

**Informe de la reunión intersesiones de 2024 del Grupo de especies de atún rojo de ICCAT (BFTSG)**  
*(formato híbrido/Sliema, Malta, 15-18 de abril de 2024)*

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

La reunión híbrida se celebró presencialmente en el hotel Waterfront en Sliema (Malta) y en línea, del 15 al 18 de abril de 2024. Los Drs. Enrique Rodríguez-Marín (UE-España) y John Walter (Estados Unidos), relatores del Grupo de especies ("el Grupo") y presidentes de la reunión, inauguraron la reunión y dieron la bienvenida a los participantes. En nombre del secretario ejecutivo, el Dr. Miguel Neves dos Santos, secretario ejecutivo adjunto, dio la bienvenida a los participantes y les deseó éxito en su reunión.

Los presidentes procedieron a examinar el orden del día, que fue adoptado con algunos cambios (**Apéndice 1**). La lista de participantes se adjunta como **Apéndice 2**. La lista de documentos y presentaciones de la reunión se adjunta como **Apéndice 3**. Los resúmenes de todos los documentos y presentaciones SCRS presentados a la reunión se adjuntan en el **Apéndice 4**. Los siguientes participantes actuaron como relatores:

<i>Secciones</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1, 9, 10	A. Kimoto
Punto 2	M. Lauretta, T. Rouyer
Punto 3	N. Rodriguez-Ezpeleta, J. Walter
Punto 4	C. Bridges, D. Álvarez-Berastegui, N. Duprey, E. Rodríguez-Marín
Punto 5	H. Arrizabalaga, M.N. Santos
Punto 6	A. Kimoto, N. Duprey
Punto 7	M.N. Santos, F. Alemany
Punto 8	J. Walter

**2. Modelación del marcado y recaptura de individuos estrechamente emparentados (CKMR)**

Se desarrolló un modelo de marcado y recaptura de individuos estrechamente emparentados estructurado por edad para evaluar las consideraciones de diseño del estudio para implementar un estudio piloto de individuos estrechamente emparentados de atún rojo del Atlántico este y Mediterráneo (BFT-E), incluyendo posibles ubicaciones espaciales de muestreo y tamaños de muestra (SCRS/2024/053). En general, el diseño del estudio proporcionaría una estimación de la abundancia absoluta del stock reproductor, al tiempo que permitiría la posibilidad (y la comprobación) de la fidelidad individual a lo largo del tiempo a una zona de desove concreta dentro del Mediterráneo. Los presidentes agradecieron al equipo analítico su excelente trabajo y destacaron el valor de la estimación para comprender mejor los requisitos del estudio, la estrategia de muestreo y el nivel de esfuerzo de muestreo.

En respuesta a los comentarios del Grupo, se aportaron varias aclaraciones importantes. Las primeras aclaraciones se referían a lo que constituye una muestra pura, impura o bien mezclada. Se aclaró que "pura" se refiere a muestras que representan peces de una única zona de desove en el año en que se toma la muestra (aunque los peces individuales de la población no utilicen la misma zona de desove en todos los años). Por el contrario, una muestra "bien mezclada" es aquella en la que todos los peces de la población (en el año en que se toma la muestra y para las edades representadas en ella) están representados por igual. Una muestra "impura" o "parcialmente mezclada" representa una situación intermedia entre los dos casos anteriores (es decir, no es pura, pero tampoco está bien mezclada). También se aclaró que el concepto de "fidelidad" corresponde a una situación en la que los peces desovan siempre en la misma zona, año tras año, aunque ésta no sea su zona de nacimiento. Si, además de ser fiel, la única zona donde el pez individual eligió desovar es su zona de nacimiento, entonces se produce heredabilidad (además de fidelidad). El concepto de heredabilidad es importante si se da junto con la fidelidad, pero no es especialmente relevante si no se da la fidelidad. La fidelidad es importante para el CKMR independientemente de la heredabilidad; la fidelidad no conducirá a ninguna diferenciación genética entre zonas de desove a menos que tanto ella como la heredabilidad sean muy fuertes. Ningún estudio genético ha detectado nunca tales diferencias dentro del Mediterráneo (mientras que existe una clara diferenciación entre el atún rojo del Atlántico este y el atún rojo del Atlántico oeste (BFT-W)), pero eso sólo descarta la combinación más extrema. El diseño del estudio

CKMR permitiría probar la fidelidad y la heredabilidad, pero para ello es necesario contar con un muestreo suficiente para que las pruebas de los pares observados de individuos estrechamente emparentados puedan ser estadísticamente significativas.

Se planteó una pregunta sobre la suposición de que la subpoblación del Mediterráneo occidental (es decir, los peces que utilizan esa zona de desove en cualquier año) era mayor en escala que la del Mediterráneo central. Se afirmó que no existen pruebas de separación genética en el Mediterráneo (véase más arriba) y que se sabe que algunos atunes rojos individuales han pasado por más de una zona de desove en un mismo año (aunque no necesariamente hayan desovado en ella). Los autores aclararon que no había ninguna razón específica por la que se supusiera que la subpoblación del Mediterráneo occidental era mayor, pero que no cabía esperar que los diferentes supuestos sobre el desglose de la biomasa global de atún rojo del este entre las subpoblaciones tuvieran mucho efecto sobre la precisión de las estimaciones de biomasa agregada, aunque sí podrían afectar a la precisión de los parámetros de "movimiento" (es decir, fidelidad y heredabilidad). Si se desarrolla un modelo razonablemente complejo que permita estimar los parámetros de movimiento (en lugar de partir de supuestos previos sobre la fidelidad o no, etc.), el modelo debería proporcionar estimaciones sin sesgos a pesar de todo. Además, si los adultos desovan con frecuencia en varias zonas en un año, el aspecto de la fidelidad no será un problema, y la falta de fidelidad quedará clara en los resultados del CKMR. Si los datos demuestran que la fidelidad es baja, el modelo podría simplificarse posteriormente y, lo que es más importante, se ampliarían las opciones de muestreo rentables de las distintas pesquerías. La exclusión de las comparaciones dentro de la cohorte, inherente al diseño de la muestra, también evita algunas complejidades potenciales de la mezcla limitada dentro de una única temporada de desove.

Los analistas indicaron que es posible considerar configuraciones alternativas del modelo para incorporarlas a la modelación, pero que las revisiones propuestas tendrían que esbozarse durante esta reunión, con el fin de completar las revisiones del modelo antes de julio de 2024.

Se debatió el concepto de "super hermandad", que se refiere al hecho de que las muestras de larvas suelen presentar una proporción mucho mayor de hermanos de la misma cohorte que la que se observa cuando se toman muestras de juveniles de edad 1 o mayores. La no causa sesgos en el CKMR, pero sin duda reduce la precisión en comparación con un tamaño de muestra equivalente de juveniles de más edad. Para obtener la máxima información estadística de un estudio CKMR en el que esté presente la super hermandad (por ejemplo, las muestras de larvas del golfo de México para atún rojo del oeste), se requiere una parametrización alternativa de los modelos CKMR, ya que las comparaciones individuales por pares entre larvas y otras muestras no pueden considerarse estadísticamente independientes. Aparte de la complejidad de la modelación, la repercusión práctica de la super hermandad es que cada muestra de larvas aporta menos precisión estadística al resultado global que una muestra de peces de 1 o 2 años. No obstante, las larvas pueden seguir siendo una fuente eficaz de datos para el CKMR si son fáciles de recoger en grandes cantidades.

El número de hermanos en las muestras de larvas puede aumentar rápidamente con la intensidad del muestreo de larvas, y también depende de la estrategia de muestreo (por ejemplo, si se seleccionan deliberadamente agregaciones de larvas, frente a la recogida en un mayor número de lugares de desove). A efectos del diseño del CKMR es importante comprender este impacto, y es necesario un trabajo cuidadoso para predecir el nivel de super hermandad basándose en las muestras existentes.

Se observó que los tamaños de muestra totales investigados en el SCRS/2024/053 son considerablemente mayores que los considerados en el estudio de diseño piloto de 2017. Hay un par de razones para el aumento de los requisitos de muestras. En primer lugar, las observaciones iniciales de hermandad en la colección de larvas indicaron que se necesitan muestras de mayor tamaño para permitir la super hermandad. En segundo lugar, los presidentes destacaron que la población ha aumentado notablemente según los índices y la evaluación, por lo que el aumento del tamaño de la muestra va en consonancia. Se sugirió centrar el esfuerzo inicial en el Atlántico oriental, donde pocas de las muestras serían de atún rojo del oeste (y, por tanto, no serían útiles para el CKMR de atún rojo del este). En cuanto al uso de peces capturados en el Atlántico noroccidental (de los cuales una proporción sustancial son reproductores mediterráneos y, por tanto, útiles para el CKMR del atún rojo del este), se señaló que el muestreo para la genética ya está en marcha y estandarizado como parte del CKMR de atún rojo del oeste y estos peces representan muestras de libre acceso con metadatos completos, mientras que los programas de recogida del atún rojo del este aún deben iniciarse.

En cuanto a la comprobación de las hipótesis sobre la estructura espacial, las muestras de adultos del Mediterráneo occidental y central sirven específicamente para comprobar la fidelidad. Si la fidelidad es baja, entonces esos adultos pueden contribuir a una estimación global de abundancia para el atún rojo del este. Sin embargo, si la fidelidad es alta, las muestras de adultos del Mediterráneo no estarán bien mezcladas y tendrán una contribución mayor. Se señaló que se ha observado fidelidad en las redes de cerco tunecinas, donde se han detectado medio hermanos entre cohortes. Esto subraya la necesidad de muestrear adultos atlánticos, que en principio se puede suponer que representan reproductores bien mezclados de toda la población, al menos en el caso de los animales más viejos/grandes. Mientras se pueda suponer que algunas muestras de adultos están bien mezcladas, no importa si las muestras de juveniles están bien mezcladas (y de hecho no lo estarán, ya que, por ejemplo, las larvas baleares proceden obviamente de la zona de desove balear). Con respecto a las muestras de adultos del Mediterráneo, se expresó preocupación por la captura de peces durante la migración desde el Mediterráneo central u oriental, lo que podría dar lugar a falsas conclusiones sobre el desove mixto. Los autores respondieron que la selección preferente de peces en fase activa de desove es un buen punto para evitar conclusiones falsas. Este punto debe tenerse en cuenta en el debate sobre la logística del muestreo (véase la Sección 4).

Se planteó la cuestión de si la variación anual de la mezcla de reproductores en las pesquerías del Atlántico es importante. Los analistas respondieron que no se espera que esto sea un gran problema debido a la comparación retrospectiva de adultos con larvas. Es decir, los adultos sólo se compararán con los juveniles nacidos en años anteriores, pero no en el mismo año en que se recoge el adulto, para minimizar el sesgo de no mezcla. Además, la principal expectativa es que los peces grandes acaben migrando al Atlántico, independientemente del lugar del Mediterráneo que prefieran para desovar, y los supuestos del modelo no exigen que todos los reproductores migren cada año. Se aclaró que actualmente el modelo supone una migración igual a lo largo de los años y la edad, y que no está claro cómo podría comprobarse inicialmente este supuesto.

Se planteó una importante consideración, destacando la necesidad de informar a los gestores y responsables de la toma de decisiones, en un lenguaje sencillo, sobre el CKMR, en particular sobre las ventajas del enfoque y sobre cómo mejorará la evaluación de stocks y la evaluación de estrategias de ordenación (MSE). Por ejemplo, debería comunicarse que el CKMR podría resolver un problema importante de la evaluación de stock/MSE relacionado con la estimación de la abundancia absoluta de reproductores.

Se plantearon preguntas sobre por qué el muestreo de juveniles se centró en las larvas, dada la complicación de la super hermandad, en lugar de utilizar individuos de edades 1 y 2, que ya se han dispersado desde las zonas de desove. La respuesta sencilla es que ya hay un gran número de larvas archivadas desde 2019, y están disponibles para empezar a explorar la viabilidad del proyecto. Además, el uso de larvas proporciona una señal genética clara y en tiempo real de los adultos que utilizan las distintas zonas de desove.

Se aportaron algunas notas sobre posibilidades de muestreo adicionales a las consideradas en el trabajo CKMR realizado hasta la fecha. En primer lugar, existen pesquerías de juveniles (de edades comprendidas entre 2 y 3 años) en varias zonas (por ejemplo, el golfo de León, el golfo de Génova y Sicilia) que se muestrean fácilmente en grandes cantidades, si se desean muestras de juveniles. En segundo lugar, existen pesquerías invernales activas de adultos en el Mediterráneo, lo que indica que no todos los peces maduros emigran del Mediterráneo inmediatamente después del desove. En la actualidad, no hay pruebas que permitan determinar si esos peces residen todo el año o emigran más tarde.

También se aclaró que el concepto de pesquería bien mezclada (en el Atlántico) no implicaba que todos los peces migrasen fuera del Mediterráneo, sino que lo hace una proporción aleatoria de ellos, donde la probabilidad de migrar es independiente de la zona del Mediterráneo donde se encuentren los peces. Se señaló que el proyecto podría aportar orientaciones futuras para el marcado por satélite.

Se apoyó la consideración de las pesquerías del Atlántico oriental como fuentes importantes para el muestreo, con las almadrabas atlánticas, ya que se producen cerca del estrecho de Gibraltar y, por lo tanto, se considera que son las que tienen más probabilidades de estar bien mezcladas. Se aclaró de dónde podían proceder las muestras del Atlántico y que, siempre que se cumpliera el supuesto de la muestra mixta, podrían añadirse sin duda otras pesquerías atlánticas. Además, el equipo analítico señaló que los supuestos de trabajo de los que han partido hasta ahora consisten en que todas las pesquerías atlánticas están bien mezcladas, ya que parece un supuesto de trabajo razonable y las futuras parejas de CKMR observadas

deberían aportar pruebas de lo contrario si este supuesto no se cumpliera. También se observó que podría haber formas de reducir el aspecto de super hermandad adaptando el diseño del muestreo de la recogida de larvas.

Como todavía no se ha evidenciado ninguna estructura de stock en el Mediterráneo, se sugirió que un estudio piloto a pequeña escala en curso podría ayudar a comprender mejor la estructura del stock. Se observó que en el caso del atún rojo del Pacífico no se había encontrado ninguna estructura del stock, pero que la localización del desove difería según la edad. Sin embargo, el fenómeno más importante que hay que tener en cuenta, desde la perspectiva de evitar problemas con el CKMR, es la fidelidad (no la heredabilidad), y la fidelidad por sí sola nunca puede detectarse con los análisis de la estructura genética del stock. Con un muestreo suficiente en el Mediterráneo, el grado de fidelidad y heredabilidad será revelado directamente por los datos del CKMR (es decir, las localizaciones de los pares de ejemplares emparentados).

