimientos y los protocolos para la recopilación de información biológica y sobre pesquerías en sus pesquerías de atún rojo. La Secretaría preparará un formulario basado en la información solicitada (véase el **Apéndice 5**) que enviará a las CPC con importantes pesquerías de atún rojo. Estos datos deberían incluir descripciones de la cobertura de muestreo, las metodologías y los protocolos para la recopilación de datos, determinación de la talla y muestreo de la captura y programas de muestreo biológico. La información recopilada se reunirá como metadatos para las actuales estadísticas pesqueras de Tarea I y Tarea II. La información recibida debería reunirse y presentarse a la próxima reunión del Grupo de trabajo.

10.3 Examen de las actividades realizadas en el marco del plan de trabajo establecido por el Grupo de modelación y definir el marco para este Grupo en el futuro

En la presentación SCRS/2015/P/003 se resumieron las actividades de modelación realizadas en el marco del GBYP. El Grupo de modelación (CMG) del GBYP se reunió en diciembre de 2014 (http://www.iccat.int/GBYP/Documents/MODELLING/PHASE%204/BFTMSE_CMG1_Report.pdf). Los miembros del CMG son el coordinador y experto técnico (contratado a través del GBYP), miembros ex-oficio (Presidente del SCRS, relatores de atún rojo del este y del oeste y personal de la Secretaría) y expertos invitados con experiencia diversa. Uno de los principales objetivos de la reunión del CMG fue desarrollar un plan de trabajo para la MSE, véase la **Tabla 1** de la referencia.

Durante la fase IV del GBYP, el experto técnico era responsable de presentar tres documentos, i) un ejemplo de marco de simulación de una MSE basado en un código flexible orientado a objetos para los modelos operativos y de observación (<https://github.com/tcarruth>), ii) una prueba preliminar de simulación de las normas de control de la captura existentes y nuevas (Carruthers *et al.* presentado) y iii) una ampliación del trabajo de análisis del riesgo proporcionando una demostración del posible uso de las redes Bayesianas para presentar los resultados de la MSE a las partes interesadas.

Durante fases anteriores del GBYP, se han llevado a cabo diversos trabajos y contratos de modelación. Estos trabajos incluyen un ejemplo de procedimiento de ordenación (Cooke, 2012), el paquete de ALK en R (Loff *et al.*, 2013), extrapolar la Tarea I y la Tarea II utilizando la imputación (Carruthers *et al.* en prep.) y el desarrollo de modelos estadísticos de captura por edad para condicionar los modelos operativos (<https://github.com/MarieEtienne/ICCAT-BFT>).

Se utilizó un marco de análisis del riesgo para proporcionar una manera formal de evaluar y gestionar el riesgo, en el que el riesgo se define como una incertidumbre que, si sucede, tendrá efecto en los objetivos (Hillson, 2011). Esto requiere gestionar las causas de incertidumbre con el fin de garantizar que se cumplen los objetivos de ordenación, más que solo gestionar las consecuencias. Sobre este tema se han escrito tres documentos. Una revisión histórica (Fromentin *et al.* 2014), una dilucidación sobre las percepciones de las partes interesadas de la incertidumbre (Leach *et al.*, 2014) y formas de especificar y ponderar los escenarios al realizar una MSE (Levontin *et al.* 2014).

Además del trabajo que se está llevando a cabo en el marco del GBYP, se están escribiendo diversos documentos con varios autores para avanzar en el trabajo relacionado con la MSE. Uno, que trata sobre la verificación cruzada para probar el poder de predicción de los modelos de evaluación de stock, es una continuación del trabajo realizado en la Conferencia mundial sobre métodos de evaluación de stock (Deroba *et al.* 2014). Se está desarrollando un modelo de evaluación estructurado por etapas que puede utilizarse como procedimiento de ordenación (MP) y como una herramienta para evaluar el valor de la información. Se está llevando a cabo una revisión de la robustez del asesoramiento de ordenación basada en supuestos alternativos del stock respecto a la incertidumbre acerca de las hipótesis sobre población, tal y como se recomendó en la reunión de Boston (Anon. 2013).

