

INFORME DE LA REUNIÓN ICCAT DE 2020 DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE PEZ ESPADA DEL MEDITERRÁNEO

(On line, 25 de mayo - 2 de junio de 2020)

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

La reunión se celebró on line debido a la epidemia de coronavirus (COVID-19), que ha afectado especialmente a Madrid, lo que obligó a la Secretaría de ICCAT a cerrar. Por tanto, se decidió establecer una reunión on line, del 25 de mayo al 2 de junio de 2020. El Dr. George Tserpes (UE-Grecia), relator del Grupo de especies de pez espada del Mediterráneo ("el Grupo") y presidente de la reunión, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes. El Dr. Miguel Neves dos Santos (Secretario ejecutivo adjunto de ICCAT) dio la bienvenida a los participantes y agradeció los esfuerzos realizados por todos los participantes para asistir a esta reunión on line. Asimismo, dio las gracias al Dr. Henning Winkle por asistir a la reunión como experto invitado y compartir su experiencia con el Grupo.

La Secretaría proporcionó información sobre la forma de utilizar la plataforma on line para la reunión (Microsoft TEAMS). El presidente revisó el orden del día, que se adoptó con varios cambios (**Apéndice 1**).

La lista de participantes se incluye en el **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>Sección</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1, 9	M. Neves dos Santos
Puntos 2.1, 2.2, 2.3	C. Palma, A. Kouadri-Krim
Punto 2.4	D. Macias
Puntos 2.5, 2.6	F. Garibaldi, A. di Natale
Punto 4	A. Kimoto, J. Urbina, M. Ortiz
Punto 5	G. Tserpes, D. Mantopoulou, B. Mourato, H. Winker, J. Ortiz de Urbina, A. Kimoto, M. Ortiz
Punto 6	G. Tserpes, D. Mantopoulou, B. Mourato, H. Winker, M. Ortiz, A. Kimoto
Punto 7	G. Tserpes, R. Coelho
Punto 8	G. Tserpes, M. Neves Santos

2. Resumen de los datos disponibles presentados de conformidad con los plazos para la reunión intersesiones del grupo de especies de pez espada

La gran mayoría de la información biológica y estadísticas de pesquerías del pez espada del Mediterráneo (SWO-M) utilizada en esta evaluación de stock fue revisada y actualizada durante la reunión intersesiones de 2020 del grupo de especies de pez espada del Mediterráneo (Anón. 2020 *in press*). Durante la reunión, se estableció un calendario para revisar y actualizar algunos conjuntos de datos pendientes con las estimaciones de las matrices de captura por talla (CAS) y captura por edad (CAA). En general, todos los plazos se cumplieron debidamente.

En esta sección se presentaron diversos documentos sobre estadísticas pesqueras (SCRS/2020/028, SCRS/2020/076) y sobre información biológica (SCRS/2020/043, SCRS/2020/058 y SCRS/2020/074).

2.1 Capturas

Después de la prohibición de las redes de enmalle en el Mediterráneo, más del 95 % de las capturas totales de pez espada del Mediterráneo están asociadas desde 2008 con pesquerías de palangre (LL). Ocho CPC (orden de importancia descendente: UE-Italia, UE-España, UE-Grecia, Marruecos, Túnez, Argelia, UE-Malta y Turquía) responden de la mayoría de estas capturas. En esta información, disponible en las capturas nominales oficiales de ICCAT de Tarea 1 (T1NC), falta casi en su totalidad (excepciones: UE-Grecia y UE-España en algunos años) el componente de la serie de captura de descartes de ejemplares muertos de peces espada de talla inferior a la regulada. La Secretaría recordó que las estimaciones de descartes tanto muertos como vivos son requisitos de datos obligatorios, que deben comunicarse en la T1NC.

El documento SCRS/2020/028 presentaba las estimaciones preliminares de los descartes muertos de palangre de peces de talla inferior a la regulada, obtenidos usando las frecuencias de talla de Tarea 2 (T2SZ) de tres flotas (UE-España, UE-Grecia y UE-Malta) que comunicaron en sus conjuntos de datos de T2SZ peces por debajo de la talla mínima regulada de ICCAT en los desembarques (90 cm en 2014, y actualizada a 100 cm en 2017). Para estas tres flotas no se hicieron estimaciones de descartes muertos, una vez que se asumió (la Secretaría debería pedir a cada CPC afectada una confirmación de esta situación) que los descartes de peces de talla inferior a la regulada estaban incluidos en las capturas de T1NC declaradas. Se hizo la estimación de los descartes de ejemplares muertos para las 5 flotas restantes de palangre (UE-Italia, Marruecos, Túnez, Argelia y Turquía), que no habían declarado en T2SZ peces por debajo de 100 cm desde 2010. Los descartes de ejemplares muertos estimados obtenidos representan en conjunto, de las capturas totales de palangre, aproximadamente del 12 % al 14% entre 2008 y 2017 y aumentaban al 24 % en 2017-2018, cuando la talla mínima actual se implementó.

El Grupo discutió estas estimaciones preliminares e indicó que las capturas de pez espada de talla inferior a la regulada dependen de la temporada de pesca y la selectividad del arte, características que deberían tenerse en cuenta en futuras mejoras de las estimaciones de descartes muertos. Se observó también que, desde 1999, algunas CPC habían experimentado una transición desde el palangre de superficie tradicional dirigido al pez espada (LI-surf) hacia el llamado palangre estilo americano (LLAM) y el palangre mesopelágico (LLMESO). El Grupo ha recomendado varias veces a las CPC de ICCAT la necesidad de revisar las estadísticas declaradas (Tarea 1 y Tarea 2) teniendo en cuenta la discriminación del tipo de palangre a lo largo del tiempo. En los últimos dos años no se han realizado grandes progresos en este tema.