Se señaló que debían identificarse las oportunidades en las que fuera posible muestrear 1.000-2.000 peces. Se observó que aún no se había mencionado Japón como posibilidad, aunque la pesquería de palangre del Atlántico podría ser una oportunidad para tomar muestras de peces bien mezclados, y que también podría hacerse un muestreo en el mercado. Se observó que el COVID-19 repercutió en el muestreo a bordo, pero que podría estudiarse la posibilidad de realizar un muestreo en el mercado.

También se señaló que las almadrabas atlánticas eran un lugar excelente para un muestreo eficaz, siendo factibles 1.000 peces al año si no hay que tomar muestras de los otolitos. Se respondió que para el CKMR no eran necesarios los otolitos, sólo la talla y el tejido.

En cuanto al uso de posibles muestras de pesquerías de stocks mixtos (es decir, de los stocks de atún rojo del este y de atún rojo del oeste), es necesario considerar cómo se seleccionarán para evitar posibles sesgos en las estimaciones de CKMR. Se debatieron dos enfoques, uno que realizaría estimaciones de la composición del stock antes del análisis de CKMR y eliminaría los peces asociados al stock de atún rojo del oeste de la consideración en las comparaciones de parentesco estrecho. El segundo método consiste en realizar la comparación entre peces con parentesco estrecho en toda la colección y corregir los sesgos en las estimaciones de abundancia según las proporciones de los stocks. Este último enfoque se adopta para el estudio de parentesco estrecho del atún rojo del oeste, con el fin de no excluir a posibles progenitores/hermanos de diferentes stocks, ya que las colecciones de larvas en el Atlántico occidental (en particular, en el mar Slope) indicaron una reproducción mixta, así como la observación recientemente comunicada de adultos de tipo mediterráneo recogidos en las zonas de desove del golfo de México (GOM). Se podría considerar que las observaciones de hermanos a través de las colecciones pueden proporcionar alguna información sobre la dinámica del desove fuera del GOM y del Mediterráneo.

Se preguntó si el diseño del estudio permitiría estimar la abundancia de reproductores que utilizan las zonas de desove del Mediterráneo central frente a las del Mediterráneo occidental. Los analistas indicaron que sí; el planteamiento se describe con más detalle en el apéndice del informe. Se señaló que la pregunta se refiere al aspecto de la fidelidad de los reproductores a una zona de desove. Si no existe fidelidad, el tamaño relativo de la abundancia de desovadores del Mediterráneo occidental frente a la del Mediterráneo central no importa (los peces elegirán diferentes zonas de desove dentro de un mismo año y entre años), y los supuestos del modelo/diseño del estudio se simplifican enormemente. Si la fidelidad existe, el estudio de CKMR proporcionará información sobre este aspecto, por ejemplo mediante comparaciones progenitores-descendientes de larvas de Baleares con las muestras de reproductores del Mediterráneo occidental frente a los reproductores del Mediterráneo central.

La expectativa es que, si la fidelidad se produce, dará lugar a diferentes tasas de pares progenitor-descendiente (POP) y de emparejamientos de medio hermanos entre cohortes en las colecciones de juveniles-reproductores. Se destacó que, con arreglo al diseño inicial del estudio, la comparación de la fidelidad/mezcla de los reproductores en las zonas de desove con el Mediterráneo oriental estará menos fundamentada/no estará disponible debido a la falta de muestras recogidas en el Mediterráneo oriental.

En general, gran parte de las incertidumbres sobre la estructura y la mezcla del stock, los tamaños de muestra necesarios y el diseño óptimo se dilucidarán a través de los resultados del muestreo real de CKMR (es decir, los patrones de los pares de ejemplares estrechamente emparentados observados), ya que la información sobre la mezcla de stock por pesquería/zona, POP, hermanos dentro de la cohorte y hermanos entre cohortes proporciona información valiosa sobre la dinámica de la(s) población(es).

La SCRS/P/2024/016 presentaba el diseño y la simulación de una evaluación multistock de nueva generación para el atún rojo del Atlántico que incorpora datos de marcado y recaptura de individuos estrechamente emparentados. El proyecto está financiado por el [Programa de investigación sobre atún rojo \(BTRP\)](#) de Estados Unidos y sus objetivos son desarrollar un modelo de evaluación de stock mixto espaciotemporal (denominado MARS), incluir diagnósticos y documentación de apoyo en un paquete R, y proporcionar informes Markdown de los resultados de la evaluación, comparación de modelos, elaboración de perfiles, ponderación de datos y retrospectivas. El modelo está desarrollado en su mayor parte, con un ajuste preliminar actual a los tipos de datos del atún rojo (entradas MSE más datos CKMR), y pruebas de simulación de la complejidad del modelo apropiadas para el atún rojo.

El Grupo comentó algunas de las dificultades que plantean la resolución espacial de la MSE y los datos disponibles para informar del movimiento. Se contestó que el modelo actual tiene las áreas espaciales simplificadas a partir de la MSE a cuatro áreas principales, incluyendo las dos áreas principales de desove y las áreas de alimentación este y oeste. También se destacó cómo la incorporación de los datos de CKMR en el modelo podría resolver un problema importante de las evaluaciones anteriores, que son los datos para determinar la escala de población. Un participante comentó un posible sesgo de la biomasa reproductora del stock (SSB) estimada en CKMR para su futura consideración en el modelo integrado. En el caso de los POP, la selectividad de del arte de pesca para el muestreo de adultos afectaría a la estimación, y las estimaciones de CKMR a partir de los pares de medio hermanos (HSP) podrían estar sesgadas debido a la existencia de la población adulta reproductivamente inactiva.

### 3. Genética del CKMR

Los resultados presentados en el documento SCRS/2024/057 están en curso y algunos de ellos son preliminares, pero se mostraron para que el Grupo pudiera dar su opinión. Se menciona que los chips de ADN podrían ser procesados por diferentes instalaciones, aunque los actuales han sido fabricados por Thermo Fisher. El genotipado de las muestras propiamente dicho puede ser realizado posteriormente por cualquier laboratorio que disponga del equipo necesario; existen varias instalaciones comerciales que ofrecen este servicio, al menos cuatro en Europa. El procesamiento de muestras y el análisis de datos con el chip de ADN son sencillos: las muestras de tejido o ADN se envían al centro de genotipado, que devuelve los genotipos por muestra. El chip de ADN puede proporcionar información sobre el parentesco, el sexo y también sobre la conectividad de la población, lo que permite supervisar el flujo genético en curso recientemente descubierto desde el Atlántico oriental al occidental, incluida la mezcla en el mar Slope, y la introgresión del atún blanco.

A pesar de las diferencias genéticas entre las poblaciones de atún rojo del este y de atún rojo del oeste, los procesos de chips de ADN y DArT son ambos adecuados para la determinación del parentesco en muestras de atún rojo del este y de atún rojo del oeste. Se debatió la cuestión de qué loci marcadores del sexo utilizar, ya que existen marcadores del sexo alternativos; los autores comentaron que los cinco que figuran actualmente en el chip de ADN tienen una precisión del 95,8 % en la determinación del sexo en muestras ( $n=48$ ) cuyo sexo se determinó utilizando información sobre las gónadas. El coste/muestra del chip de ADN dependerá del número de muestras a analizar; cuantas más muestras, menos costoso. Para tener en cuenta la posible super hermandad balear se menciona que se necesitarían los haplotipos mitocondriales de todas las muestras larvarias. Esto implica que aproximadamente la mitad de las muestras tendrían que ser analizadas en busca de haplotipos mitocondriales. Una opción podría ser incluir esta información mitocondrial en el chip, pero esto podría no funcionar, en cuyo caso sería necesaria la secuenciación. Esto no es un problema si sólo se necesitan haplotipos mitocondriales para los pares de ejemplares emparentados que se van a utilizar (como ocurre en muchos proyectos de CKMR); pero, si hay que hacerlo para casi todas las larvas, aumentará el precio de forma significativa.

El Grupo debatió el estudio piloto del Programa de investigación sobre atún rojo para todo el Atlántico (GBYP) sobre la edad epigenética del atún rojo del Atlántico (Davies *et al.*, 2024). El objetivo del estudio es evaluar la viabilidad de la determinación epigenética de la edad con vistas a la aplicación del CKMR. El estudio utilizó muestras del Atlántico occidental (proporcionadas por Fisheries and Oceans Canada (DFO), y National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)) y la colección de datos de atún rojo del este (proporcionada por el GBYP); la determinación de la edad se realizó siguiendo los protocolos estándar de ICCAT. En total, se procesaron 657 muestras, pero algunas se perdieron por contaminación durante la PCR multiplex. Quedaron 361 muestras por analizar. Se identificaron los marcadores cuyos perfiles de

metilación "reaccionan" a la determinación de la edad y se desarrolló un modelo que los combinaba a todos. La versión de mejor ajuste con la mejor combinación de sondas encuentra una buena correlación entre la metilación y la edad del otolito (este y oeste combinados y ambos sexos combinados), ciertamente lo suficientemente buena para el uso de CKMR. No se observaron sesgos derivados del sexo o del stock. Se debatió el coste (y la cuestión de la escalabilidad), que podría disminuir si hay oportunidades de comercialización y suficiente demanda. El modelo se ha ajustado utilizando tejido muscular; también debería comprobarse si es necesaria alguna modificación para el tejido procedente de cortes de aletas.

### **Grupo de debate sobre genética en el CKMR**

Se encargó a un pequeño grupo que debatiera las especificaciones detalladas de las necesidades genéticas del CKMR, y se facilitó al Grupo la siguiente lista.

- a. Alto volumen, con una media de 15-20 mil individuos al año (como referencia, el atún rojo del sur (SBT) procesa 25 mil individuos para el marcado genético);
- b. Capacidad para detectar la contaminación cruzada;
- c. Alto porcentaje de genotipado con éxito;
  - Alto rendimiento del ADN utilizable de las muestras;
- d. Determinación del parentesco;
  - Capacidad para determinar las relaciones de parentesco (POP, medio hermanos y hermanos por parte de padre y madre);
- e. Determinación de stock de origen;
- f. Determinación epigenética de la edad;
  - La modelación del CKMR se beneficia de las edades estimadas de los peces para dividir las relaciones de medio hermanos entre cohortes y determinar si un pez podría ser el progenitor potencial de un juvenil. Dado el elevado coste y los problemas prácticos relacionados con el uso de otolitos, la determinación epigenética de la edad será el medio más eficaz para determinar la edad;
- g. ADN mitocondrial de alta capacidad;
  - Esto es necesario para poder abordar la hermandad larvaria debido a los altos niveles de hermandad dentro de la cohorte;
- h. Marcador de sexo;
  - Esto es ahora bastante barato y permite que el modelo de CKMR tenga en cuenta la contribución reproductiva diferencial materna y paterna;
- i. Coordinación de proyectos específicos y conservación de bases de datos;
- j. Otras necesidades.

### **4. Muestreo en apoyo de la aplicación del CKMR**

Se describieron las actividades del grupo larvario en el Mediterráneo occidental de 2023 a 2024 (SCRS/P/2024/019) con un número medio de 106 pescas de plancton fijadas en etanol y formol. Se presentó una tabla de puntos de interés proyectados para el muestreo de CKMR con un esquema del número de muestras disponibles de 2019 a 2023 en etanol o formalina. Se presentaron otros planes para el Mediterráneo oriental, de 2024 a 2028, que también incluyen prospecciones a lo largo de la costa turca y alrededor de la parte oriental de UE-Chipre. También se presentaron las actividades previstas en el estrecho de Sicilia y el mar Jónico occidental para 2024: Se han publicado datos para el estrecho de Sicilia y el mar Jónico occidental (Russo *et al.*, 2021, 2022).

En la presentación SCRS/P/2024/019 también se expuso el Programa de seguimiento y evaluación de la zona sudeste (SEAMAP) y la prospección en el golfo de México en 2023. Se describieron sus protocolos y estandarización con planes para 2024 con el número de días adicionales para realizar investigaciones sobre los posibles efectos del cambio climático y muestreos en zonas de puntos calientes de larvas. Por último, se enumeraron las actividades del subgrupo técnico sobre el ciclo vital temprano del atún rojo en cada prospección, con las diversas interacciones e iniciativas y, en particular, la puesta en común de herramientas de estandarización y estrategias de muestreo (colecciones en etanol o formol).

Se preguntó al Grupo si habría un gran número de muestras para ejemplares estrechamente emparentados. La respuesta fue que a partir de 2019 se han recogido muestras del Mediterráneo occidental para el banco

de datos de GBYP y otras colecciones de muestras. Las muestras se repartieron, almacenándolas en formol y etanol, y las muestras de formol se han analizado para determinar su abundancia y taxonomía, pero quedan por procesar las muestras de etanol. En cuanto a la cuestión de si existen muestras históricas para el Mediterráneo central, no parece que estén disponibles. Los programas también han comenzado recientemente la estandarización del método de muestreo que podría capturar un elevado número de larvas utilizando los protocolos descritos en el Taller ICCAT GBYP de 2023 sobre los índices de larvas del atún rojo del Atlántico (formato híbrido/Palermo, Italia, 7-9 de febrero de 2023) (Anón., 2023). Se sugirió que un buen punto de partida sería el uso de las larvas del Mediterráneo central junto con adultos del Mediterráneo central. Para el Mediterráneo occidental sería mejor seleccionar lo que ya se ha proporcionado a la colección GBYP antes de utilizarlo para CKMR. El estudio de larvas en el Mediterráneo central es para especies mixtas y también debería estudiarse un futuro muestreo en el sur del mar Jónico si se pueden encontrar fondos específicamente para el atún rojo.

En cuanto a las muestras de Sicilia, el número total de larvas recogidas se incrementará en las siguientes campañas utilizando los protocolos y metodologías de Baleares. El banco de datos ya cuenta con numerosas muestras en etanol. Se declaró que 1.000 larvas ya están listas para ser analizadas por el CKMR. Un total de aproximadamente 150 mil larvas podría estar disponible para la clasificación y para el CKMR de las campañas de muestreo del Mediterráneo occidental de 2019 a 2022, aunque el procesamiento de estas muestras requeriría fondos específicos.

Se expresaron algunas preocupaciones sobre el uso de larvas, ya que su contenido de ADN era pequeño y el submuestreo podría afectar a la detección de ejemplares emparentados en las cohortes, lo que requiere un modelado adicional. Además, el nivel de parentesco entre hermanos reduce el tamaño efectivo de la muestra de progenitores independientes (McDowell *et al.*, 2023). Sin embargo, se señaló que las larvas constituyen una de las pocas oportunidades de obtener un gran número de muestras. También se señaló que la experiencia con las larvas del golfo de México utilizadas en el CKMR no sugería en absoluto la presencia de sesgos en el uso de larvas para el CKMR, pero requería un genotipado adicional utilizando ADN mitocondrial y un modelado adicional para abordar la varianza añadida introducida por el parentesco entre hermanos en las larvas (SCRS/2024/053).