Por último, se reconoció el trabajo llevado a cabo por el SCRS (por ejemplo con el atún blanco) y por otras OROP de túnidos.

11 Adopción del informe y clausura

El informe fue adoptado durante la reunión.

El Presidente del SCRS anunció que en la próxima reunión de este Grupo de trabajo que se celebrará a finales de septiembre, el Dr. Yukio Takeuchi (Japón) sustituirá al Dr. Clay Porch (Estados Unidos) como relator de atún rojo occidental. El Presidente del SCRS agradeció al Dr. Porch sus muchos años en este puesto y le pidió que continuara como coordinador general de atún rojo para facilitar la transición.

El Presidente agradeció a la Secretaría y a los participantes el gran trabajo realizado.

La reunión fue clausurada.

Referencias

- Anon. 2013. Report of the 2012 meeting of the ICCAT Working Group on Stock Assessment Methods (WGSAM). ICCAT, Collect. Vol. Sci. Pap. 69 (3): 1354-1426.
- Anon. 2014. Report of the 2013 bluefin meeting on biological parameters review. ICCAT, Collect. Vol. Sci. Pap. 70 (1): 1-159.
- Anon. 2015. Report of the 2014 meeting of the ICCAT Working Group on Stock Assessment Methods (WGSAM). SCRS/2014/010 (In this Volume)
- Aranda G, Medina A, Santos A, Abascal FJ, Galaz T. 2013a. Evaluation of Atlantic bluefin tuna reproductive potential from ovarian histology and its use in stock assessments. *Journal of Sea Research* 76: 154–160.
- Aranda G, Abascal FJ, Varela JL, Medina A. 2013b. Spawning Behaviour and Post-Spawning Migration Patterns of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) Ascertained from Satellite Archival Tags. *PLoS ONE* 8(10): e76445.
- Block, B. A., Teo, S. L. H. , Walli, A. , Boustany, A. M. , Stokesbury, M. J. W. , Farwell, C. J. *et al.* 2005 Electronic tagging and population structure of Atlantic blueWn tuna. *Nature* 434:1121–1127. doi:10.1038/nature03463
- Boustany, A. M., Reeb C. A., Block B. A. 2008. Mitochondrial DNA and electronic tracking reveal population structure of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Marine Biology* 156:13–24
- Busawon, D. S., Rodriguez-Marin, E., Lastra Luque, P., Allman, R., Gahagan, B., Golet, W., Koob, E., Siskey, M., Ruiz Sobrón, M., Quelle, P., Neilson, J., and Secor, D. H. 2015. Evaluation of an Atlantic Bluefin Tuna Otolith Reference Collection. SCRS/2014/038. (In this Volume)
- Carlsson, J., McDowell, J. R., Carlsson, J. E. L., Graves J. E. 2007. Genetic identity of YOY bluefin tuna from the eastern and western Atlantic spawning areas. *Journal of Heredity* 98: 23–28.
- Carruthers T., L. T. Kell, and C. Palmer. An evaluation of the impact on uncertainty in data processing on stock assessment and management advice. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* (submitted).