Las observaciones realizadas en los últimos diez años (2010-2019) en mar de Liguria por observadores a bordo de los palangreros italianos que usaban dos artes diferentes, palangre mesopelágico (LLMESO) y palangre estilo americano (LLAM), demuestran que las capturas de peces de talla inferior a la regulada dependen estrictamente del tipo de arte, la selectividad y la estacionalidad. El LLMESO se utiliza principalmente desde finales de mayo a principios de octubre, con una tasa de descarte de aproximadamente el 6,3 % en números y el 1,6 % en peso, e incluso si se usa en otoño, las capturas de peces de talla inferior a la regulada son extremadamente bajas. El LLAM se utiliza principalmente en el último trimestre del año. Combinando los efectos debidos al despliegue superficial, el uso de carnada ligera y la temporada, cuando los peces espada jóvenes están siendo plenamente reclutados para el arte, las capturas descartadas son mayores, ascendiendo hasta el 41,0 % en números y el 17,2 % en peso de las capturas totales de pez espada.

Por último, el Grupo adoptó las estimaciones preliminares de descartes muertos presentadas en el documento SCRS/2020/028 para su inclusión como «mejores estimaciones del SCRS» en la base de datos de T1NC. Sin embargo, el Grupo señaló que estas estimaciones deberían considerarse provisionales y ser adecuadamente reemplazadas en el futuro por las estimaciones de las propias CPC.

El Grupo señaló de nuevo que la información de los programas de observadores nacionales no está disponible para la mayoría de las CPC. El Grupo considera que esta información (desde 2019 oficialmente conocida como «programas de observadores internos» de las CPC de ICCAT, un requisito obligatorio que se comunica en el formulario ST09) es crucial para mejorar las estimaciones tanto de las capturas de pez espada de talla inferior a la regulada como de los descartes muertos/vivos. Sin embargo, el estado actual de los datos relacionados con el ST09 actualmente recopilados por la Secretaría (estructuras muy incompletas, heterogéneas y actualmente objeto de una revisión completa) no permite la utilización de estos datos en el contexto anterior. Los detalles de la hoja de ruta establecida para revisar completamente y utilizar este importante conjunto de datos se describen en el informe de la reunión intersesiones de 2020 del Grupo de especies de pez espada (Anón. 2020 *in press*).

Las capturas totales de T1NC (desembarques y descartes muertos), presentadas en la **Tabla 1** (el componente de descartes muertos incluido en T1NC se muestra en la **Figura 1**), son consideradas las mejores estimaciones científicas de las extracciones totales de pez espada del Mediterráneo para usar en la actual evaluación del stock.

2.2 Composiciones de tallas

Los datos de tallas (T2SZ) disponibles los declaran principalmente las CPC, pero incluyen también datos de los programas especiales de observadores de ICCAT, de iniciativas de muestreo de las CPC y de proyectos de recuperación de datos financiados por ICCAT. Durante años recientes, se ha recuperado y revisado una parte razonable de la información de T2SZ para incluir una resolución temporal-espacial superior. Todas las actualizaciones fueron analizadas en la reunión intersesiones del Grupo de especies de pez espada de 2020 (Anón. 2020, *in press*).

Recuperaciones importantes de T2SZ incluyen: (a) el proyecto de recuperación de datos de ICCAT (SCRS/2020/020), que recopiló operaciones de pesca altamente detalladas de tres flotas italianas (arpón, redes de enmalle y palangre) que operaban en el estrecho de Messina y el mar Tirreno meridional, con pesos individuales del pez espada capturado entre 1972 y 1989 y (b) la revisión completa de la T2SZ de la flota de palangre de superficie de UE-Grecia entre 2003 y 2017.

Toda la información disponible de T2SZ sobre pez espada del Mediterráneo se utilizó para estimar las matrices de captura por talla (CAS) y las matrices de captura por edad (CAA). La **Tabla 2** presenta el catálogo del SCRS para el pez espada del Mediterráneo para el periodo 1989-2018, mostrando los conjuntos de datos existentes de T2SZ (DSet=t2, celdas con "b") utilizadas en las estimaciones de la CAS.

En relación con el pez espada de talla inferior a la regulada no declarado en los conjuntos de datos T2SZ presentados a ICCAT, el Grupo reiteró la necesidad de que cada CPC revise estos conjuntos de datos, en particular después de 2008, incluyendo el pez espada de talla inferior a la regulada disponible por tipo de arte.

2.3 Datos de captura por talla/edad

Las muestras de talla de Tarea 2 (T2SZ) y de captura por talla de Tarea 2 (T2CS) para el stock de pez espada del Mediterráneo han sido presentadas de forma regular por las principales flotas pesqueras en las dos últimas décadas. Ambos conjuntos de datos (T2SZ, T2CS) han sido usado en el pasado (Anón. 2017, Anón. 2015) para estimar las matrices totales de CAS y de CAA. Siguiendo las recomendaciones del plan de trabajo para el pez espada del Mediterráneo de 2019, la Secretaría hizo una actualización completa de las matrices de CAS y CAA para el periodo 1972-2018, incluyendo todas las revisiones realizadas tanto a T1NC como a T2SZ a lo largo de los cuatro últimos años. En el documento SCRS/2020/076 se presentan los detalles.

Matriz de CAS

En la **Tabla 3** se presenta la matriz final global de CAS obtenida. Como en estimaciones anteriores de la CAS del pez espada del Mediterráneo, se usó el mismo conjunto de normas de sustitución, como normas de sustitución para los datos que faltaban de T2SZ o T2CS. Sin embargo, dadas las grandes recuperaciones de T2SZ a lo largo de los últimos tres años, una gran parte de las extrapolaciones están cubiertas por T2SZ y T2CS. Esto puede observarse en la **Figura 2**, donde la mayoría de los años (excepto 1982 y 1983) tienen el total de capturas (T1NC) cubiertas por al menos el 50 % de los datos de talla correspondientes (T2CS o T2SZ). En las dos últimas décadas, las capturas de T1NC están generalmente cubiertas por aproximadamente el 70 % de los datos de talla correspondientes, estando el restante 30 % basado en sustituciones.