En la presentación SCRS/P/2024/022 se mostraron las actividades en las granjas de atún de UE-Malta y la disponibilidad de material genético para los estudios de CKMR. La definición de marcado genético se explicó como la toma de huellas de ADN de los peces progenitores y, a continuación, la liberación de larvas eclosionadas de estos progenitores en el océano para su posterior desarrollo y captura como adultos. Este es el tema del "Tuna Ocean Restocking (TOR) pilot study - Sea-based hatching and release of Atlantic bluefin tuna larvae - theory and practice» (Bridges *et al.*, 2019). Queda pendiente la cuestión de la supervivencia de las larvas tras su liberación, ya que las granjas se encuentran a 6 km de la costa, en aguas profundas, y el suministro de alimentos para las larvas puede ser variable. Se solicitó información sobre la tecnología de análisis del ADN mitocondrial utilizada en este estudio y se afirmó que congelando los óvulos antes del análisis se podía obtener una mejor extracción del ADN. Un científico de una CPC ofreció su ayuda para facilitar información sobre su tecnología de análisis del sexo a cualquier persona interesada. El Grupo señaló que los peces adultos criados en granjas serían valiosos para el CKMR, pero que los huevos y larvas producidos no serían necesarios para la modelación del CKMR, ya que sólo son progenie de los peces criados en granjas y no proporcionarían inferencias sobre la población salvaje existente, que es el objetivo del proyecto de CKMR. Además, el Grupo expresó su preocupación por el potencial de mejora para homogeneizar la diversidad genética existente y afectar negativamente a la estructura de la población.

Otra pregunta del Grupo se refería al desarrollo de la acuicultura del atún y a cómo se podría distinguir un pez salvaje de un pez producido en acuicultura. La tecnología de marcado genético descrita en el documento podría utilizarse para ello, mediante la toma de huellas de ADN de los reproductores utilizados en la acuicultura de ciclo completo y, por tanto, poder identificar a la progenie posterior, ya sea en el mercado o como peces que se haya escapado.

El documento señalaba que había una gran concentración de biomasa en las granjas de UE-Malta de aproximadamente 9.000 t de peces capturados en estado salvaje antes del engorde a 16.000 t después del engorde y que esto podría constituir una zona de desove artificial ya que varios de estos peces desovan en las jaulas. Lo importante para el CKMR es que pueda determinarse el origen de los peces de las jaulas (este aspecto se tratará más adelante, en la sección 4), ya que esto implica transferencias de jaulas de remolque a jaulas de crecimiento y mezcla de las poblaciones. A continuación se debatió el papel del desove en las

granjas o la potenciación artificial de dichas agregaciones de reproductores. El Grupo señaló las preocupaciones científicas que suscitan el traslado de peces de múltiples zonas de desove a un solo lugar y la potenciación artificial de las agregaciones de reproductores en las granjas. Tales actividades homogeneizarían cualquier diversidad genética potencial y alterarían los patrones de las ubicaciones naturales de desove si existe fidelidad al lugar de desove. En el nivel actual, las agregaciones artificiales de reproductores tendrían probablemente un impacto limitado, ya sea negativo o positivo, sobre la población en su conjunto y probablemente no afectarían a los supuestos del modelo de CKMR.

Se señaló que, a través de las regulaciones y la transferencia, el origen de los peces de las granjas debería estar bien documentado, lo que respaldaría la capacidad de utilizar estos peces en la modelación del CKMR y de asignarlos a un lugar de desove. También se indicó que desde 2010 se ha observado el desove en jaulas de remolque en UE-España y, en segundo lugar, tanto en UE-España como en UE-Malta los peces salvajes también se sienten atraídos por las jaulas. Se desconoce el papel de los huevos, que pueden encontrarse en grandes cantidades tanto en las operaciones de cría de UE-España como en las de UE-Malta, en cualquier reclutamiento en la población general y se supone que son insignificantes en comparación con la biomasa total de reproductores en lo que concierne a la modelación del CKMR. Se está trabajando en ello o es necesario hacerlo.

En la actualidad se desconocen las alteraciones del ciclo vital del atún causadas por la cría, ya que los peces pueden desovar en el lugar de desove, durante el remolque a las granjas o en las propias granjas. No se sabe con certeza si esto puede crear fidelidad a un lugar de desove fuera de donde un pez desova normalmente y esto dependería del grado y del mecanismo de fidelidad al lugar de desove. Aunque existen diversas opiniones sobre el grado de fidelidad al lugar de desove, una de las ventajas del enfoque de CKMR descrito en el documento SCRS/2024/053 es que permitiría estimarlo.

En la presentación SCRS/P/2024/013 se expuso información sobre el muestreo en el proceso de sacrificio del atún rojo atlántico criado en las islas maltesas, en el marco del programa de muestreo del GBYP. Las operaciones de cría se llevan a cabo de mayo a diciembre con el engorde en las granjas de los peces salvajes capturados. El procedimiento de muestreo es extensivo e incluye otolitos, gónadas, espinas de las aletas, músculo, talla y peso, e inicialmente sólo se pueden muestrear cinco peces al día, pero tras la práctica y la experiencia se pueden muestrear entre 30 y 40 peces al día. Los atunes adultos se capturan en estado salvaje a finales de mayo y se remolcan a las jaulas de la granja mediante cerqueros. Se engordan desde junio hasta la época de sacrificio y luego se sacrifican. Los sacrificios comienzan en septiembre/octubre y terminan en enero. Durante la temporada de sacrificio, cada granja tendrá su propio barco de transformación y la granja seleccionada para el muestreo dependerá del origen de los peces que se vayan a sacrificar, por lo que se mantiene un contacto regular con el responsable de la granja.

Se empezó a debatir en qué momento de la operación de sacrificio sería mejor obtener cortes de aletas o muestras de músculo sin contaminación cruzada y sin interrumpir la operación de sacrificio. La metodología para garantizar que no se produce contaminación puede variar de un lugar a otro (para más información, véase más abajo).

***Programas de muestreo importantes para el atún rojo del este y posible adaptación a las necesidades de modelación del CKMR (pruebas circulares)***

El Grupo debatió otros programas de muestreo importantes para el atún rojo del este y su posible adaptación a las necesidades de modelación del CKMR. Un científico de una CPC señaló que podría ser posible ampliar el muestreo de los peces capturados en la flota palangrera japonesa en el principal mercado de subastas. Las tasas de muestreo actuales, de aproximadamente 10 peces dos veces al mes, podrían aumentarse para obtener un gran número de peces de la subasta, pero esto requeriría más tiempo del personal. Se podrían muestrear 10 peces al día y posiblemente 300 peces al mes.

Los científicos de las CPC señalaron que sería posible mejorar el muestreo del CKMR en las almadrabas del Atlántico con recursos adicionales. Aunque la dinámica temporal de los peces que entran y salen de las almadrabas puede estar cambiando, las almadrabas atlánticas representan zonas focales de muestreo para el estudio de CKMR, ya que se supone que los peces están bien mezclados, las pesquerías disponen de programas de muestreo existentes y el número de peces es elevado.



**Programa actual de muestreo del atún rojo del oeste**

En la presentación SCRS/P/2024/024 se exponía el programa de muestreo biológico del atún rojo del Atlántico en el Atlántico noroccidental, Estados Unidos. Se describió el trabajo en el golfo de Maine con su programa de muestreo del BTRP durante los últimos 14 años. El muestreo es un reto, pero funciona bastante bien gracias a la colaboración del sector pesquero. El personal es numeroso y debe cubrir un radio de 1.600 km desde la frontera canadiense hasta Florida. Los peces suelen medir más de 185 cm y son agrupados por los comerciantes antes de su transformación. En los torneos de pesca se pudieron obtener aproximadamente 100 muestras en los dos últimos años. En general, desde 2010 se han obtenido 14.000 otolitos y 15.000 muestras de músculo. Este muestreo se ha ampliado a la pesca de recreo, suministrándoles los kits de muestreo necesarios y recogiendo el material. Ahora es necesario reducir el tamaño de almacenamiento del material recogido, ya que algunas muestras pesan más de 500 g.

El director ejecutivo de Bluefin Collaborative presentó verbalmente el programa. Bluefin Collaborative es un colectivo de pescadores estadounidenses y canadienses cuya finalidad es mejorar la ordeación y sostenibilidad del atún rojo del Atlántico mediante la obtención de datos y el fomento de la investigación objetiva. Un miembro del comité señaló que este programa de marcado basado en la pesca tiene similitudes con el trabajo que se está llevando a cabo en el Reino Unido y recomendó que ambos programas se coordinaran.

**Grupo de debate sobre logística y protocolos de muestreo de CKMR**

Se encargó a un pequeño grupo que debatiera la viabilidad de alcanzar el número de muestras para el CKMR utilizando la Tabla 3.2. del SCRS/2024/053 como punto de partida para los debates.

**Table 3.2.**

Number of samples per year					
	Larval survey	Juvenile fishery	Adult fisheries		
	Balearics: <i>Wlar</i>	Croatia: <i>CROjuv</i>	West Med: <i>Wad</i>	Central Med: <i>Cad</i>	Atlantic: <i>ATLad</i>
2019-2024	3000 (excluding 2021)	0	0	0	0
2025-2030	8000	2000	2000	2000	2000

El grupo reiteró que estas cifras son valores de partida con respecto a la precisión que podría alcanzarse para obtener determinados parámetros (principalmente, la abundancia total de atunes rojos del este adultos). Para el muestreo de larvas, esas cifras se calcularon sobre la base de una estimación del 50 % de las muestras recogidas como inutilizables, con la intención de tener en cuenta el posible efecto de **super hermandad**.

El responsable del grupo de debate comenzó animando al Grupo a estudiar qué zonas geográficas se quieren muestrear y, a continuación, qué zonas geográficas ya se están muestreando en los programas de muestreo biológico existentes y si existen sinergias. Cuando existan sinergias, esto puede suponer un ahorro significativo para el muestreo de CKMR.

Durante los debates se estableció un desglose en cinco tipos de muestras: larvas; juveniles (*Crojuv*); adultos del Mediterráneo occidental; adultos del Mediterráneo central; y adultos del Atlántico.

**Muestreo de larvas**

El muestreo de larvas en las islas Baleares ya está establecido y en marcha como parte del programa de recopilación de datos de la UE para el crucero de prospección de larvas en Baleares, que se utiliza para elaborar el índice larvario occidental del atún rojo. Desde 2019 se realizan muestreos de prueba con dos réplicas, una conservada en formaldehído y otra en etanol. Con esto se han suministrado muestras larvarias al banco de tejidos del GBYP desde 2019 para su uso en estudios genéticos. Durante la prospección se recogieron una media de aproximadamente 30.000 a 40.000 larvas que podrían conservarse para su uso en el CKMR y, por lo tanto, con esta prospección como fuente de muestras no sería necesario considerar otros lugares de muestreo.

Türkiye inició un programa quinquenal de muestreo con el objetivo de desarrollar un índice larvario. Por lo tanto, esto podría proporcionar una plataforma para que el Mediterráneo oriental se incorpore al

muestreo de CKMR. El grupo se centró en las prospecciones de Baleares. No obstante, el muestreo en esta zona del mar de Levante es potencialmente informativo sobre la fidelidad en el Mediterráneo y seguramente se podrá utilizar en un futuro próximo.

La plataforma de prospección captura larvas de atún rojo más que suficientes cada año y el aumento de los costes sólo se produciría por el incremento del submuestreo y la preparación de las muestras, pero al final el número de larvas retenidas para el CKMR puede ampliarse fácilmente para satisfacer las necesidades del muestreo del CKMR. La financiación de la campaña de prospección de larvas en Baleares parece estar relativamente asegurada gracias a la financiación de la UE, lo que es beneficioso para la continuidad de la plataforma como método de recogida. Aún es necesario aclarar los métodos y normas de selección de las 8.000 larvas individuales en las aproximadamente 100 estaciones estudiadas en la campaña de prospección de larvas de Baleares.

La recogida de larvas de años anteriores puede ayudar a identificar la magnitud del problema de la superhermandad y sus implicaciones para el diseño del programa de CKMR.

### ***Muestreo de juveniles y peces adultos***

El grupo de debate aclaró en primer lugar qué se necesitaría para cada juvenil/adulto muestreado:

- Lugar de captura original.
- Año de captura del pez (extraído de la población salvaje).
- Fecha de muestreo del pez.
- Medidas de longitud de los peces muestreados.
- El análisis de las muestras proporcionará el resto de la información necesaria para el enfoque CKMR:
  - la edad de cada pez, esto puede ser determinación epigenética de la edad y puede proceder del análisis, y,
  - sexo del pez, esto puede determinarse mediante el análisis genético.

A continuación se analizó la viabilidad del muestreo en cada una de las regiones geográficas en las que se necesitan muestras de peces adultos/juveniles: juveniles, adultos del Mediterráneo occidental, adultos del Mediterráneo central y adultos del Atlántico.

### ***Muestreo de adultos del Mediterráneo occidental y central***

Los peces adultos del Mediterráneo occidental pueden muestrearse a partir de las actividades pesqueras existentes:

- Granjas de UE-Malta - preferido,
- Granjas de UE-España - preferido,
- Pesca palangrera de UE-Francia alrededor de las islas Baleares (~250 t) - posible aunque no ideal, y
- Pesquería palangrera de UE-España - posible aunque los niveles de actividad son variables.

### ***Muestreo maltés***

Las operaciones de cría maltesas se debatieron ampliamente como plataforma potencial donde muestrear atún rojo adulto occidental y central. En concreto, una de las granjas se abastece principalmente de ejemplares capturados al oeste del Mediterráneo.

Actualmente, en el muestreo de atún rojo del GBYP en Malta, los pasos de procesamiento aproximados son los siguientes:

- los peces se sacrifican en las jaulas,
- a continuación, se colocan en una barcaza intermedia que traslada el pescado al buque de transformación, y
- a continuación, las mediciones de talla y peso (no siempre de forma individual si los ejemplares no son muy grandes) se realizan en la cubierta del buque de transformación, antes de iniciar la transformación. En el caso del muestreo del GBYP, los ejemplares se marcan, antes de su

transformación, en la cabeza y bajo la aleta dorsal. Esto permite identificar al ejemplar para el posterior muestreo de la cabeza y la aleta dorsal.