- Carruthers T., L. T. Kell, M. Maunder, H. Geromont, C. Walters, M. McAllister, R. Hillary, T. Kitakado, C. Davies, P. Levontin, and Butterworth D. Performance review of simple management procedures. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil (submitted).
- Clear, N. P. J. S. Gunn, and A. J. Rees. 2000. Direct validation of annual increments in the otoliths of juvenile southern bluefin tuna by means of a large-scale mark recapture experiment with strontium chloride. Fish. Bull 98:25-40.
- Corriero, A., Karakulak, S., Santamaria, N., Deflorio, M., Spedicato, D., Addis, P., Desantis, S., Cirillo, F., Fenech-Farrugia, A., Vassallo-Agius, R., de la Serna, J. M., Oray, Y., Cau, A., Megalofonou, P., Metrio, G., 2005. Size and age at sexual maturity of female bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758) from the Mediterranean Sea. Journal of Applied Ichthyology 21, 483–486.
- Cort, J. L. 1991. Age and growth of the bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (L.), of the northeast Atlantic. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 35 (2): 213–230.
- Diaz, G. 2010. A revision of western Atlantic bluefin tuna age of maturity derived from size samples collected by the Japanese longline fleet in the Gulf of Mexico (1975-1980). ICCAT, Collect. Vol. Sci. Pap. 66 (3): 1216-1226.
- Dickhut, RM, Deshpande AD, Cincinelli A, Cochran MA, Corsolini S, Brill RW, Secor DH, and Graves JE. 2009. North Atlantic bluefin tuna population dynamics delineated by organochlorine tracers. Environmental Science and Technology 43:8522-8527.
- Fraile, I., Arrizabalaga, H. Rooker, J. R. 2014. Origin of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Bay of Biscay. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, fsu156.
- Heinisch, G., Rosenfeld, H., Knapp, J. M., Gordin, H. & Lutcavage, M. E. Sexual maturity in western Atlantic bluefin tuna. Sci. Rep. 4, 7205; DOI:10. 1038/srep07205 (2014).
- Justel A., Ortiz M., Palma C., Gallego J.L., Idrissi M. and Di Natale A. 2014. Preliminary evaluation of the total catches of eastern bluefin tuna: a comparison of the GBYP and ICCAT Task I databases (1950-2011). ICCAT, Collect. Vol. Sci. Pap. 70 (2): 518-536.
- Kerr L.A., Cadrin S.X., Secor D.H. and Taylor N. 2015. Evaluating the effect of Atlantic bluefin tuna movement on the perception of stock units. SCRS/2014/170 (In this Volume).
- Knapp, J. M. , Aranda, G. ,Medina, A. & Lutcavage, M. Comparative assessment of the reproductive status of female Atlantic bluefin tuna from the Gulf of Mexico and the Mediterranean Sea. PloS One 9, e98233 (2014).
- Luque, [E Rodriguez-Marin](#), E, Landa, J, Ruiz, Mm Quelle, P, Macias, D, Ortiz de Urbina, J. M. 2014. [Direct ageing of Thunnus thynnus from the eastern Atlantic Ocean and western Mediterranean Sea using dorsal fin spines](#). Journal of Fish Biology 06/2014; 84(6):1876-90.
- Medina A, Abascal FJ, Aragón L, Mourente G, Aranda G, *et al.* (2007). Influence of sampling gear in assessment of reproductive parameters for bluefin tuna in the western Mediterranean. Marine Ecology Progress Series 337: 221–230.
- Ortiz M., Justel Rubio A. and Gallego J.L. 2015. Review and analyses of farm harvested size frequency samples of eastern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). SCRS/2014/040 (In this Volume).
- Piccinetti C., Di Natale A., Arena P. 2013. Eastern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, L.): Reproduction and reproductive areas and seasons. Collect. Vol. Sci. Pap., ICCAT, 69 (2): 891-912.
- Restrepo, V. R., Diaz, G. A., Walter, J. F., Neilson, J. D., Campana, S. E., Secor, D., and Wingate, R. L. 2010. Updated estimate of the growth curve of Western Atlantic Bluefin Tuna. Aquat. Living Resour., 23: 335–342.
- Rodríguez-Roda J (1967). Fecundidad del atún, *Thunnus thynnus* (L.), de la costa sudatlántica de España. Investigación Pesquera 31: 33–52.
- Rooker, J. R., Arrizabalaga, H., Fraile, I., Secor, D. H., Dettman, D. L., Abid, N., Addis, P., Deguara, S., Karakulak, F. S., Kimoto, A., Sakai, O., Macías, D., Santos, M. N. 2014. Crossing the line: migratory and homing behaviors of Atlantic bluefin tuna. Marine Ecology Progress Series 504: 265-276.

- Schirripa M. 2011. A literature review of Atlantic bluefin tuna age at maturity. Collect Vol. Sci. Pap. ICCAT 66 (2): 898-914.
- Zupa, A. Corriero, M. Deflorio, N. Santamaria, D. Spedicato, C. Marano, M. Losurdo, C. R. Bridges and G. De Metrio. A histological investigation of the occurrence of non-reproductive female bluefin tuna *Thunnus thynnus* in the Mediterranean Sea Journal of Fish Biology (2009) 75, 1221–1229.