La **Figura 3** presenta las estimaciones del peso medio ponderado (kg) (por flota y arte) obtenido a partir de las nuevas estimaciones de CAS. Se incluyen con fines de comparación los pesos medios obtenidos a partir de la CAS de la evaluación del stock de pez espada de 2016 (Anón. 2017). En general, ambas series muestran tendencias a largo plazo similares, descendiendo desde aproximadamente 30 kg en los setenta hasta aproximadamente 25 kg a finales de los noventa, oscilando en aproximadamente 25 kg hasta 2010 y aumentando a 30-35 kg hasta 2018. Las últimas estimaciones de pesos medios muestran más coherencia (menos variación) entre años.

Matriz de CAA

Las CAS se convirtió a CAA usando dos enfoques. El primero, descompone la distribución por tallas global por año, asumiendo que representan la combinación de distribución por tallas de múltiples clases de edad,

o una distribución mixta de la talla por edad (Kell y Kell, 2011). Este método, usado en la evaluación de stock de 2016, requiere distribuciones a priori para la media y la varianza para cada clase de edad, que fueron estimadas a partir del modelo actual de crecimiento de von Bertalanffy para el pez espada del Mediterráneo (Tserpes y Tsimenides, 1995). El segundo, es el tradicional método de separación de edades, que estima la edad de cada clase de talla usando la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy inversa.

Ambas estimaciones de CAA (**Tablas 4 y 5**, respectivamente) incluyen los descartes muertos estimados de las cuatro flotas de palangre, que asumían la misma distribución de CAS para las flotas que han declarado descartes (UE-España y UE-Grecia). La **Figura 4** muestra las proporciones de edad relativas de los dos enfoques de separación de edades utilizados (separación de edades y distribución mixta, respectivamente).

La CAA estimada por el enfoque mixto se utilizó en los modelos estructurados por edad (XSA y a4a), como decidió el Grupo.

2.4 Índices de abundancia

Durante la reunión, se presentó al Grupo un nuevo índice de abundancia. El documento SCRS/2020/043 presentaba las tasas de captura estandarizadas para la pesquería de palangre española en el Mediterráneo occidental para el periodo 1988-2018. Las tasas de captura de pez espada expresadas en número de peces y biomasa fueron analizadas mediante un enfoque de modelación lineal generalizado asumiendo una distribución de error binomial negativa y lognormal, respectivamente. Ambas series presentaban notables fluctuaciones anuales sin ninguna tendencia definida para el periodo que se estaba estudiando.

El Grupo preguntó acerca del uso de los datos procedentes solo del palangre de superficie o de ambos, las series del palangre de superficie y mesopelágico en la estandarización. El ponente respondió que en este documento se usaron ambas series. El Grupo señaló que, en la reunión anterior, el acuerdo general fue tratar ambas series (palangre de superficie y mesopelágico) juntas.

2.5 Biología

El documento SCRS/2020/058 presentaba una lista adicional de bibliografía anotada relacionada con autores italianos, incluida la visión general de todos los documentos. La lista completa incluye ahora cerca de 700 documentos y los contenidos pueden explorarse gracias a las anotaciones. Se discutió la oportunidad de transferir esta bibliografía anotada a una base de datos más avanzada con metadatos electrónicos que está actualmente en estudio. Se discutió también la posibilidad de tener enlaces directos a todos los documentos en pdf, pero esto implicaría una importante carga de trabajo y costes importantes, debido también a la dificultad que supone manipular también documentos históricos. En la discusión se señaló que una bibliografía anotada facilita también el marco para evitar cualquier duplicación inútil de los esfuerzos y estudios, y la Secretaría propuso recomendar a todos los científicos que proporcionen bibliografías anotadas similares para cada CPC.

El documento SCRS/2020/074 discutía la etapa 2 de la escala de madurez gonadal para el pez espada, un punto planteado por una presentación (SCRS/P/2020/005) realizada en la reunión intersesiones del Grupo de especies de pez espada previa (Anón. 2020, *in press*). El documento aclaraba que todas las escalas de madurez gonadal existentes, tanto macroscópicas como histológicas, establecen la etapa 2 como en desarrollo y nunca como madura, por lo tanto, los estudios previos usaban clasificaciones coherentes.

En la discusión se señalaron las diferencias entre la escala macroscópica y la escala histológica, destacando que en la etapa 2 también pueden hallarse grandes hembras adultas (maduras sexualmente), no solo durante el desarrollo gonadal inicial anual, sino también recuperándose de una actividad reproductiva previa. Se destacó que la etapa 2 de madurez macroscópica puede hallarse en juveniles inmaduros sexualmente (es decir, peces que están madurando por primera vez, que técnicamente podrían convertirse en sexualmente maduros a causa del desarrollo gonadal) y en adultos potencialmente sexualmente maduros (es decir, peces han desovado previamente). Se aclaró de nuevo que esto está relacionado con la clasificación correcta de la etapa 2 de acuerdo con la escala más aceptada y que esto es especialmente importante para el cálculo de L_{50} . Se ha planificado celebrar un taller, más adelante en 2020, en el marco del proyecto de muestreo biológico, con los objetivos principales de establecer conjuntos de referencia de histología y determinación de la edad.