Una cuestión clave para utilizar las granjas de UE-Malta (y probablemente un problema con cualquier granja que se utilice como plataforma de muestreo) sería la capacidad de distinguir la ubicación original y el momento de la captura de los peces individuales antes de trasladarse a la ubicación de la granja. En las jaulas de UE-Malta hay actualmente peces de Baleares que están en jaulas aisladas y no se mezclan con peces capturados en otros lugares del Mediterráneo. En 2023 había aproximadamente 12.000 peces individuales en las granjas de UE-Malta que procedían de la zona de las islas Baleares (esto representa aproximadamente el 10 % de la capacidad de las granjas maltesas y sería variable de un año a otro). También podría existir la posibilidad de que algunas jaulas de UE-Malta tuvieran peces mezclados procedentes de diferentes zonas de desove del Mediterráneo central, pero los registros de las jaulas permiten evaluar este hecho antes del muestreo y, por lo tanto, estas jaulas pueden evitarse fácilmente si es necesario. Esto significa que las granjas de UE-Malta podrían satisfacer fácilmente la recogida de hasta 2.000 muestras de adultos para el Mediterráneo occidental.

Si se van a utilizar granjas para obtener las muestras de CKMR, habrá que considerar cuidadosamente la contaminación cruzada y tener en cuenta dónde se deben tomar las muestras de peces en las fases de transformación para reducir dicha contaminación.

Podría ser necesario un estudio piloto para determinar los mejores métodos de muestreo para esta plataforma. Por ejemplo, el marcado de los peces contiene información importante y, puesto que estamos al principio del nuevo protocolo, sería bueno mantener toda la información posible.

#### *Muestreo de juveniles en UE-Croacia (CROjuv)*

Se propone utilizar juveniles capturados en junio en el mar Adriático por UE-Croacia con cerqueros. Las capturas corresponden en su mayoría a juveniles de entre 2 y 3 años. Estos ejemplares se trasladan a granjas de engorde donde pueden permanecer hasta 18 meses. A pesar de este largo periodo de cría, las cohortes de 2 y 3 años siguen siendo fácilmente distinguibles en el momento del sacrificio. No es posible obtener la talla en el momento de la captura, aunque se obtienen mediciones de los traslados de las jaulas utilizando cámaras estereoscópicas. Cada año se sacrifican 40.000 peces, lo que supone una reserva potencial más que suficiente, por lo que no se exploraron otros lugares para la colección de muestras de juveniles.

Si las granjas de UE-Croacia incorporaran el muestreo, tendrían que aumentar los niveles de muestreo con respecto a las cantidades actuales que están muestreando en el marco del GBYP (actualmente muestrean unos 250 peces). Existen algunas incertidumbres, ya que los precios del atún pueden repercutir en la disponibilidad de muestras, pues podrían cambiar las prácticas de cría.

En cuanto a la parte del pez que se muestrea, habría preferencia por recoger cortes de la aleta. No se debatió el protocolo de muestreo.

#### *Muestreo de adultos atlánticos*

En el Atlántico hay varias pesquerías que pueden proporcionar muestras del CKMR de peces adultos. El Grupo debatió todas estas pesquerías potenciales y elaboró una lista de pesquerías que deberían seguir explorándose para recoger algunas o todas las muestras necesarias. A continuación se enumeran las pesquerías que el Grupo consideró adecuadas para el muestreo del CKMR del Atlántico:

- Almadrabas UE-Portugal/UE-España/Marruecos, preferiblemente, ya que una buena mezcla está casi garantizada,
- Canadá + Estados Unidos. Muestreo existente en el marco del proyecto CKMR de atún rojo occidental,
- Palangre japonés,
- UE-Francia - arrastreros/caña y carrete /palangre y
- equipos de marcado electrónico, complementarios.

En general, al Grupo le gustaría que se recogieran muestras en más de un lugar del Atlántico y que todas las muestras no se recogieran en una sola pesquería. Se destacó que ya hay atún rojo del este muestreado

dentro del proyecto de muestreo del CKMR de atún rojo occidental de Canadá y Estados Unidos que puede proporcionar una buena fuente de muestras que ya cuentan con un método/plataforma de recogida claro. El número de muestras de atún rojo del este recogidas cada año es de aproximadamente 500 en Canadá y de aproximadamente 700-800 en Estados Unidos. Estas cifras varían cada año en función de la composición proporcional de los stocks de atún rojo del este y de atún rojo del oeste en el esfuerzo de muestreo.

Varias almadrabas atlánticas fueron consideradas una buena plataforma para recoger las muestras necesarias. En la actualidad, la mayoría de los peces de la pesquería de almadrabas de UE-Portugal se capturan cuando entran en el Mediterráneo, y se calcula que se transforman unos 300 peces al día, cada uno de los cuales se mide y pesa. Para añadir el muestreo CKMR a su proceso, el programa portugués de muestreo de almadrabas necesitaría más personal y el equipo asociado, pero esto es posible.

Las almadrabas marroquíes capturan unos 12-13.000 ejemplares al año, que se mantienen en cautividad durante 3-4 meses en jaulas para su engorde. El programa biológico actual, basado principalmente en el muestreo por tallas, no está preparado para recoger muestras genéticas, pero para el proyecto de CKMR del atún rojo del este puede ser posible recoger muestras genéticas en tierra a partir de restos biológicos (cabezas), suponiendo que se disponga de ayuda financiera para cubrir el incremento en el esfuerzo de muestreo. La talla de los peces muestreados podría estimarse utilizando relaciones biométricas y probablemente también podría registrarse la fecha de captura de los peces muestreados.

Las pesquerías francesas (arrastreros, palangreros y caña y carrete) que faenan en el golfo de Vizcaya desembarcaron en 2023 unas 330 t de atún rojo de más de 80 kg (edad 7), lo que representa unos 3.000 ejemplares en seis lonjas. Algunos de esos lugares están actualmente cubiertos de forma oportunista y proporcionan muestras al GBYP, y podrían ser de ayuda para el CKMR.

Actualmente, las pesquerías palangreras japonesas recogen aproximadamente entre 100 y 300 muestras para el estudio biológico del GBYP, y ahora pretenden empezar a tomar muestras para el CKMR del atún rojo occidental, pero este proceso aún no ha comenzado. En realidad, no existe la posibilidad de ampliar el muestreo a bordo, pero sí de ampliar las recogidas de muestras de pescado de mercado de pescado. Uno de los problemas que plantea el muestreo del pescado de mercado de pescado es que ya se le ha retirado la cola, por lo que no puede medirse la longitud a la horquilla, sino la longitud preanal. Aunque se pueden hacer otras mediciones y luego estimar la longitud a la horquilla utilizando un factor de conversión. El número de muestras que pueden recogerse mediante el muestreo de mercado depende en cierta medida de los recursos humanos. En este momento, muestreo de mercado permite obtener aproximadamente 20 muestras por mes. La escala de pescado disponible mediante muestreo en el mercado parece ser muy alta, con unos 10-20 peces subastados cada día.

Los primeros estudios realizados por el [BTRP](#) de Estados Unidos descubrieron que los peces en peor estado seguían siendo aptos para el genotipado.

#### *Banco de tejidos*

Parece que hay dos opciones para almacenar y gestionar las muestras recogidas para los trabajos de CKMR: un único banco central de tejidos o varios laboratorios o centros donde se almacenan las muestras de tejidos. El Grupo consideró que la mejor opción sería mantener todas las muestras en una ubicación central, ya que esto brinda varias ventajas importantes (mejora de la organización, estandarización de los métodos de almacenamiento, estandarización del etiquetado y del "banco", etc.). Esto no resta importancia a contar con un sistema sólido de registro, etiquetado y almacenamiento de las muestras. Un movimiento hacia un banco de tejidos centralizado para el CKMR también pone de relieve la necesidad de que ICCAT considere el desarrollo de un banco de tejidos para todas sus muestras biológicas y esto es algo que el SCRS debería considerar para las recomendaciones con implicaciones financieras anuales en la reunión anual de este año. Actualmente hay empresas que ya ofrecen este tipo de banco de tejidos centralizado y serían candidatas ideales para debatir su capacidad de asumir un mayor número de muestras.

En resumen:

- Es preferible disponer de un almacén centralizado.
- Es necesario desarrollar/acordar una base de datos maestra (metadatos) para cubrir todas las muestras recogidas.

- Es necesario desarrollar unos términos de referencia en los que se describa claramente lo que se necesita para una instalación de almacenamiento centralizado de tejidos (AZTI estaría en buena posición para redactarlos, puesto que ya ha prestado este servicio al banco de tejidos para el GBYP).
  - Se requiere una capacidad de almacenamiento de 20-25 mil muestras al año con réplicas.
    - Se requiere un total mínimo de 100.000 muestras.
    - Hay que saber qué se almacena y con qué especificaciones.
  - Se requiere suministro de energía para mantener la colección en buen estado.
- AZTI realizará una estimación aproximada de los costes para incluirla en la planificación presupuestaria de septiembre.
- Este tipo de tarea debería formar parte del plan de investigación a largo plazo del SCRS.

#### *Logística y métodos de muestreo*

Los protocolos para el muestreo y el tipo de muestreadores o dispositivos, tanto para los **cortes de aletas** como para los muestreadores musculares, utilizados para recoger la muestra biológica del CKMR, deben desarrollarse por completo y proporcionarse lo antes posible para proporcionar orientaciones sobre el modo de llevar a cabo las actividades piloto de muestreo para el CKMR este año. Un pequeño grupo trabajará en la elaboración de este protocolo. Los participantes consideraron que el uso de dispositivos de muestreo de un solo uso era aconsejable para evitar la contaminación.

## **5. Fuentes de financiación para el CKMR**

### ***5.1 Contribución del GBYP a la aplicación del CKMR***

GBYP ha estado proporcionando una financiación sustancial a muchas líneas de actividades de investigación y podría ser un financiador parcial del CKMR para el atún rojo del este, sin embargo son necesarias otras fuentes de financiación, ya que GBYP por sí solo es insuficiente. Se destacó que hay una disminución general en los fondos disponibles para el GBYP y que la financiación del CKMR disminuiría la financiación para otras actividades de investigación que han sido financiadas por el programa.

### ***5.2 Contribución del Programa de investigación sobre el atún rojo (BTRP) de Estados Unidos***

Se presentó una visión general del **BTRP** de Estados Unidos en el Atlántico oeste para el periodo 2015-2023 (SCRS/P/2024/014), cuyo objetivo es proporcionar una base para avanzar en la ordenación de pesquerías basada en la ciencia. Las prioridades de investigación para esta oportunidad de financiación incluyen: muestreo representativo de tejidos duros y blandos, y técnicas analíticas asociadas para estudios (genómica, composición por edad, crecimiento y contribución reproductiva por talla y edad); experimentos de marcado convencional, electrónico y genético a gran escala; minería de datos históricos; modelación de simulación relacionada con los modelos de evaluación y las estrategias de ordenación; mejora de la calidad de los datos pesqueros para la evaluación de stocks; desarrollo de nuevas técnicas independientes de la pesca para estimar la abundancia y la mortalidad o para aplicar nuevas estrategias de ordenación; integración de la teledetección por satélite, la modelación oceanográfica y otros productos científicos multidisciplinares para tener en cuenta los efectos medioambientales sobre la biología y las operaciones pesqueras o para resolver las incertidumbres del reclutamiento actual e histórico. Por último, se ofreció un resumen de los beneficios de la investigación del **BTRP** desde 2015. La financiación anual del **BTRP** asciende a 600.000 dólares estadounidenses.

El Grupo destacó la importancia del **BTRP** para el avance de la investigación y la prestación de asesoramiento científico del SCRS a la Comisión. El Grupo también debatió las oportunidades de mejorar la coordinación entre el **BTRP** y el GBYP, una idea que se debatió incluyendo un llamamiento a una mayor coordinación entre todos los programas nacionales científicos y de recopilación de datos. El Grupo expresó su deseo de que se le mantuviera informado sobre otros programas científicos y de investigación nacionales, pero se señaló que el tiempo y el espacio de las reuniones son limitados y que tales presentaciones deberían coordinarse previamente para ser más eficaces.

El Grupo preguntó si el BTRP financiaba el CKMR para el atún rojo occidental, y se indicó que el BTRP apoyaba algunos aspectos de los estudios piloto y parte del programa de recopilación de datos biológicos mejorados. La financiación básica anual real de aproximadamente 150.000 dólares estadounidenses para

el genotipado y el apoyo analítico al CKMR del atún rojo occidental fue relativamente baja en relación con la magnitud del apoyo obtenido en forma de estudios larvarios anuales y programas de seguimiento de la pesca. La mayor parte del apoyo que hizo posible el CKMR para el atún rojo occidental procedió de prospecciones anuales de investigación en curso, trabajo en especie y contribuciones de datos procedentes de Estados Unidos y Canadá, e impulsó sustancialmente la inversión anual (de aproximadamente 150.000 dólares estadounidenses) en genotipado y apoyo analítico. Este modelo de financiación ofrece algunas ideas sobre cómo podría tener éxito el programa de CKMR para el atún rojo del este, ya que, dada la magnitud del proyecto, tendrá que aprovechar de forma similar los estudios en curso, el seguimiento de las pesquerías y la participación en especie de las CPC nacionales para tener éxito.

Se observó que la coordinación entre el BTRP y el GBYP ha aumentado en los últimos años, pero debería reforzarse aún más en el futuro, así como la colaboración con cualquier otro programa nacional sobre el atún rojo, en beneficio de la prestación de asesoramiento científico y para evitar la duplicación innecesaria de iniciativas de investigación.

### **5.3 Otras posibles fuentes de financiación**

El Grupo debatió el posible desarrollo de una reserva para apoyar el CKMR del atún rojo que represente una pequeña fracción del total admisible de capturas (TAC) global para apoyar las necesidades de financiación del CKMR. El Grupo volvió a examinar algunas de las cuestiones planteadas por la Comisión cuando se debatió esta posibilidad en el pasado. El Grupo sugirió al presidente del SCRS que se coordinara en el periodo intersesiones con los cargos pertinentes de la Comisión, con el objetivo de debatir esta posibilidad durante la próxima reunión anual de la Comisión.

Se identificaron otras oportunidades de financiación externa, proporcionadas por instituciones o fondos privados (por ejemplo, [Horizon Europe](#), [Fondo europeo para la acuicultura y pesquerías marítimas \(MFF\)](#)) como posibles plataformas de financiación para apoyar las actividades y los objetivos del CKMR para el atún rojo del este.

Los costes aproximados serán estimados por el Grupo de especies de atún rojo para incluirlos en la planificación presupuestaria de septiembre de 2024 teniendo en cuenta las actividades de investigación que podrían ser sustituidas / quedar obsoletas si se empieza a aplicar el CKMR.

## **6. Índices de abundancia**

En la presentación SCRS/P/2024/017 se proporcionaba el hábitat potencial de alimentación y reproducción del atún rojo del Atlántico. Los autores destacan las posibilidades de utilizar esta información en la estandarización de los índices de abundancia y en la parametrización de la evaluación de stock (crecimiento, reclutamiento).