TABLAS

Tabla 1. Estimaciones de capturas nominales de Tarea I (t) para el atún rojo, por stock, región, pabellón y año (1980-2013).

Tabla 2. Catálogo de los datos de T2CE del GBYP provisionalmente integrados en la ICCAT-DB (las celdas sombreadas en amarillo tienen conjuntos de datos en revisión). Deben incluirse la captura y esfuerzo del cerco noruego (1950-1978) (con alguna información reciente sobre el número de cerqueros).

Tabla 3 BFT-E (región del Atlántico). Catálogo de Tarea I versus principales pesquerías de Tarea II (combinaciones pabellón/arte clasificadas por su orden de importancia de Tarea I) y año (1980 a 2013). [El esquema de colores de Tarea II tiene una concatenación de caracteres (“a”= T2CE existe; “b”= T2SZ existe; “c”= CAS existe) que representa la disponibilidad de datos de Tarea II en las bases de datos de ICCAT].

Tabla 4BFT-E (MD). Catálogo de Tarea I versus principales pesquerías de Tarea II (combinaciones pabellón/arte clasificadas por su orden de importancia de Tarea I) y año (1980 a 2013). [El esquema de colores de Tarea II tiene una concatenación de caracteres (“a”= T2CE existe; “b”= T2SZ existe; “c”= CAS existe) que representa la disponibilidad de datos de Tarea II en las bases de datos de ICCAT].

Tabla 5 BFTW. Catálogo de Tarea I versus principales pesquerías de Tarea II (combinaciones pabellón/arte clasificadas por su orden de importancia de Tarea I) y año (1980 a 2013). [El esquema de colores de Tarea II tiene una concatenación de caracteres (“a”= T2CE existe; “b”= T2SZ existe; “c”= CAS existe) que representa la disponibilidad de datos de Tarea II en las bases de datos de ICCAT].

Tabla 6. Datos actuales de talla de Tarea II disponibles en ICCAT (principales CPC, por stock) que está previsto revisar antes de la reunión del SCRS de 2015.

Tabla 7. Heterogeneidad estructural en los conjuntos de datos de T2SZ de atún rojo (número de conjuntos de datos en toda la base de datos de ICCAT (ICCAT-DB)) por stock/área (1950-2013), con varios parámetros de metadatos (tipos de frecuencia, límites/intervalos de clase, estratos espacio-temporales). Los colores de las celdas (amarillo(baja)->verde(alta)) indican la importancia relativa de cada celda en los 579 conjuntos de datos.

Tabla 8. Resumen de los resultados obtenidos para las relaciones biométricas del atún rojo del Atlántico por stock. Variables de función independientes y dependientes (X e Y), número de ejemplares (n), parámetros de las ecuaciones lineales y no lineales y coeficiente de determinación (r^2). Longitud recta a la horquilla (SFL), longitud curva a la horquilla (CFL), longitud recta a la primera espina dorsal (LD1), longitud de la cabeza (HeadL), longitud preopercular (PreopL), peso vivo (RWT), peso eviscerado (GWT), peso eviscerado y sin agallas (GGWT), eviscerado, sin agallas y sin cola (GGWT) y peso canal (DWT). La tabla incluye las relaciones talla-peso estandarizadas (RWT_std-SFL_std). Todas las unidades de talla son centímetros (cm) y las de peso kilogramos (kg).

Tabla 9. Coeficientes estimados alfa y beta para la relación talla-peso mensual del atún rojo del Atlántico ($RWT_std_M = \alpha * SFL_std^{(\beta * \ln Month)}$). Todas las funciones corresponden a longitud recta a la horquilla (SFL) cm y a peso vivo (RWT) kg.

Tabla 10. Inventario de marcas electrónicas colocadas en atunes rojos.

Tabla 11. Metadatos que deben facilitar los colaboradores que envían datos de marcado electrónico.