El Grupo también debatió los aspectos reproductivos del pez espada en relación con el proceso de maduración y el porcentaje de hembras maduras a diferentes edades. Pueden existir diferencias entre las zonas del Mediterráneo y sería muy útil contar con muestreos representativos en todas las partes del Mediterráneo, siendo la del pez espada del Mediterráneo una población única panmíctica, pero evitando empezar desde el principio ya que muchos datos están disponibles ya en estudios anteriores. El pez espada puede alcanzar L_{50} con una talla menor en algunas zonas y particularmente en el mar de Levante, debido a las diferentes condiciones oceanográficas y a la estructura de tallas de la población local, y se indicó que, por las mismas razones, L_{50} parece mayor en el mar de Liguria. Se destacó también la necesidad de una estandarización de los métodos empleados para el cálculo de L_{50} .

Durante la reunión intersesiones, el Grupo acordó que la L_{50} adoptada en la última evaluación de stock y en la de 2016 (de la Serna *et al.*, 1995) era demasiado elevada (142,2 cm) y posiblemente no representativa de la situación real en toda la cuenca del Mediterráneo. El presidente propuso posibilidad de adoptar para esta evaluación del stock una progresión diferente para las hembras (0 madurez en la etapa 1, 15 % madurez en la etapa 2, 65 % madurez en la etapa 3 y 100 % madurez en la etapa 4). No se decidió adoptar el valor L_{50} de Marisaldi *et al.* 2020, indicando que estos documentos presentan varios problemas en los cálculos de L_{50} y, por tanto, deberían ser comprobados antes de considerarlos.

Considerando que este parámetro es crucial para la evaluación y que es particularmente importante al utilizar la separación de edades, se propuso profundizar en la materia en un taller futuro que se celebrará bajo el paraguas del proyecto ICCAT de pez espada en un futuro cercano.

2.6 Otros datos pertinentes

No se presentaron más documentos en este punto del orden del día, por lo que no era necesaria más discusión.

3. Índices de abundancia relativa: visión general de los índices a utilizar potencialmente basados en el resultado de la reunión intersesiones del Grupo de especies de pez espada

Durante la reunión intersesiones del Grupo de especies de pez espada, se discutieron varios de los índices de abundancia disponibles para el stock del Mediterráneo (véase la sección 7.2 en Anón. 2020). Puede consultarse información adicional en la sección 2.4 de este informe. Brevemente, el Grupo revisó tres índices de abundancia de las pesquerías de palangre griego, de palangre italiano de Liguria y de palangre marroquí dirigidas al pez espada. El Grupo decidió incluir el índice de palangre de UE-Grecia y Marruecos tal y como fue presentado, y recomendó revisiones para el índice italiano de Liguria, separando el índice para los artes de palangre mesopelágico y de superficie «estilo americano» ya que son muy diferentes en términos de esfuerzo pesquero y operaciones, y es improbable que el modelo de estandarización refleje estas diferencias. El Grupo acordó también un plan de trabajo intersesiones solicitando que otras CPC proporcionaran índices de abundancia con antelación a la reunión de evaluación para su consideración. El Grupo señaló también que los cambios en las tasas de descartes a lo largo de la serie temporal podrían haber afectado a las estimaciones de las tendencias globales para todos los índices.

El documento SCRS/2020/043 presentaba el índice estandarizado de la flota española de palangre dirigida al pez espada entre 1988 y 2018 que opera principalmente en la región occidental del Mediterráneo. El índice usaba información basada en mareas sobre las capturas y el esfuerzo pesquero recopilada por observadores e informes de pesca. El índice incluía factores como área, trimestre y sus interacciones. Se presentaron los diagnósticos, ajustes y resultados tanto en números como en índices de biomasa, el Grupo los consideró adecuados y recomendó utilizar el índice de biomasa ya que los diagnósticos indicaban un mejor ajuste en general.

Se preguntó si el índice consideraba factores que podrían haber afectado a la capturabilidad y si los datos incluían descartes. Los autores indicaron que no había otros factores disponibles para la estandarización y que parte de la información sobre captura y esfuerzo procedía del programa de observadores interno.

El documento SCRS/2020/027, que había sido presentado durante la reunión intersesiones del Grupo de especies de pez espada de marzo (Anón., 2020, *in press*), fue actualizado para esta reunión y se realizó una presentación con los resultados actualizados siguiendo las recomendaciones del Grupo. El índice del

palangre mesopelágico entre 2010-2019 del mar de Liguria fue seleccionado como índice de abundancia para esta pesquería. El modelo incluía año, mes, tipo de carnada y tiempo de inmersión como predictores en el proceso de estandarización. Los resultados, tanto en números como en biomasa, indicaban una tendencia general decreciente en el índice desde 2010, alcanzando en 2018 su menor valor.

El autor destacó que las operaciones del palangre mesopelágico no son comparables con las del palangre de superficie, por ejemplo, el arte se deja varios días en el mar (hasta tres) a diferencia del palangre de superficie, donde la norma es una operación de un día. Utiliza diferente anzuelo y tipo de carnada (carnada natural y artificial) y opera en diferentes momentos del año (principalmente finales de mayo-principios de octubre) en comparación con la flota de palangre de superficie que utiliza el palangre estilo americano (octubre-diciembre). Además, los buques de palangre mesopelágico, más grandes, pueden calar varios palangres en una marea en el Mediterráneo, mientras intercalan el calado y la virada entre los artes calados.

Posteriormente, el Grupo revisó los índices estandarizados disponibles para el pez espada del Mediterráneo (**Tabla 6**) y actualizó la tabla de evaluación (**Tabla 7**). El Grupo acordó incluir los siguientes cuatro índices para los modelos de evaluación: a) índice de palangre griego (1987-2018), b) índice de palangre mesopelágico del mar de Liguria italiano (2010-2018), c) índice del palangre marroquí (2012-2018) y d) índice de palangre español (1988-2018). Tres de estos índices estaban disponibles tanto en números como en biomasa y el grupo recomendó utilizar los índices de biomasa para los modelos de producción excedente y, cuando fuera posible, los índices en números para los modelos estructurados por edad, aunque no estaban disponibles por clases de edad (**Figuras 5 y 6**). Finalmente, se consideraron índices históricos de abundancia utilizados en evaluaciones anteriores como el índice de redes de enmalle de Marruecos (1999-2011), el índice de palangre de Sicilia (1991-2009), el índice de redes de enmalle de Sicilia (1990-2009) y el índice de palangre de superficie de Liguria (1990-2009). Se indicó que para el modelo XSA los índices históricos no eran relevantes, ya que el modelo requiere información del periodo más reciente. En general, el Grupo solo consideró utilizar el índice histórico del palangre de superficie de Liguria en el modelo a4a como caso de sensibilidad.