La presentación suscitó un gran interés, y el Grupo abordó el uso potencial de esta capa de datos en la estandarización de índices, en nuevas áreas de investigación y en la formulación de supuestos sobre los movimientos del atún rojo adulto, sobre las agregaciones de reproducción y la estacionalidad del uso del hábitat. Sería útil incorporar los datos de los últimos años sobre marcado de atún rojo y otras observaciones al análisis presentado. El autor indicó que estaba abierto y que buscaba expertos en atún rojo y que tuvieran datos con los que colaborar para mejorar el modelado.

Se plantearon preguntas sobre los datos utilizados en el análisis presentado. Por ejemplo, el autor aclaró que la capa superior representativa de la capa mixta de los modelos operativos del Servicio de Vigilancia del Medio Marino Copernicus (CMEMS) se utilizó para determinar la temperatura de la superficie del mar (SST), y el "hábitat potencial" en lo que concierne a la reproducción, especialmente cuando coinciden con zonas en las que no se tiene constancia de la presencia de larvas, podría deberse a condiciones oceánicas similares a las identificadas a partir de los datos en las zonas de reproducción conocidas. Sería útil comparar estos resultados con otros análisis para ver dónde hay diferencias y similitudes, y hacerse una idea del posible panorama general. Al final sería conveniente tener objetivos claros para este tipo de trabajo, por ejemplo, quizá centrarse en una zona para obtener un índice de abundancia para esa zona (por ejemplo, las principales zonas de alimentación de los adultos de atún rojo en el Atlántico norte, excluyendo, como primer paso, las principales zonas de reproducción en el golfo de México y el Mediterráneo), en lugar de toda la

zona. Se anima a que continúen los trabajos en este tema y se acogerá con satisfacción una actualización de estos en la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2024.

En la presentación SCRS/P/2024/020 se proporcionaba información sobre el desarrollo del índice de abundancia de larvas de atún rojo en el Mediterráneo occidental. Los autores han estado trabajando en la mejora de la metodología de estandarización del índice para reducir el sesgo potencial en este índice mediante la inclusión de nuevas variables medioambientales: la fase lunar en las capturas larvarias (Ottmann *et al.*, 2023).

Se señaló que existen pruebas de actividades de reproducción del atún rojo durante todo el día, y el Grupo se preguntó si el método sugerido tiene en cuenta la desove diurna. Los autores indicaron que no se conoce bien el momento de las actividades de desove entre el día y la noche, y que se seguirá trabajando antes de proporcionar el índice actualizado en septiembre.

En el documento SCRS/2024/058 se proponían algunas cuestiones con miras a mejorar los modelos utilizados en la actual MSE de atún rojo. Los autores sugirieron reconsiderar la estratificación de zonas en el modelo, incorporando un enfoque de CKMR más exhaustivo y un sistema MSE de atún rojo actualizado para reflejar los mejores conocimientos científicos.

El Grupo intercambió algunas ideas sobre los puntos sugeridos, y los presidentes señalaron que estos puntos se debatirían en la próxima ronda de revisión de los modelos operativos (OM) en 2027/2028, reconociendo la importancia del debate. En la reunión del Grupo de especies de septiembre, el Grupo estudiaría una fecha a partir de la cual considerar la planificación del calendario para la revisión de los OM.

En la presentación SCRS/P/2024/021 se proporcionó una actualización estricta del índice de caña y carrete de Estados Unidos, 66-144 cm que se ha utilizado en el procedimiento de ordenación (MP). El Grupo agradeció al autor su rápida presentación y la actualización del índice. Se debatió el aumento observado en el índice de 2018 a 2021 y la subsiguiente caída del índice a partir de 2022. Al parecer, esto podría deberse a que una cohorte fuerte entra en el índice y luego lo abandona a medida que crece/envejece. El autor indicó que los datos de frecuencia de tallas se facilitarán en la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2024, y que es posible revisar los datos de clasificación por tallas (ya que este índice se compone de muestras clasificadas en categorías de tallas de 66-114 cm y 115-144 cm).

El Grupo reabrió el debate sobre cómo calcular una "actualización estricta" de los índices utilizados en el MP. Idealmente, las "actualizaciones estrictas" de los índices se estandarizan utilizando los datos más recientes mediante la fijación de las covariables en el modelo lineal generalizado (GLM) ya estimadas en el momento de la adopción del MP (en 2022) para que tengan los mismos valores de índice anteriores a 2021. Se confirmó que la actualización presentada del índice era una "actualización estricta" en el sentido de que el modelo GLM volvía a estimar los parámetros utilizando toda la serie temporal, y que no había diferencias en los valores anuales anteriores a 2023. El objetivo del Grupo de especies de atún rojo es disponer de una metodología clara en todos los índices para fijar las covariables. Aunque el proceso de reestimación no es un problema para esta actualización, será muy importante para algunos de los otros índices de atún rojo que aún deben actualizarse y presentarse al Grupo de especies de atún rojo. Se comentó que valdría la pena reexaminar el método utilizado en Lino *et al.*, (2023). Los autores señalaron que los códigos R estarán a disposición del subgrupo del índice para coordinar su trabajo posterior.

El Grupo comprobó el estado de las actualizaciones de otros índices utilizados en el MP. Ya se han facilitado los índices preliminares del palangre japonés en el Atlántico oriental y occidental para 2023, y los autores finalizarán los valores en septiembre de 2024. Los autores de algunos de los otros índices confirmaron que su actualización estricta de los índices se facilitará antes de la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2024.

## **7. Orientaciones estratégicas del GBYP**

### **7.1 Financiación**

La Secretaría ofreció una breve visión general de la financiación de la ciencia de ICCAT en los últimos años, centrándose especialmente en la capacidad de uso eficaz de los fondos disponibles. Se destacó que el GBYP ha podido utilizar la mayor parte de los fondos disponibles, de acuerdo con las actividades incluidas en los

planes de trabajo anuales, pero sin cumplir el plazo establecido. Esto último provocó que, a finales de 2023, el GBYP tuviera un saldo positivo de 695.144 euros, mientras que en el caso de los otros Programas de investigación y recopilación de datos ese saldo ascendía a 1.170.906 euros. Como consecuencia, la Comisión redujo significativamente la financiación de la ciencia a través del presupuesto ordinario para el año 2024 a 45.000 euros, que es inferior a la cantidad de financiación proporcionada en 2018, y revisará el presupuesto de la ciencia para 2025 durante la reunión anual de 2024 de la Comisión.

Basándose en lo anterior, la Secretaría informó de que el presupuesto para la ciencia para 2024 se utilizará estrictamente en línea con el presupuesto aprobado por la Comisión, que se detalla en la Tabla 1 del documento "Actividades de investigación del SCRS que requieren financiación para 2024 y 2025" en el Apéndice 2 al ANEXO 7 del Informe del periodo bienal 2022-2023, Parte II (2023), Vol. 1). En consecuencia, no se concederán prórrogas ni se permitirán cambios entre capítulos.

El Grupo reconoció los aspectos destacados por la Secretaría y convino en que las solicitudes financieras deberían basarse en evaluaciones exhaustivas. Por otra parte, el Grupo convino en que es esencial tener un buen conocimiento de la capacidad de ejecución efectiva de acuerdo con el plan de trabajo aprobado por el SCRS y refrendado por la Comisión.

En consecuencia, el Grupo acordó desarrollar su plan de trabajo para 2025 y preparar los términos de referencia necesarios que pudieran requerirse para la ejecución de las actividades del GBYP para la reunión del Grupo de septiembre de 2024. A la espera de la decisión de las plenarios del SCRS, los términos de referencia definitivos estarán disponibles en noviembre de 2024.

## **7.2 Actualización del Programa**

El coordinador del GBYP expuso una actualización del programa en la presentación SCRS/P/2024/011. Informó al Grupo sobre aspectos relevantes relacionados con la gestión del programa, en concreto los relacionados con la plataforma de financiación principal de la Agencia Ejecutiva Europea de Clima, Infraestructuras y Medio Ambiente (CINEA), y destacó la necesidad de alinear el plan de trabajo anual y las actividades del GBYP con la financiación anual disponible, tal y como fue adoptada por la Comisión. Además, presentó brevemente los avances por líneas principales de investigación (gestión de datos, índices de abundancia, marcado, estudios biológicos y modelación) de la fase 13 del GBYP, que se cerrará en julio de 2024.

El Grupo solicitó más información sobre los estudios para la determinación del stock de origen de los ejemplares capturados en el golfo de Vizcaya. Los responsables del estudio explicaron que desde hace algunos años se habían observado algunos cambios en la dinámica de los juveniles pertenecientes al stock oriental. Paralelamente se había observado la presencia de ejemplares de gran tamaño, que no se habían detectado anteriormente en la zona, lo que justificó la realización de un estudio *ad hoc* para determinar su origen.

También se planteó la posibilidad de reanudar el muestreo genético de atún rojo en las Islas Canarias y Marruecos, teniendo en cuenta que estudios anteriores habían detectado la presencia de individuos del stock de atún rojo occidental en estas zonas. Se informó al Grupo de que se está llevando a cabo el muestreo genético en la zona de las islas Canarias, y que el muestreo genético en Marruecos podría reanudarse en 2025 si se considera necesario. Embarcarse en el muestreo de CKMR permitiría abordar de forma aún más exhaustiva muchas de estas cuestiones relativas al stock genético de origen. Por último, se recordó que las muestras genéticas del mar de Levante estarían disponibles después de 2025.

## **7.3 Experto externo en marcado y recaptura de individuos estrechamente emparentados (CKMR)**

El Dr. Ruzzante, contratado como asesor externo del Comité Directivo del GBYP para asuntos de CKMR, expuso la presentación SCRS/P/2024/026, que resumía los enfoques genómicos para la estimación de CKMR de la abundancia del stock de atún rojo del este. Presentó una revisión y síntesis de la bibliografía reciente sobre la genética del atún rojo del Atlántico, incluidos los resultados de Díaz-Arce *et al.*, (2023, 2024) que describen las características del chip de ADN desarrollada por AZTI. Se hicieron referencias a estudios publicados entre 2018 y 2022, la mayoría de los cuales describían diferencias genéticas entre el atún rojo del este y el atún rojo del oeste. A esto le siguió una descripción de los avances del proyecto de CKMR sobre el fletán en el Atlántico, que utiliza el chip de ADN *Illumina* con 4.000 marcadores polimorfismo de nucleótido único (SNP). A continuación, analizó el reciente trabajo publicado sobre atún rojo occidental



junto con Davies *et al.*, 2024 sobre la epigenética de la determinación de la edad, y sugirió que un próximo paso importante para este enfoque sería encontrar una forma de ampliar el proceso de manera que sea económicamente viable para que se lleve a cabo de forma rutinaria a gran escala con objetivos de ordenación. Tras esto, se presentaron los datos genotípicos recibidos de la instalación de genotipado de chip de ADN, así como las distintas medidas adoptadas para el control de calidad. Se sugirió que una forma de avanzar en la compatibilidad entre el atún rojo del este y del oeste es que los dos grupos e instituciones implicados compartan un subconjunto de los SNP examinados en las dos plataformas diferentes. También se debatieron distintas formas de control de calidad y la necesidad de un protocolo claro de muestreo.

El Grupo reconoció que la presentación constituía un excelente resumen de la situación actual de las iniciativas relacionadas con el CKMR del stock de atún rojo del Atlántico. La presentación fue seguida de un debate centrado en gran medida en los pasos necesarios para que el intercambio de SNP sea efectivo.

Se planteó una pregunta sobre la identificación de POP en el estudio del fletán, concretamente por qué había un rango estimado cuando la ratio de verosimilitud indicaba que se distinguen bien POP de otros pares de parientes. El experto aclaró que, hasta que se pueda determinar la edad de los peces, la distribución observada puede incluir tanto pares de hermanos por parte de padre y madre como POP, y que la separación por edades permitiría determinar qué pares de ejemplares emparentados son específicamente progenitores y descendientes.

En la discusión, un participante con experiencia en CKMR utilizando tanto chips de ADN como DArT, señaló que, en su experiencia, ambos enfoques podrían ser exitosos para la búsqueda de parentesco en el CKMR, y que los enfoques de secuenciación de DArT también se ampliaron bien a grandes proyectos (por ejemplo, atún rojo occidental y atún rojo del sur). El ponente se mostró de acuerdo en que ambos enfoques pueden ser eficaces para la búsqueda de parientes. Dado que los planteamientos de DArT están patentados; se observó que, aunque es posible aplicar planteamientos similares en un laboratorio independiente, es difícil hacerlo con eficacia, especialmente con muestras de gran tamaño.

En cuanto a la ampliación de la determinación epigenética de la edad, un participante señaló que, al parecer, la determinación epigenética de la edad en general está empezando a estar disponible como servicio comercial ofrecido por al menos dos empresas, lo que implicaría que la cuestión de la ampliación puede abordarse. Aún no se conocen los costes, aunque en Davies *et al.*, 2024, se sugiere un límite máximo probable.

También se habló del contexto que motivó el desarrollo de un programa de CKMR para el fletán y se preguntó cuál era la abundancia final de fletán y cuánto tiempo se tardaría en obtener la estimación. El autor respondió que el contexto era que las estimaciones de evaluación de stock no eran precisas y que había interés en explorar la aplicación de métodos avanzados para otras especies cuya conservación o explotación preocupan, incluidos los mamíferos marinos. La estimación de la abundancia mediante CKMR aún no está disponible, pero se espera para el próximo año, teniendo en cuenta que se trata de un proyecto de cinco años. Para contextualizar el atún rojo, la evaluación de stock de fletán estima una población de 4 millones de adultos y la cuota para 2024 es de 4.927 t.

El asesor externo señaló que se esperaba que las fases de genotipado y búsqueda de parientes para el fletán estuvieran terminadas en los próximos 12 meses. El propio modelo de CKMR, necesario para analizar los resultados de búsqueda de parientes y producir estimaciones de abundancia, aún está en fase de desarrollo.

En cuanto al atún rojo, se recordó que si los marcadores son compartidos por distintos métodos de identificación del parentesco, los resultados serían comparables. También se hizo hincapié en que para poner en marcha en el futuro un estudio panatlántico de CKMR no es estrictamente necesario utilizar ahora los mismos métodos de genotipado en los estudios de CKMR para el atún oriental y occidental, sino que es crucial desarrollar protocolos estandarizados y bases de datos compatibles desde el principio.

Se planteó una pregunta sobre la disponibilidad del chip de ADN desarrollado por el consorcio del GBYP dirigido por AZTI. Se aclaró que esta matriz no fue desarrollada con fines comerciales, y que es posible compartirla, pero dado que en su desarrollo han participado diversas empresas e instituciones aún es necesario debatir entre los desarrolladores su uso por parte de terceros. No obstante, el Grupo acordó encontrar la manera de compartir con otros equipos el chip de ADN desarrollada en el marco del GBYP.