Tabla 12. Formato de los datos de migración resumidos que deben facilitar los investigadores colaboradores.

Tabla 13. Ejemplo de metadatos y de datos de migración resumidos para un atún rojo marcado electrónicamente.

FIGURAS

Figura 1. Captura nominal general de Tarea I (t) de atún rojo del este (BFTE) por región (Atlántico nororiental y Mediterráneo) y año (1950-2013).

Figura 2. Captura nominal general de Tarea I (t) de atún rojo del oeste (BFTW) por año (1950-2013).

Figura 3. Áreas de muestreo estadístico actuales de atún rojo.

Figura 4. Nuevas áreas de muestreo estadístico para el atún rojo. La línea roja es el límite entre las unidades de stock del este y el oeste, el golfo de San Lorenzo corresponde a la nueva zona de muestreo BF50.

Figura 5. Captura nominal general de Tarea I (t) de atún rojo del este (BFTE) (%) de artes sin clasificar por región (Atlántico este y Mediterráneo) y año (1950-2013).

Figura 6. Captura nominal general de Tarea I (t) de atún rojo del oeste (BFTW) (%) de artes sin clasificar por año (1950-2013).

Figura 7. Delineaciones de área geográfica para las solicitudes de envío de datos de marcado electrónico agregados. Las áreas representan un modelo de ocho cajas, una modificación de las delimitaciones de área geográfica propuestas por Kerr *et al.* (SCRS/2014/170).

Figura 8. Áreas geográficas agregadas con zonas de desove para su consideración en una evaluación de stock mixta. Los datos de las zonas de desove pueden agregarse más en las regiones este y oeste correspondientes para un modelo de evaluación de 2 cajas (por ejemplo, VPA-2box).

Figura 9. Formación mensual del tipo de borde en espinas de aletas de atún rojo (reimpresión de Luque *et al.* 2014). El sombreado oscuro es el borde opaco y el claro es el borde translúcido y la frecuencia representa la frecuencia de cada tipo de borde.

Figura 10. Edad por talla media a intervalos de 10 cm para los años 2009-2014.

Figura 11. Pares edad-longitud a la horquilla recta del oeste y pares edad-talla usados en la curva de crecimiento de Restrepo *et al.* (2012) (las R naranjas son de Campana y las azules de Secor). Los círculos representan potenciales lagunas en los datos.

Figura 12. Superposición de la información sobre talla furcal recta y edad del este (verde) y el oeste (negro) para la ALK a intervalos de 1 cm.

Figura 13. Mediana y rango intercuartil de la longitud por edad furcal recta para los conjuntos de datos de determinación de la edad del este (rojo) y del oeste (azul).

Figura 14. Distribución de muestras de edad por mes para el oeste (A) y el este (B). Las líneas rojas son la distribución relativa de los desembarques en número por mes para 1960-2011.

Figura 15. ALK propuesta para el este aumentada con muestras del oeste de más de 220 cm (negro).

Figura 16. ALK propuesta para el oeste aumentada con muestras del este por debajo de 75 cm (verde).

Figura 17. Probabilidad de origen occidental como una función de la longitud curva a la horquilla obtenida por análisis microquímico. La zona sombreada es el intervalo de confianza del 95% alrededor de la media global (línea verde brillante) y cada año aparece representado individualmente.

Figura 18. Probabilidad de origen occidental como una función de la longitud curva a la horquilla deducida por análisis microquímico de los peces disponibles en las pesquerías canadienses.

Figura 19. ALK específica del stock identificada mediante análisis microquímico de otolitos.

Figura 20. Descripción a grandes rasgos de la estructura de la flota por stock de origen. No están incluidas todas las flotas, especialmente las flotas históricas. Las áreas corresponden al modelo espacial de ocho cajas. La estructura de la flota no separa las flotas dentro del Mediterráneo.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista de documentos.

Apéndice 4. Plan de trabajo para generar una nueva captura por talla utilizando las nuevas relaciones talla/peso adoptadas por el Grupo de especies de atún rojo.

Apéndice 5. Campos sugeridos para la base de metadatos de pesquerías y marcado-recaptura.