Se observó que las reglamentaciones de ordenación recientes (implementaciones de la talla mínima, Rec. 13-04 y Rec. 16-05) podrían haber afectado a la tendencia de los índices ya que probablemente los descartes en el mar no están siempre incluidos en la serie temporal de captura y esfuerzo. El Grupo recomendó que las CPC intensifiquen sus esfuerzos para recopilar información sobre descartes de pez espada de talla inferior a la regulada tanto en las pesquerías que se dirigen al pez espada como en otras pesquerías de palangre donde se ha comunicado la captura de pez espada juvenil, como las pesquerías de palangre de atún blanco y atún rojo. El Grupo recomendó también mejorar la recopilación de datos pesqueros para los diferentes tipos de flotas de palangre que operan en el Mediterráneo para reflejar las diferencias en la selectividad o la capturabilidad dentro de la estandarización de los datos de captura y esfuerzo.

4. Métodos y otros datos pertinentes para la evaluación basados en el resultado de la reunión intersesiones del Grupo de especies de pez espada

4.1 Modelos de evaluación y ensayos preliminares

El Grupo acordó aplicar dos modelos estructurados por edad (XSA y a4a) y un modelo de producción bayesiano de estado-espacio (JABBA). Esto era conforme a las decisiones tomadas en la reunión de preparación de datos de marzo de 2020 (Anón., 2020, *in press*). Considerando las limitaciones temporales y la naturaleza de la reunión (on line), no era viable aplicar enfoques adicionales como ASPIC o modelos particulares pobres en datos. Durante la reunión, se realizó un análisis provisional del modelo de solo captura basado en los resultados de JABBA.

El Grupo discutió de forma general el uso de los descartes estimados en los modelos de evaluación (véase la sección 2.3). En los ensayos preliminares (véase la sección 5), 2 modelos estructurados por edad demostraron los resultados con/sin los descartes estimados, mientras que JABBA solo proporcionó el escenario con los descartes. El Grupo consideró que la información sobre descartes actualmente disponible comunicada por las CPC, no refleja plenamente los peces espada de talla inferior a la regulada descartados muertos. Sin embargo, se indicó también que las CPC podrían visitar el enfoque actual (por ejemplo, en ciertas pesquerías mesopelágicas parecen existir menos descartes). Por el contrario, en la actual estimación de los descartes no se han considerado los descartes de pez espada de talla inferior a la regulada que podrían

existir en diversas pesquerías de atún blanco o atún rojo. Por último, el Grupo acordó incluir los descartes estimados dentro de la serie temporal de captura total utilizada como dato de entrada en la actual evaluación.

4.1.1 XSA (*Extended Survivors Analysis*)

El documento SCRS/2020/077 proporcionaba las evaluaciones preliminares del stock de pez espada del Mediterráneo realizadas mediante el *Extended Survivors Analysis* (XSA) implementado en FLR (Kell *et al.*, 2007). El método había sido previamente utilizado para formular el asesoramiento para el stock de pez espada del Mediterráneo (ICCAT, 2015, 2017). Los datos disponibles de captura por talla (CAS) cubrían el periodo 1985-2018 y los datos de captura por edad (CAA) usados en las evaluaciones se generaron utilizando un enfoque estadístico, El análisis incluía cinco ensayos del modelo:

- a) Ensayo de continuidad: con las mismas especificaciones y usando las series de CPUE de las mismas flotas utilizadas para calibrar la evaluación de 2016, es decir, mortalidad natural constante $M=0,2$ e índices de CPUE de palangre griegos, españoles y marroquíes. Las especificaciones de control del XSA están disponibles en la **Tabla 8**.
- b) Ensayo candidato 1: asumiendo M constante, sin descartes y considerando todos los índices de calibración disponibles recientes, es decir, las CPUE estandarizadas escaladas de las pesquerías de palangre de UE-Grecia, UE-España, Marruecos y Liguria. Las especificaciones de control del XSA estaban disponibles en la **Tabla 8**.
- c) Ensayo candidato 2: asumiendo M Lorenzen, sin descartes. Aparte del vector M modificado, todos los demás datos y especificaciones eran similares al ensayo candidato 1.
- d) Ensayo candidato 3: asumiendo M constante, con descartes. Similar al ensayo candidato 1, pero incluyendo descartes, estimados a partir del SCRS/2020/028.
- e) Ensayo candidato 4: asumiendo M Lorenzen, con descartes. Similar al ensayo candidato 2, pero incluyendo descartes.

El documento SCRS/2020/077 incluía estimaciones detalladas de reclutamiento, biomasa, SSB, y mortalidad por pesca, así como varios diagramas de diagnóstico y análisis retrospectivos para cada ensayo.

Se aclaró que XSA trata todos los índices facilitados como números para determinadas edades e, idealmente, es necesario proporcionar índices específicos de la edad si están disponibles. Respecto a las especificaciones del modelo, se explicó que eran preferibles las opciones de restricción, ya que los ensayos preliminares indicaban un mejor funcionamiento del modelo.

El Grupo observó pequeñas diferencias entre los ensayos que utilizaban M constante o M Lorenzen y sugirió la adopción de M constante para los ensayos finales, es decir, los ensayos candidatos 1 y 3. Se sugirió también incluir el índice de abundancia español en números para los ensayos finales, en lugar del de biomasa usado en el documento, aunque no se prevén grandes cambios dado el patrón generalmente similar de ambos índices.