Se debatió la diferencia entre modificar el chip de ADN existente o desarrollar nuevas versiones. Se mencionó que es posible introducir pequeñas modificaciones en el chip de ADN, por ejemplo, añadir ADN mitocondrial. Sin embargo, modificaciones más amplias, como añadir muchos de los SNP utilizados en el estudio de CKMR de atún rojo occidental, requerirían el desarrollo de un nuevo chip de ADN, lo que tendría costes asociados y requeriría un tiempo considerable.

También se debatió la posibilidad de integrar los SNP utilizados para el CKMR de atún rojo oriental en la plataforma de genotipado del CKMR del atún rojo occidental. Esto parece técnicamente factible, pero habría que comprobar la coherencia de los genotipos de las dos plataformas. Se afirmó que el equipo del CKMR del atún rojo occidental está abierto y dispuesto a integrar esos SNP, con el fin de hacer ambos estudios totalmente compatibles, y avanzar en el enfoque panatlántico del CKMR. El asesor externo recomendó este enfoque como una posible solución para lograr la compatibilidad entre los programas de CKMR para el atún rojo oriental y occidental en el futuro. Aunque los participantes expresaron su deseo de encontrar formas de compartir los SNP, esto puede requerir la consideración de acuerdos de confidencialidad entre instituciones. El Grupo señaló que desearía que se estableciera un proceso que facilitara el intercambio de información y expresó su deseo de que este asunto pudiera conciliarse.

## 8. Camino a seguir

El Grupo creó la lista de tareas del Grupo de especies de atún rojo durante 2024.

### *Tareas de 2024*

- Folleto de una página sobre beneficios y oportunidades del CKMR. *Responsabilidad:* Relatores del Grupo de especies de atún rojo
- Posibles estudios biológicos del GBYP para 2024. *Responsabilidad:* GBYP, *plazo:* diciembre de 2024.
  1. Adaptación del muestreo biológico existente para el CKMR y posibles ensayos del protocolo de CKMR para incluir la recogida de cortes de aletas, músculo y otolitos (comprobar los rangos de edades existentes).
  2. (Evaluación de hermandad a partir de larvas de Baleares y genotipado) y preparación de larvas de 2024 para posible genotipado (depende de la financiación).
  3. Evaluar si un reloj de edad epigenético derivado de tejido muscular funcionará con cortes de aletas o si será necesario derivar un nuevo reloj.
- Documento sobre las especificaciones técnicas de los protocolos de muestreo. *Responsabilidad:* Coordinador del CKMR, *plazo:* Borrador del proyecto antes del 15 de mayo, Proyecto antes de julio de 2024.
- Documento del SCRS sobre el plan de diseño estadístico completado para su presentación al Grupo de especies de atún rojo y al SCRS teniendo en cuenta los debates de la reunión para incluir cualquier ensayo de modelo adicional. *Responsabilidad:* Contratista, *Plazo:* julio de 2024
- Documento del SCRS sobre especificaciones de diseño para logística y análisis para el programa del CKMR para el atún rojo del este. *Responsabilidad:* Relatores de Grupo de especies de atún rojo, coordinadores de CKMR, contratistas y expertos externos, Comité directivo del GBYP. *Plazo:* septiembre de 2024.
  1. Gestión del proyecto
  2. Muestreo
  3. Genotipado
  4. Preservación de muestras y banco de tejidos
  5. Gestión de bases de datos
  6. Análisis estadístico y modelación
  7. Compatibilidad futura con el trabajo de desarrollo de individuos estrechamente emparentados existente (CKMR para el atún rojo del este y del oeste).
  8. Estimación de costes
- Términos de referencia para la convocatoria de ofertas *Responsabilidad:* GBYP<sup>1</sup>, *Plazo:* septiembre de 2024.

---

<sup>1</sup> Pendiente de la recomendación del SCRS para seguir adelante.

- a) CKMR plurianual completo con productos intermedios para aportar información al acondicionamiento de la MSE en 2027.
- b) CKMR plurianual completo en un plazo ampliado no destinado a informar al acondicionamiento de 2027.
- c) Proyectos individuales escalables para apoyar (a) o (b).

- Publicar convocatoria de ofertas para 2025. *Responsabilidad: Secretaría*<sup>2</sup>.
- Iniciar el muestreo en 2025.

### ***Compatibilidad con los programas genómicos existentes***

Hasta la fecha, dos grupos han presentado trabajos de desarrollo sobre la creación de capacidades para el CKMR, el desarrollo de los métodos de identificación de stock y la búsqueda de parientes para el CKMR del atún rojo del este y del oeste y el desarrollo de modelos de CKMR, pero estos no son los únicos grupos que podrían llevar a cabo el CKMR o que han expresado su interés. En caso de que ICCAT se embarcara en el CKMR, probablemente lo haría a través de una convocatoria de ofertas, para la que la compatibilidad con los esfuerzos existentes y en curso sería un requisito, con el fin de mantener la continuidad de la información y basarse en el extenso trabajo de desarrollo realizado hasta la fecha.

Esta reunión se ha centrado en el CKMR para el atún rojo del este, por lo que es esencial la compatibilidad con los esfuerzos existentes llevados a cabo por el Consorcio GBYP y financiados por GBYP. Esto significaría poder utilizar los marcadores y muestras existentes para que no se produzca una pérdida de información, datos o conocimientos aprendidos a lo largo de varios años de trabajo de desarrollo.

Con el paso a un enfoque de procedimiento de ordenación que tenga en cuenta la dinámica de los stocks de atún rojo del este y del oeste, un programa panatlántico de parentesco estrecho también podría respaldar futuros procedimientos de ordenación basados en la genómica, de forma similar a como se han incorporado estos métodos en el MP de la Comisión para la Conservación del Atún Rojo del Sur (CCSBT). Un enfoque panatlántico, por ejemplo, que tenga en cuenta tanto el atún rojo del este como el atún rojo del oeste, sería deseable para apoyar el futuro desarrollo de MP y el acondicionamiento de la MSE, para realizar importantes economías de escala, así como y para proporcionar la capacidad de utilizar estas inferencias para abordar cuestiones científicas emergentes.

Aunque hubo consenso en cuanto a la idea anterior, se indicó que sería beneficioso definir cómo sería la "compatibilidad" del CKMR del atún rojo del este y del oeste. Dado que el CKMR del atún rojo del oeste se encuentra en un punto de inflexión en el que pasará de la fase piloto a una fase operativa y pasará de DArT-CAP a posiblemente un enfoque de secuenciación que sea más eficiente y similar a un chip de ADN, hay una serie de decisiones que tomar para el CKMR del atún rojo del oeste. Un participante implicado en el CKMR del atún rojo del oeste señaló que aún no se ha tomado una decisión sobre cómo será la fase "operativa" pero, dado este periodo de transición, sería óptimo lograr la compatibilidad con el genotipado de parentesco estrecho del atún rojo del este para que en el futuro pudieran ser un único programa integrado.

Cabe señalar que un "programa integrado" y la "compatibilidad" no implican necesariamente un "modelo de análisis integrado" que utilice todos los datos de atún rojo del este y de atún rojo del oeste juntos dentro de un único modelo. Los modelos de CKMR de atún rojo del este y de atún rojo del oeste separados son perfectamente capaces de proporcionar estimaciones de abundancia absoluta. La experiencia en otros lugares ha demostrado que es mejor empezar simplemente con el CKMR, para adquirir experiencia y aprender de las percepciones cualitativas que proporciona, por ejemplo, sobre cuestiones espaciales, y sólo más tarde pasar a incorporar más datos en un modelo integrado de tipo evaluación.

"Compatible" significa aquí que el genotipo de una muestra individual que se recoge y genotipa para su uso en un modelo de CKMR de atún rojo del oeste puede, en cambio, utilizarse directamente en un modelo de CKMR de atún rojo del este si dicha muestra resulta proceder de un pez del stock de atún rojo del este. Cabe destacar que la compatibilidad de los métodos de genotipado es deseable en aras de la eficacia, pero no absolutamente esencial, ya que en el peor de los casos una muestra podría simplemente genotiparse de nuevo utilizando el "otro" método si resulta ser de la "otra" población, incurriendo en un gasto adicional;

---

<sup>2</sup> Pendiente de aprobación por la Comisión y de la obtención de la financiación necesaria.

sin embargo, la proporción de tales muestras, y por tanto el coste adicional, no sería grande en el contexto de un programa de CKMR de atún rojo del este a gran escala.

Lograr la compatibilidad del CKMR para el atún rojo del este y el atún rojo del oeste:

1. Genotipado separado pero con capacidad para compartir marcadores genéticos, y modelado separado.
  - a. Añadir marcadores DArT al chip.
  - b. Añadir marcadores de chip a un nuevo proceso DArT.
2. Genotipado conjunto, modelado separado
  - a. Esto podría implicar que el CKMR para el atún rojo del oeste pasará a utilizar el chip de ADN, reanalizando con el chip las larvas ya analizadas.
  - b. Desarrollo de un nuevo chip de ADN con ambos conjuntos de marcadores. (Cabe señalar que esto sería deseable en caso de que una entidad independiente se hiciera cargo del proyecto).
3. Modelado conjunto (opción futura)
  - a. Esto podría implicar un modelo conjunto de CKMR para el atún rojo del este y el atún rojo del oeste.
  - b. Todos los datos de genotipos existentes y anteriores seguirían existiendo, lo que permitiría que ésta fuera una tarea futura a más largo plazo.

## 9. Otros asuntos

Por falta de tiempo, no se presentó en la reunión el documento SCRS/2024/059 ni el cuestionario para los participantes en la MSE. El debate sobre este documento se pospuso hasta la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2024. Este documento propone evaluar lo que ha funcionado y cómo podríamos mejorar el proceso de cara al futuro mediante una encuesta a los participantes en la MSE.

## 10. Adopción del informe y clausura

El informe se aprobó en su mayor parte durante la reunión, y una parte de la sección 2 se aprobó por correspondencia. Los presidentes del Grupo agradecieron a todos los participantes y expertos externos sus esfuerzos, así como al Departamento de pesca y acuicultura del Ministerio maltés de agricultura, pesca, alimentación y derechos de los animales por acoger la reunión y apoyar los trabajos. La reunión fue clausurada.

## Referencias

- Anonymous. 2023. Report of the 2023 ICCAT GBYP Workshop on Atlantic bluefin tuna larval indices (hybrid/Palermo, 7-9 February 2023). ICCAT Col. Vol. Sci. Pap. Vol 80(9):1-24. ~~SCRS/2023/042~~.
- Bridges, C.R., Nousdili, D., Kranz-Finger, S., Borutta, F., Schulz, S., Na'amnieh, S., Vassallo-Agius, R., Psaila, M. and Ellul, S. 2019. Tuna Ocean Restocking (TOR) pilot study - Sea-based hatching and release of Atlantic bluefin tuna larvae – theory and practice. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap. Vol. 76(2): 408-420. ~~SCRS/2019/172~~.
- Davies C., Mayne B., Grewe P., Lloyd-Jones L., Potter N., Anderson C., Farley J, and Rodriguez-Marin E. 2024. Pilot study on epigenetic aging technique for age estimation of Atlantic bluefin tuna. ICCAT GBYP 02/2023. Final report.
- Diaz-Arce N., Rodriguez-Ezpeleta N., Artetxe-Arrate I., Zudaire I., Arrizabalaga H., and Fraile I. 2023. New genetic tools for Atlantic bluefin tuna monitoring. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., Vol. 80(9): 212-218. ~~SCRS/2023/160~~.
- Díaz-Arce N., Gagnaire P-A., Richardson D.E., Walter III J.F., Arnaud-Haond S., Fromentin J-M., Brophy D., Lutcavage M., Addis P., Alemany F., Allman R., Deguara S., Fraile I., Goñi N., Hanke A.R., Saadet Karakulak F., Pacicco A., Quattro J.M., Rooker J.R., Arrizabalaga H., and Rodríguez-Ezpeleta N. 2024. Unidirectional trans-Atlantic gene flow and a mixed spawning area shape the genetic connectivity of Atlantic bluefin tuna. *Molecular Ecology* 33:e17188.
- McDowell, J.R., Bravington, M., Grewe, P.M. Lauretta M., Walter III J.F., Baylis S.M., Gosselin T., Malca E., Gerard T., Shiroza A., Lamkin J.T., Biesack E.E., Zapfe G., Ingram W., Davies C., and Porch C. 2022. Low levels of sibship encourage use of larvae in western Atlantic bluefin tuna abundance estimation by close-kin mark-recapture. *Sci Rep* 12, 18606. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20862-9>.
- Russo S., Torri M., Patti B., Musco M., Masullo T., Di Natale M.V., Sarà G., and Cuttitta A. 2022. Environmental conditions along tuna larval dispersion: Insights on the spawning habitat and impact on their development stages. *Water*, 14(10), 1568.
- Russo S., Torri M., Patti B., Reglero P., Álvarez-Berastegui D., Cuttitta A., and Sarà G. 2021. Unveiling the Relationship Between Sea Surface Hydrographic Patterns and Tuna Larval Distribution in the Central Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 8, 708775.
- Lino P.G., Abid N., I. Malouli M.I., Bensbai J., and Coelho R. 2023. Update of the standardized joint CPUE index for bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught by Moroccan and EU-Portuguese traps for the period 2008-2022, using a Bayesian generalized liner model. ICCAT Col. Vol. Sci. Pap., Vol. 80(9): 151-166. ~~SCRS/2023/147~~.
- Ottmann D., Langbehn T., Reglero P., Álvarez-Berastegui D., and Fiksen Ø. 2023. Model of mesopelagic fish predation on eggs and larvae shows benefits of tuna spawning under full moon. *Limnology and Oceanography*. 2023, 68 (12), 2632-2641. 10.1002/lno.12465

## **Apéndices**

**Apéndice 1.** Orden del día.

**Apéndice 2.** Lista de participantes.

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

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

**Agenda**

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements
2. Close-kin Mark Recapture (CKMR) modeling
3. CKMR genetics
4. Sampling to support implementation of CKMR
5. Funding sources for CKMR
6. Abundance indices
7. GBYP Strategic directions
8. Pathforwad
9. Other matters
10. Adoption of the report and closure

**List of participants<sup>3\*</sup>**

**CONTRACTING PARTIES**

**ALGERIA**

**Ouchelli, Amar \***

Sous-directeur de la Grande Pêche et de la Pêche Spécialisée, Ministère de la pêche et des productions halieutiques, Route des quatre canons, 16000 Alger

Tel: +213 550 386 938, Fax: +213 234 95597, E-Mail: amarouchelli.dz@gmail.com; amar.ouchelli@mpeche.gov.dz

**Tamourt, Amira <sup>1</sup>**

Ministère de la Pêche & des Ressources Halieutiques, 16100 Alger

**CANADA**

**Duprey, Nicholas**

Senior Science Advisor, Fisheries and Oceans Canada, 200-401 Burrard Street, Vancouver, BC V6C 3R2

Tel: +1 604 499 0469, E-Mail: nicholas.duprey@dfo-mpo.gc.ca

**EGYPT**

**Elsawy, Walid Mohamed**

Associate Professor, National Institute of Oceanography and Fisheries, 210, area B - City, 5th District Road 90, 11311 New Cairo

Tel: +201 004 401 399, Fax: +202 281 117 007, E-Mail: walid.soton@gmail.com

**EUROPEAN UNION**

**Jonusas, Stanislovas**

Unit C3: Scientific Advice and Data Collection DG MARE - Fisheries Policy Atlantic, North Sea, Baltic and Outermost Regions European Commission, J-99 02/38 Rue Joseph II, 99, 1049 Brussels, Belgium

Tel: +3222 980 155, E-Mail: Stanislovas.Jonusas@ec.europa.eu

**Duflot, Melissa**

Rue Joseph II 79, Brussels, Belgium

Tel: +623 127 449, E-Mail: melissa.duflot@ext.ec.europa.eu

**O'Dowd, Leonie**

European Commission DG MARE, Rue Joseph 99, 1000 Brussels, Belgium

Tel: +35 387 623 7109, E-Mail: Leonie.O'DOWD@ec.europa.eu

**Álvarez Berastegui, Diego**

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

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

**Arrizabalaga, Haritz**

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

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

**Artetxe-Arrate, Iraide**

AZTI, Txatxarramendi ugarteia z/g, 48395, España

Tel: +34 667 181 302, E-Mail: irartetxe@azti.es

**Bridges, Christopher Robert**

Heinrich Heine University, Düsseldorf AG Ecophysiology, Institute for Metabolic Physiology: Ecophysiology / TUNATECH GmbH Merowinger, C/O Tunatech Merowinger Pltz 2, 40225 Duesseldorf NrW, Germany

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

---

\* Head Delegate.