4.1.2. a4a (*Assessment for All*)

El documento SCRS/2020/078 presentaba los resultados preliminares de la evaluación de stock usando un modelo estadístico de captura por edad: desarrollado en el marco de la iniciativa *Assessment for All* (a4a) del Centro de Investigación conjunta de la Comisión Europea (Jardim *et al.*, 2015). El método a4a utiliza datos de captura por edad para derivar estimaciones del tamaño histórico de la población y la mortalidad por pesca y, a diferencia de XSA, los parámetros del modelo son estimados hacia adelante en el tiempo, mientras que los análisis no requieren el supuesto de que las extracciones de la pesquería se conocen sin errores.

Las especificaciones clave del modelo en los cuatro ensayos son las siguientes:

- Datos de captura por edad desde 1985.
- Usa 5 CPUE (palangre de UE-Grecia, Marruecos, UE-España, Liguria y Sicilia) consideradas representativas del grupo de edad 2-4.
- Grupo edad 5 plus
- Madurez: 15 %, 65 %, 100 % en las edades 2, 3, y más de 4

- Otras especificaciones técnicas sobre parámetros se muestran en la **Tabla 9**.

Los cuatro ensayos eran:

- 1: M constante, sin descartes
- 2: M Lorenzen, sin descartes
- 3: M constante, con descartes
- 4: M Lorenzen, con descartes

El documento presentaba los ajustes a los índices, el reclutamiento estimado, la biomasa, la SSB y la mortalidad por pesca, así como análisis retrospectivos para cada ensayo.

Los autores realizaron varias aclaraciones técnicas en respuesta a las preguntas del Grupo. Se aclaró que el modelo no usaba una relación stock-reclutamiento para estimar el reclutamiento, a4a es un cálculo hacia adelante, y el modelo no necesita asumir las condiciones antes de que el modelo empiece, como el modelo Stock Synthesis. La unidad de todos los índices era la biomasa y el a4a puede tratar la unidad del índice correctamente en el modelo.

Después de las presentaciones y discusiones generales sobre los ensayos del modelo, el Grupo solicitó más análisis para incorporar los palangreros de superficie de Liguria entre 1991 y 2009 y que se facilitaran puntos de referencia. Los autores proporcionaron los resultados, que eran coherentes con los ensayos preliminares.

4.1.3 JABBA (*Modelo de producción estado-espacio bayesiano*)

El SCRS/2020/082 presentaba los resultados preliminares de la evaluación del stock aplicando el modelo de producción estado-espacio bayesiano, JABBA (Winker *et al.*, 2018), aplicado a toda la serie temporal de captura disponible (1950-2018), incluidos los descartes estimados, ajustando cuatro índices de CPUE de palangre estandarizados (en peso) para las flotas palangreras de UE-Grecia, Marruecos, Liguria y UE-España.

Los autores describieron el desarrollo de dos modelos candidatos, que usan supuestos alternativos acerca de la tasa de crecimiento intrínseco (r) y la forma de la función de producción. Para el modelo de referencia, asumimos una distribución a priori para r con una media de 0,47 y un CV de 0,49 ($\log.sd = 0,46$) que fue derivada a partir de un enfoque del modelo de matriz Leslie usando simulaciones Monte Carlo como se hizo durante la reunión de evaluación de 2014 (Anón, 2015) y actualizada con parámetros biológicos actuales. Como escenario alternativo, los autores desarrollaron de nuevo la distribución a priori para r con un parámetro de forma asociado de una función de producción Pella Tomlinson a partir de un Modelo en equilibrio estructurado por edad (ASEM) con simulaciones Monte Carlo (Winker, 2020). Respecto a los dos supuestos de M (M constante y M Lorenzen), las distribuciones a priori para r generadas por separado se combinaron en una única distribución a priori para r conjunta.

Por consiguiente, los dos modelos candidatos se especificaron como:

- (1) Modelo de referencia: con $\log(r) \sim N(\log(0,45), 0,46)$ y un valor de entrada fijado de $B_{RMS}/K = 0,5$ (Schaefer)
- (2) Modelo ASEM: con $\log(r) \sim N(\log(0,206), 0,2)$ y un valor de entrada fijado de $B_{RMS}/K = 0,38$

Algo común a ambos modelos era la merma de la biomasa inicial en 1950, que se consideraba cercana a un estado sin pesca asumiendo una distribución a priori lognormal ($\varphi = B_{1950}/K$) con una media = 1 y un CV del 10 %. Todos los parámetros de capturabilidad fueron formulados como distribuciones a priori uniformes no informativas, mientras que las varianzas de la observación adicional fueron estimadas para el índice asumiendo distribuciones a priori gamma inversas para permitir la ponderación de la varianza interna del modelo. En su lugar, el error de proceso de $\log(By)$ en el año y fue estimado «libremente» por el modelo usando una distribución gamma inversa no informativa con ambos parámetros de escalación fijados en 0,001. Cada modelo se ejecutó con tres cadenas Monte Carlo Markov (MCMC), cada una con 30.000 iteraciones que fueron muestreadas con un periodo de entrenamiento de 5.000 para cada cadena y un filtrado de cinco iteraciones. Por consiguiente, las distribuciones a posteriori marginales se representaron mediante un total de 15.000 iteraciones para cada modelo.

Para evaluar los ajustes de la CPUE, los índices de CPUE predichos por el modelo se compararon con la CPUE observada y se realizaron pruebas de ensayos en los valores residuales logarítmicos para cada índice de CPUE para evaluar cuantitativamente la aleatoriedad de los valores residuales e identificar potencialmente la especificación errónea del modelo. Además, se realizó también un análisis Jackknife en la influencia de los índices de CPUE. Para comprobar el sesgo sistemático en las estimaciones del estado del stock, se realizó también un análisis retrospectivo para cada modelo, eliminando un año de datos cada vez secuencialmente ($n = 5$), reajustando el modelo y comparando cantidades de interés (es decir, biomasa, mortalidad por pesca, B/B_{RMS} , F/F_{RMS} , B/B_0 y RMS) con el modelo de referencia que está ajustado a toda la serie temporal. Para comparar el sesgo entre los modelos, se calculó la estadística rho (ρ) de Mohn (1999).

Además, los autores exploraron la robustez ante varios niveles de infradeclaración antes de 1987 (es decir, el primer año de datos de captura que fue incluido en el modelo XSA de 2016). Se examinaron cuatro ensayos de sensibilidad multiplicando las capturas tempranas desde 1950 a 1986 por factores de 1,2, 1,5, 2 y 3 (es decir, infradeclaración del 20 %, 50 %, 100 % y 200 %).

4.2 Nueva información para la evaluación (datos históricos)

En 2020, para esta evaluación del stock de pez espada del Mediterráneo y siguiendo las recomendaciones de evaluaciones anteriores, se han mejorado enormemente los datos de entrada y la información auxiliar. La sección 2 del informe proporciona detalles específicos sobre cada elemento nuevo o actualizado en relación con los datos de entrada biológicos y pesqueros. En breve, la serie de captura de 1950-2018 se ha actualizado y revisado exhaustivamente añadiendo capturas históricas para el periodo 1972-1983, reasignando una parte importante de capturas históricas (de los 70 y 80) que fueron declaradas sin especificación de arte a la clasificación adecuada de arte pesquero, e incluyendo estimaciones de los descartes para la pesquería de palangre para los últimos años (2008-2018). Además, la información sobre tallas y CAS ha sido exhaustivamente revisada y actualizada para el periodo 1972-1989, lo que hizo posible ampliar la estimación de la CAA hasta 1972. Asimismo, se ha incorporado la reciente investigación biológica sobre el pez espada del Mediterráneo y se han actualizado los parámetros biológicos de entrada para los modelos, mejorando la estimación y la robustez de importantes parámetros del modelo de evaluación como r .

No obstante, sigue existiendo incertidumbre en otros datos e información, particularmente en la determinación de la edad de la captura. Se utilizaron dos enfoques para estimar la CAA, pero dependen exclusivamente de un modelo de crecimiento y presentan grandes diferencias en las estimaciones de la CAA (SCRS/2020/076). La falta de muestras con la edad determinada o de claves edad-talla ha limitado en gran medida la precisión de la estimación de la CAA, además, la serie temporal limitada (1985-2018) disponible para los modelos estructurados por edad ha limitado mucho la capacidad de los modelos de capturar en su totalidad el rango histórico de la captura y la productividad de este stock.

5. Resultados del estado del stock

5.1 Resultados

5.1.1 XSA (Extended Survivors Analysis)

El Grupo observó diferencias menores entre los ensayos que utilizan M constante o Lorenzen, tal como se presentan en el documento SCRS/2020/077 (véase la sección 4) y sugirió la adopción de la M constante para los ensayos finales, es decir, similar a los ensayos candidatos 1 y 3 del documento SCRS/2020/077. También se sugirió que se incluyera el índice de abundancia de España en números para los ensayos finales, en lugar del de biomasa que se utilizó en los ensayos preliminares, aunque no se esperan grandes cambios dado el patrón generalmente similar de ambos índices.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, en las dos series finales ("Base" y "Descarte") presentadas en SCRS/P/2020/029, se asumió una M constante =0,2 y el índice de palangre español se expresó en número. Los datos de captura por edad abarcaron el período comprendido entre 1985 y 2017 y se utilizaron cuatro series estandarizadas de CPUE que se extienden hasta los años más recientes: Palangreros griegos (SCRS 2020/021), palangreros marroquíes (SCRS 2020/026), palangreros españoles (SCRS 2020/043) y palangreros de Liguria (SCRS 2020/027) Los índices estandarizados de CPUE no se diferenciaron por edad

y se consideraron representativos de las abundancias de los grupos de edad de 2 a 4 años (**Figura 7**). Se asumió que la capturabilidad de la flota era independiente del tamaño de la clase anual para todos los años terminales. En cuanto a la madurez, se asumió un 15 % y un 65 % de maduración en las edades 2 y 3, respectivamente. La plena madurez se consideró a partir de la edad 4. Los pesos por edad se derivaron del análisis mixto y fueron coherentes con la CAA. El rango de F (\bar{f}) se fijó en las edades de 2 a 4. Los detalles de la configuración del objeto de control XSA se muestran en el **Apéndice 5**.

En cuanto al ensayo del caso base, en la **Figura 8** se muestran las estimaciones de reclutamiento, de la SSB, de la captura y de la mortalidad por pesca, mientras que en el **Apéndice 5** se presentan las estimaciones de número del stock y de F por edad por año. Los resultados indican que el reclutamiento sigue una tendencia decreciente, en particular en la última década, mientras que los niveles actuales de SSB son aproximadamente el 35 % de los observados al comienzo del período. La mortalidad por pesca en los últimos años es ligeramente inferior a la observada anteriormente. En la **Figura 9** se muestran las estimaciones de XSA por series de CPUE, mientras que los análisis retrospectivos se muestran en la **Figura 10**. Aparte de algunas discrepancias observadas en el reclutamiento, no hay ningún patrón particular en los diagramas retrospectivos. En el **Apéndice 5** se muestran varios diagramas de diagnóstico que indican la bondad del ajuste de los valores residuales de la CPUE. Entre ellas figuran: a) diagramas de los valores residuales frente a los valores ajustados para comprobar la varianza, b) diagramas de los valores residuales frente al año para comprobar los patrones sistemáticos que pueden indicar un ajuste deficiente, c) diagramas de regresión de la calibración para comparar los ajustes con las observaciones de las edades 2, 3 y 4, respectivamente, d) diagramas que comprueban la autocorrelación que puede introducir un sesgo, e) diagramas QQ destinados a comprobar la normalidad logarítmica y f) la ponderación relativa de cada año terminal N mediante la observación de la CPUE (XSA utiliza una ponderación de la varianza inversa, en la que las series de CPUE con ajustes deficientes se ponderan a la baja en el ajuste).