<sup>1</sup> Some delegate contact details have not been included following their request for data protection.



**Chapela Lorenzo, Isabel**

Centro Oceanográfico de Santander (COST-IEO). Instituto Español de Oceanografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IEO- CSIC), C/ Severiano Ballesteros 16, 39004 Santander Cantabria, España  
Tel: +34 662 540 979, E-Mail: isabel.chapela@ieo.csic.es

**Di Natale, Antonio**

Director, Aquastudio Research Institute, Via Trapani 6, 98121 Messina, Italy  
Tel: +39 336 333 366, E-Mail: adinatale@acquariodigenova.it; adinatale@costaedutainment.it

**Díaz-Arce, Natalia**

AZTI, Txatxarramendi Ugarteza z/g, 48395 Sukarrieta, País Vasco, España  
Tel: +34 667 174 503, E-Mail: ndiaz@azti.es

**Fernández Llana, Carmen**

Instituto Español de Oceanografía (IEO), Consejo Superior de Investigaciones Científicas, C/ Corazón de María, 8, 28002 Madrid, España  
Tel: +34 91 342 11 32, E-Mail: carmen.fernandez@ieo.csic.es

**Fraille, Igaratza**

AZTI-TECNALIA, Herrera Kaia Portualdea z/g, 20110 Pasaia, España  
Tel: +34 946 574000, E-Mail: ifraile@azti.es

**Gatt, Mark**

Ministry for Agriculture, Fisheries, Food and Animal Rights Fort San Lucjan, Triq il-Qajjena, Department of Fisheries and Aquaculture, Malta Aquaculture Research Centre, MRS 3303 Marsaxlokk, Malta

**Grubisic, Leon**

Institute of Oceanography and Fisheries in Split, Setaliste Ivana Mestrovica 63 - P.O.Box 500, 21000 Split, Croatia  
Tel: +385 914 070 955, Fax: +385 21 358 650, E-Mail: leon@izor.hr

**Jaranay Meseguer, María**

Centro Oceanográfico de Santander (COST-IEO). Instituto Español de Oceanografía, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IEO-CSIC), C/ Severiano Ballesteros 16, 39004 Santander Cantabria, España  
Tel: +34 942 291 716, E-Mail: maria.jaranay@ieo.csic.es

**Liniers Terry, Gonzalo**

Instituto Español de Oceanografía (IEO, CSIC), Calle Corazón de María 8, 28002 Madrid, España  
Tel: +34 915 107 540, E-Mail: g7linierst@gmail.com

**Lino, Pedro Gil**

Research Assistant, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - I.P./IPMA, Avenida 5 Outubro s/n, 8700-305 Olhão, Faro, Portugal  
Tel: +351 289 700508, E-Mail: plino@ipma.pt

**Maxwell, Hugo**

Sci/Technical Officer, Marine Institute, Fisheries Ecosystems Advisory Services, F28EV18, Ireland  
Tel: +353 894 836 530; 877 621 337, E-Mail: hugo.maxwell@marine.ie

**Pappalardo, Luigi**

Scientific Coordinator, OCEANIS SRL, Vie Maritime 59, 84043 Salerno Agropoli, Italy  
Tel: +39 081 777 5116; +39 345 689 2473, E-Mail: luigi.pappalardo86@gmail.com; gistec86@hotmail.com; oceanissrl@gmail.com

**Patrocínio Ibarrola, Teodoro**

Instituto Español de Oceanografía-CSIC, 15001 A Coruña, España  
Tel: +34 981 218 151, E-Mail: teo.ibarrola@ieo.csic.es

**Pérez Torres, Asvin**

CN-IEO-CSIC Centro Oceanográfico de Baleares, Muelle Poniente s/n, 07015 Palma de Mallorca, Islas Baleares, España  
Tel: +34 680 835 535; +34 971 133 720, E-Mail: asvin.perez@ieo.csic.es

**Quelle Eijo, Pablo**

Titulado superior de Actividades Técnicas y Profesionales, Centro Oceanográfico de Santander (COST-IEO). Centro Nacional Instituto Español de Oceanografía (CN-IEO). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), C/ Severiano Ballesteros 16, 39004 Santander, Cantabria, España  
Tel: +34 942 291 716, Fax: +34 942 275 072, E-Mail: pablo.quelle@ieo.csic.es

**Reglero Barón, Patricia**

Centro Oceanográfico de las Islas Baleares, Instituto Español de Oceanografía, Muelle de Poniente s/n, 07015 Palma de Mallorca Islas Baleares, España  
Tel: +34 971 13 37 20, E-Mail: patricia.reglero@ieo.csic.es

**Rodríguez-Ezpeleta, Naiara**

AZTI - Tecnalia /Itsas Ikerketa Saila, Txatxarramendi ugarte a z/g, 48395 Pasaia Gipuzkoa, España  
Tel: +34 667 174 514, E-Mail: nrodriguez@azti.es

**Rodríguez-Marín, Enrique**

Centro Oceanográfico de Santander (COST-IEO). Instituto Español de Oceanografía (IEO). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), C.O. de Santander, C/ Severiano Ballesteros 16, 39004 Santander, Cantabria, España  
Tel: +34 942 291 716, Fax: +34 942 27 50 72, E-Mail: enrique.rmarin@ieo.csic.es

**Rouyer, Tristan**

Ifremer - Dept Recherche Halieutique, B.P. 171 - Bd. Jean Monnet, 34200 Sète, Languedoc Roussillon, France  
Tel: +33 782 995 237, E-Mail: tristan.rouyer@ifremer.fr

**Rueda Ramírez, Lucía**

Instituto Español de Oceanografía IEO CSIC. C.O. de Málaga, Puerto pesquero s/n, 29640 Fuengirola Málaga, España  
Tel: +34 952 197 124, E-Mail: lucia.rueda@ieo.csic.es

**Seguna, Marvin**

Chief Fisheries Protection Officer, Ministry for Agriculture, Food and Animal Rights Fort San Lucjan, Triq il-Qajjenza, Department of Fisheries and Aquaculture, Ghammieri Ingiered Road, MRS 3303 Marsa, Malta  
Tel: +356 229 26918; +356 797 09426, E-Mail: marvin.seguna@gov.mt

**Segvic-Bubic, Tanja**

Institute of Oceanography and Fisheries, Setaliste I. Mestrovica 63, 21000 Split Splitsko-dalmatinska county, Croatia  
Tel: +385 214 08044, Fax: +385 213 58650, E-Mail: tsegvic@izor.hr

**Talijancic, Igor**

Institute of Oceanography and Fisheries Split, Setaliste Ivana Mestrovica 63, 21000 Dalmatia, Croatia  
Tel: +385 214 08047; +385 992 159 26, E-Mail: talijan@izor.hr

**Tugores Ferrá, María Pilar**

ICTS SOCIB - Sistema d'observació y predicció costaner de les Illes Balears, Moll de Ponent, S/N, 07015 Palma de Mallorca, España  
Tel: +34 971 133 720, E-Mail: pilar.tugores@ieo.csic.es

**JAPAN**

**Nakatsuka, Shuya**

Deputy Director, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanagawa Kanagawa, 236-8648  
Tel: +81 45 788 7950, E-Mail: nakatsuka\_shuya49@fra.go.jp; snakatsuka@affrc.go.jp

**Butterworth, Douglas S.**

Emeritus Professor, Department of Mathematics and Applied Mathematics, University of Cape Town, Rondebosch, 7701 Cape Town, South Africa  
Tel: +27 21 650 2343, E-Mail: doug.butterworth@uct.ac.za

**Tsukahara, Yohei**

Scientist, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanagawa, Yokohama, Shizuoka Shimizu-ku 236-8648  
Tel: +81 45 788 7937, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: tsukahara\_yohei35@fra.go.jp; tsukahara\_y@affrc.go.jp

**Uozumi, Yuji**

Advisor, Japan Tuna Fisheries Co-operation Association, Japan Fisheries Research and Education Agency, Tokyo Koutou ku Eitai 135-0034

## **MOROCCO**

**Abid, Nouredine**

Chercheur et ingénieur halieute au Centre Régional de recherche Halieutique de Tanger, Responsable du programme de suivi et d'étude des ressources des grands pélagiques, Centre régional de l'INRH à Tanger/M'dig, B.P. 5268, 90000 Drabed, Tanger

Tel: +212 53932 5134; +212 663 708 819, Fax: +212 53932 5139, E-Mail: nabid@inrh.ma

## **NORWAY**

**Nottestad, Leif**

Principal Scientist (PhD), Institute of Marine Research, Research Group on Pelagic Fish, Nordnesgaten 50, 5005 Bergen (P.O. Box 1870 Nordnes), 5817 Bergen, Hordaland county

Tel: +47 5 99 22 70 25, Fax: +47 55 23 86 87, E-Mail: leif.nottestad@hi.no

## **PANAMA**

**Vergara, Yarkelia**

Directora encargada de Cooperación y Asuntos pesqueros, Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá, Cooperación Técnica y Asuntos pesqueros Internacional, Edificio Riviera, Ave. Justo Arosemena, Calle 45 Bella Vista, 0819-02398

Tel: +507 511 6008 (ext. 359), E-Mail: yvergara@arap.gob.pa; hsf@arap.gob.pa

**Díaz de Santamaría, María Patricia**

Delegada representante de la Industria, FIPESCA - Fundación Internacional de Pesca, Zona de Libre Proceso de Corozal, Edificio 297, Corozal

Tel: +507 378 6640; +507 657 32047, E-Mail: mpdiaz@fipesca.com

## **TUNISIA**

**Zarrad, Rafik**<sup>1</sup>

Chercheur, Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)

## **TÜRKIYE**

**Mavruk, Sinan**

Cukurova University, Fisheries Faculty, 01330 Adana

Tel: +90 530 441 9904, E-Mail: smavruk@cu.edu.tr; sinan.mavruk@gmail.com

**Yalim, Fatma Banu**

Ministry of Agriculture and Forestry Mediterranean Fisheries Research Production and Training Institute, 07190 Antalya

Tel: +90 533 633 0801; +90 242 251 0585, Fax: +90 242 251 0584, E-Mail: fatmabanu.yalim@tarimorman.gov.tr

## **UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND**

**Righton, David**

Fisheries Scientist, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas), Pakefield Road, Lowestoft, Suffolk NR33 0HT

Tel: +44 793 286 1575; +44 150 252 4359, E-Mail: david.righton@cefass.gov.uk

## **UNITED STATES**

**Walter, John**

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

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

**Carruthers, Thomas**

Blue Matter, 2150 Bridgman Ave, Vancouver Columbia V7P 2T9, Canada

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

**Golet, Walter**

School of Marine Sciences, The University of Maine/Gulf of Maine Research Institute, 350 Commercial Street, Portland, Maine 04101-4618

Tel: +1 207 228 1671, E-Mail: walter.golet@maine.edu

**Huynh, Quang**

Blue Matter Science, 2150 Bridgman Ave, North Vancouver V7P 2T9, Canada

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

**Lauretta, Matthew**

Fisheries Biologist, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149  
Tel: +1 305 209 6699, E-Mail: matthew.lauretta@noaa.gov

**Poston, Will**

1712 17th ST NW APT103, Washington, DC 20009  
Tel: +1 202 577 8990, E-Mail: will@saltwaterguidesassociation.org

**Weiner, Christopher**

PO Box 1146, Wells, Maine 04090  
Tel: +1 978 886 0204, E-Mail: chrisweiner14@gmail.com; cweiner@bluefincollaborative.org

***OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS***

**FEDERATION OF MALTESE AQUACULTURE PRODUCERS – FMAP**

**Camilleri, Tristan Charles**

AQUACULTURE RESOURCES LTD, 157 Grand Central Offices, 1440 Valetta, Malta  
Tel: +356 229 26900; +356 994 30518, E-Mail: tc@aquacultureresources.com

**Galea, Justin**

AquaBioTech Group, Central Complex Naggjar Street Targa Gap, Mosta, MST 1761, Malta  
Tel: +356 2258 4163; +356 996 50785, E-Mail: jug@aquabt.com

***OTHER PARTICIPANTS***

**SCRS CHAIRMAN**

**Brown, Craig A.**

SCRS Chairman, Sustainable Fisheries Division, Southeast Fisheries Science Center, NOAA, National Marine Fisheries Service, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149, United States  
Tel: +1 305 586 6589, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

**EXTERNAL EXPERT**

**Baylis, Shane**

CSIRO marine laboratories, Castray Esplanade, Battery Point, 7000 Tasmania, Hobart, Australia  
Tel: +61 362 325 468, E-Mail: shane.baylis@gmail.com

**Bravington, Mark**

ESTIMARK RESEARCH, 610 Huon Road, TAS 7004 South Hobart, Australia  
Tel: +61 438 315 623, E-Mail: markb1@summerinsouth.net

**Davies, Campbell Robert**

Senior Research Scientist, CSIRO Ocean & Atmosphere, CSIRO Marine Laboratories, GPO Box 1538, 7001 Hobart, Tasmania, Australia; Tel: +61 362 325 044, E-Mail: campbell.davies@csiro.au

**Druon, Jean-Noël**

Joint Research Centre of the European Commission Maritime Affairs Unit, Via Fermi, 1 TP051, 21027 Ispra, VA, Italy  
Tel: +39 0332 78 6468, Fax: +39 0332 78 9658, E-Mail: Jean-Noel.DRUON@ec.europa.eu

**Grewe, Peter**

CSIRO Division of Marine and Atmospheric Research, GPO Box 1538, 7000 Hobart Tasmania, Australia  
Tel: +61 3 6232 5374, Fax: +61 3 6232 5000, E-Mail: peter.grewe@csiro.au

**Lloyd-Jones, Luke**

CSIRO, Data61, Ecosciences Precinct Dutton Park, 41 Boggo Rd, Dutton Park, 4102, Australia  
Tel: +614 520 01500, E-Mail: luke.lloyd-jones@csiro.au

**Mayne, Benjamin**

CSIRO, 64 Fairway, 6009 Canberra, Australia  
Tel: +61 893 336 150, E-Mail: benjamin.mayne@csiro.au

**Parma, Ana**

Principal Researcher, Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CONICET (National Scientific and Technical Research Council), Blvd. Brown 2915, U 9120 ACF Puerto Madryn, Chubut, Argentina  
Tel: +54 (280) 488 3184 (int. 1229), Fax: +54 (280) 488 3543, E-Mail: anaparma@gmail.com; parma@cenpat-conicet.gob.ar

**Ruzzante, Daniel**

Graduate Coordinator, Department of Biology, Dalhousie University, 5856 Grant Street, Halifax, NS B3H 1C8, Canada  
Tel: +1 902 802 1056, E-Mail: Daniel.Ruzzante@Dal.Ca

\*\*\*\*\*

**ICCAT Secretariat**

C/ Corazón de María 8 – 6th floor, 28002 Madrid – Spain  
Tel: +34 91 416 56 00; Fax: +34 91 415 26 12; E-mail: info@iccat.int

**Manel, Camille Jean Pierre**

**Neves dos Santos, Miguel**

**Ortiz, Mauricio**

**Aleman, Francisco**

**Kimoto, Ai**

**Pagá, Alfonso**

**Tensek, Stasa**

## List of Papers and Presentations

Doc Ref	Title	Authors
SCRS/2024/053	Model-based sampling design for eastern bluefin tuna close-kin mark recapture.	Bravington M., Fernandez C.
SCRS/2024/057	ABFT SNP array: A new genomic resource for Atlantic Bluefin tuna connectivity and CKMR studies	Diaz-Arce N., Rodriguez-Ezpeleta N.
SCRS/2024/058	Planning necessary revisions for updating some of the current CPUE data set aggregations and areas for the bluefin tuna ( <i>Thunnus thynnus</i> )	Di Natale A., Garibaldi F.
SCRS/2024/059	MSE Poll regarding the MSE process	Walter J.
SCRS/P/2024/011	Updating on GBYP	Aleman F.,
SCRS/P/2024/013	Harvesting process of farmed atlantic bluefin tuna in the Maltese islands	Galea J.
SCRS/P/2024/014	A summary of research activities conducted under the U.S. Bluefin Tuna Research Program (BTRP), 2015-2023	Ruiz, D.
SCRS/P/2024/016	Design of a next-generation, multi-stock assessment for Atlantic bluefin tuna that incorporates close-kin mark recapture	Huynh Q., Carruthers T., Lauretta M., and Walter J.
SCRS/P/2024/017	ABFT potential habitat: Monitoring the distribution of a healthy population at all time scales for management	Druon N.
SCRS/P/2024/019	ICCAT area tuna larval sampling update activities in 2023-2024	Alvarez-Berastegui D., Ingram G. W.
SCRS/P/2024/020	Western Med: Larval abundance indices and advances on the integration of environmental variability on monitoring bluefin tuna	Alvarez-Berastegui D., Martin-Quetglas M., Perez-Torres A., Tugores P., Casaucao A., Ottmann D., Reglero P.
SCRS/P/2024/021	Updated index of abundance, U.S. rod and reel 66-144cm (NOAA large pelagics survey).	Lauretta M.
SCRS/P/2024/022	Maltese tuna farms and the availability of genetic material for CKMR studies - An overview	Bridges C. R., Borutta F., Schulz S., Na'amnieh S., Vassallo-Agius R., Psaila M., and Ellul S.
SCRS/P/2024/024	Atlantic bluefin tuna biological sampling program northwest Atlantic USA	Golet W.
SCRS/P/2024/026	Genomic approaches for CKMR estimation of population abundance of East Atlantic bluefin tuna	Ruzzante D.

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

SCRS/2024/053 - This report develops a spatially-explicit Close-Kin Mark-Recapture (CKMR) model suitable for Eastern Bluefin Tuna (EBFT), and uses it to investigate some sampling options (e.g., sample sizes by fishery, number of years, whether to preferentially subsample bigger or smaller fish, etc), to check what kind of precision might be achievable for quantities-of-interest (mainly, total abundance of adult EBFT) and by when.

SCRS/2024/057 - Studies on the Atlantic bluefin tuna population structure reject the previous assumed paradigm of two non-mixing genetically isolated populations, challenging the development of an infallible genetic stock identification method. Responding to the need for a tool that allow for cost-effective and time and space comprehensive monitoring of mixing and ecological dynamics of ABFT, we have developed a genotyping array including a total of 7K genomic markers, hereafter called ABFT-Array. This array is also a key tool for future Close Kin Mark Recapture studies as it also provides sex and kinship relationships. Applied to >1,700 samples, including replicates, fin and tissue samples as well as mock contaminations, we show the robustness of this newly developed genotyping tool which will be key for gathering further knowledge about ABFT population dynamics, as well as for imminent CKMR studies as it can provide sex and kinship information.

SCRS/2024/058 - After the progressive improvements and developments of BFT population studies (such as the CKMR proposal) and management tools (the first cycle of the MSE) made after many years of SCRS and GBYP meetings, it is now the right time for enhancing the data and the system, as it was discussed and agreed in previous BFT SG and MSE meetings. In particular, there are some combined data sets that should be disentangled and reassembled in a different manner by the Secretariat, the areas should be rearranged according to the existing scientific knowledge and the “one stock” approach should be explored and simulated. Some of these changes need time and effort and this should be duly planned. The purpose is to have a more comprehensive CKMR approach and an updated BFT MSE system, including at the best the scientific knowledge, taking into account all possible components.

SCRS/2024/059 - ICCAT's SCRS has been tasked by the Commission to develop management procedures (MPs) through Management Strategy Evaluation (MSE) for many of the ICCAT-managed stocks. With the recent adoption of MPs for Northern Albacore and Bluefin tuna and ongoing MSEs for several other stocks, now is an ideal time to evaluate what has worked and how we could improve the process moving forward. To assist in this, the SCRS is embarking upon a poll of managers on three key aspects of MSE: Process, communication and stakeholder outreach. The SCRS would like to collect information to better inform how we carry out future MSEs and MP related processes. We hope to be able to identify effective approaches to stakeholder engagement to improve the overall degree of MSE-literacy for all participants in the process. All responses will be kept confidential and aggregated by region, not by CPC.

SCRS/P/2024/011 - GBYP coordinator informed the Group about relevant issues affecting the program management, focusing on the need of adapting it to the new scenario derived from the funding through European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA), and stressing the importance of elaborating detailed annual work-plans and its corresponding budgets, as well of following them strictly once approved by the Commission. In addition, the recent progress in each of GBYP main lines of research (data management, abundance indices, tagging, biological studies and modelling), was presented.

SCRS/P/2024/013 - The annual GBYP sampling of Atlantic Bluefin tuna which takes place during the annual harvest of tuna farms, is crucial to obtain a sufficient sample size representative of the adult population for reliable stock assessments. The Maltese Islands represent a suitable location for sampling due to a relatively high density of farms which are located in the vicinity of major spawning grounds including the South-Central Mediterranean and South Tyrrhenian Sea, where the majority of adult individuals in Maltese farms are captured from. Harvesting takes place on a daily basis from October till January onboard reefer ships capable of harvesting approximately 30 to 70 tons daily, depending on the ship's capacity. Biological sampling takes place simultaneously, where field scientists must quickly adapt to the swift pace of the harvesting crew, sequence of the processing line, deck layout and size; factors which vary between ships. This presentation provides insight into the fundamental steps taken during biological sampling onboard any

harvesting ship, the challenges faced and the general field requirements for successful sampling.

SCRS/P/2024/014 - A review of best practices for natural mortality assumptions in tuna stock assessments was presented (SCRS\_P\_2024\_012). To best align the natural mortality assumptions for Atlantic yellowfin tuna in the 2024 stock assessment, it was recommended to assume a maximum age estimate of 18 years old, with a commensurate estimate of base natural mortality equal to 0.3, based on the Hamel and Cope (2022) longevity estimator. The base estimate of 0.3 M was recommended as the median across fully selected ages, which can be considered age 2, 3, and 6-10 years old. To incorporate uncertainty around the base M, it was suggested to model M using a lognormal prior distribution with a CV=0.31, and potentially incorporate the full distribution in the stock assessment using Monte Carlo resampling. A Lorenzen function of M-at-age can be assumed to account for higher mortality at smaller sizes, modeled directly in SS3 to allow for model flexibility to alternative assumptions and consistent parameterization of M across trials.

SCRS/P/2024/016 - Previous stock assessments of Atlantic bluefin tuna have failed peer review due to the challenges of accounting for seasonal and spatial mixing of the Eastern and Western stock in separate models. We present a prototype of a multi-stock assessment (MARS) that integrates assumptions of stock composition and relative scale within a single model. The age-structured model fits to fishery catch, CPUE, and length composition similar to many tuna assessments, with additional requirements for stock composition and tag data to estimate spatial distribution of the two stocks. When available, close kin mark recapture data have the potential to inform stock size, natural mortality, and fecundity at age schedules. The MARS assessment R package will contain diagnostic functions, such as profiling and data weighting procedures, to facilitate review. Simulation testing is planned to evaluate simpler models, e.g., annual time-step model with fewer spatial strata than in the operating models used for the MSE.

SCRS/P/2024/017 - The potential habitat of bluefin tuna developed at the JRC (juveniles/adults, feeding centered on productivity fronts/spawning depending on mesoscale activity, relatively warm waters and low chlorophyll-a levels and stratification build up) was presented highlighting the possibilities for use in the standardization of abundance indices and in the parameterization of stock assessment (growth, recruitment). Differences between the potential and realized ecological niche were emphasized notably through the return of large ABFTs in the European Nordic Seas during 2012-2022 period and where no substantial change in potential habitat was observed compared to the period 2003-2011, advocating for a return associated to an increase of population size and a larger realized habitat due to an inter-species competition for food. Multi-decadal northward trends were, however, observed for the potential feeding habitat as well as regional longitudinal gains and losses in the Gulf Stream area. Similar northward changes in potential spawning habitat were also observed with decreasing occurrences in the South of GoM and Eastern Mediterranean Sea. Additional observation data (e-tagging and others) from the recent years will allow confronting the habitat model with increased population distribution (closer to the potential niche) and with possible improvement of the parameterization, notably of the spawning habitat in the three main areas (including the Slope Sea). This will lead to present actualized results in the next meeting in September 2024 pending the observation data availability. Updated information are available at: <https://sustainable-fisheries.ec.europa.eu/spatial-fish-habitat-and-fishing-effort/fish-habitat/>

SCRS/P/2024/019 - The presentation shows the state of the art related to the development of Bluefin tuna larval abundance index in the Western Mediterranean. The last update was presented in September 2023, which includes data up to 2022. Current research to reduce the uncertainties of the index are focusing on the role of hydrodynamics in the retention dispersion patterns in the Western Mediterranean and inclusion of new environmental variables in the standardization processes.

SCRS/P/2024/020 - The presentation reviews the activities carried on by the research groups monitoring tuna early life stages in the Mediterranean and in the West Atlantic. In the Mediterranean, the sampling programs are being reinforced from 2024 with samplings planned for Western, Central and Eastern Med. The groups are implementing standard methodologies and common strategies to increase the catchability, keeping also methods to monitor changes in abundance with methods applied traditionally in each spawning ground. The preservation of larvae in the different areas will consider using both ethanol and formalin, to ensure the possibility to develop genetic studies on the samples.

SCRS/P/2024/021 - Provided the updated index of abundance up to 2022 for the U.S. Rod and Reel for 66-144cm using the data by NOAA Large Pelagics Survey.

SCRS/P/2024/022 - Maltese Bluefin Tuna Farms represent a unique opportunity for sampling genetic



material since they represent the concentration of a large biomass (> 12,000 tons) of adult bluefin tuna within a relatively small area defined by the numerous production sea cages placed into 2 major designated zones around Malta approximately 6 km offshore. The origin of catch of these fish, which is throughout the Mediterranean, is widely known through ICCAT documentation. This large biomass also represents a large spawning biomass that has an unknown influence on the population genetics of this species. Throughout numerous projects on the domestication of bluefin tuna aquaculture it has been possible to collect large quantities of both eggs and larvae from around these production cages with samples available since 2019 until the present day. Recent experiments carried out in our laboratory have shown it possible to identify tuna sex even in the egg stage thereby demonstrating the ability to extract enough DNA from a single egg. This has been done in 96 well plates using simple extraction techniques. Since the hatching time of tuna eggs can be around 32 hours, there is no problem to obtain yolk sac larvae in this species. Obviously at harvesting of the mature adults, tissue samples / fin clips are available and we describe some of the methods which have been used successfully to provide uncontaminated samples that could be used for CKMR studies.

SCRS/P/2024/024 - The presentation introduced the fisheries dependent Atlantic Bluefin Tuna Biological Sampling Program (USA) in the northwest Atlantic. This research program has been supported by the US Bluefin Tuna Research Program, a competitive grants program designed to fill in critical information gaps for Atlantic bluefin tuna. The program focuses on sampling tissues that fill in life history gaps related to vital processes of this species including age, growth, stock structure, foraging ecology, reproductive biology, and the necessary samples for the close kin mark and recapture pilot program for the western ABFT stock. The sampling program focuses on the US commercial fishery, (>185 cm CFL) that targets larger individuals. Since its inception in 2010, the program has sampled and archived over 14,000 otoliths and ~15,000 muscle samples from fish landed between Maine and North Carolina. This includes rod and reel, purse seine, pelagic longline and harpoon fisheries. The program, on average, samples between 1,400->1,800 fish per year, about 20-25% of the commercial ABFT landings.

SCRS/P/2024/026 - This presentation summarized genomic approaches for CKMR estimation of population abundance of Eastern Atlantic Bluefin tuna, and contained a review and synthesis of the recent literature on the genetics of Atlantic Bluefin tuna. The author suggested that an important next step for this approach is to find a way to scale up the process in a way that it is economically feasible for it to be conducted routinely on a large-scale basis aiming management objectives.