Los resultados del ensayo de descartes se muestran en la **Figura 11**, mientras que en el **Apéndice 5** figuran estimaciones del número de stock y de la F por edad y por año. Los resultados indican que el reclutamiento sigue una tendencia decreciente en la última década, mientras que los niveles actuales de SSB son menos de la mitad de los observados al comienzo del período. La mortalidad por pesca fluctúa a lo largo del período examinado, pero sin ninguna tendencia general específica. En la **Figura 12** se muestran las estimaciones de XSA por series de CPUE, mientras que en la **Figura 13** se muestran los análisis retrospectivos. Al igual que en el ensayo del caso base, no hay ningún patrón particular en los diagramas retrospectivos, aparte de algunas discrepancias observadas en el reclutamiento. Como en el caso del ensayo del caso base, en el **Apéndice 5** se muestran una serie de diagramas de diagnóstico.

La comparación de los resultados de los dos ensayos se muestra en la **Figura 14**. Los patrones generales son bastante similares, pero las estimaciones de reclutamiento y mortalidad de los años más recientes son más elevadas en el caso del ensayo de descartes.

5.1.2 Modelo estadístico de captura por edad: Evaluación para todos (Assesment for all - a4a)

El Grupo revisó los resultados, proporcionados por el documento SCRS/2020/078, para los ensayos de evaluación preliminar utilizando el modelo estadístico de captura por edad a4a. Se presentaron cuatro ensayos como preliminares, uno asumiendo una mortalidad natural constante ($M = 0,2$), otro asumiendo un vector de mortalidad natural calculado utilizando la formulación de Lorenzen y dos ensayos con los vectores de mortalidad antes mencionados, que incluyen los descartes estimados obtenidos del SCRS/2020/028. Cada estructura del modelo se mantuvo igual en todos los ensayos y se pueden consultar en el documento SCRS/2020/078, se añadió un suavizador a la capturabilidad del palangre de superficie de Liguria. Se presentaron pruebas de diagnóstico en términos de valores residuales y en todos los casos se observaron algunos patrones problemáticos en los valores residuales del reclutamiento. Los diagramas de valores retrospectivos no mostraron ningún patrón en la extracción, la SSB y la captura, aunque se observó un ligero patrón en el reclutamiento en los años terminales.

Siguiendo la recomendación del Grupo y en consonancia con los ensayos XSA, las evaluaciones que asumen una mortalidad natural constante se consideraron adecuadas para evaluar el estado del stock. El Grupo pidió dos ensayos finales a4a, teniendo en cuenta un índice de CPUE estandarizado adicional, el de los palangreros de superficie de Liguria, expresado en biomasa.

Los ensayos finales a4a, presentados en el documento SCRS/P/2020/030 utilizaron los datos de CAA de 1985 a 2018 como ensayos preliminares. Se consideraron cinco índices de biomasa de CPUE estandarizada: los palangreros griegos (SCRS/2020/021), los palangreros marroquíes (SCRS/2020/026), los palangreros españoles (SCRS 2020/043), los palangreros mesopelágicos de Liguria (SCRS/2020/027), los palangreros sicilianos (Tserpes *et al.* 2011) y los palangreros de superficie históricos de Liguria (Fulvio *et al.*, 2015), tal como sugirió el Grupo. Todos los índices se consideraron representativos de las edades de 2 a 4. Los índices de CPUE estandarizados se muestran en la **Figura 15**. Cada modelo se configuró de la misma manera que en los ensayos preliminares y se puede consultar en el **Apéndice 6**. El grupo de edad plus se fijó en 5, mientras que el rango F se fijó en 2-4 años. Los resultados de los dos ensayos diferentes pueden consultarse en las **Figuras 16 y 17**, respectivamente.

Los resultados de los ensayos fueron muy parecidos, el reclutamiento estimado en los años recientes con una estimación del ensayo de descartes fue un poco más elevado. Además, la incertidumbre en torno a las estimaciones del reclutamiento parecía alta en ambos casos. La trayectoria de la SSB reveló una ligera tendencia a la baja y después de mediados de la década de 2000 fluctuó alrededor de 7.500 t. Se realizaron pruebas diagnósticas tanto para los valores residuales de los índices estandarizados de CPUE como para la CAA, que se presentan en el **Apéndice 6**. En ambos ensayos se observa un patrón negativo en los valores residuales de reclutamiento, donde cabe señalar que este se debió probablemente a la falta de un índice de calibrado para la edad 0. El análisis retrospectivo realizado para ambos casos no mostró ningún patrón particular, salvo en el caso del reclutamiento, en el que se observaron algunas discrepancias. En las **Figuras 18 y 19** se presenta un análisis retrospectivo de cada ensayo. Se realizaron ensayos de MCMC para los dos ensayos finales como alternativa a la estimación de máxima verosimilitud (MLE) que se está utilizando como procedimiento de estimación por defecto en la evaluación. En la **Figura 20** se presentan comparaciones de los resultados entre los dos enfoques.

5.1.3 Modelo de producción excedente bayesiano JABBA

El Grupo examinó los resultados obtenidos con JABBA, un modelo de producción excedente bayesiano (SCRS/2020/082). Este documento presenta detalles sobre los diagnósticos del modelo y las estimaciones del estado del stock para dos escenarios preliminares. Para el modelo «referencia» se utilizó una distribución previa existente para r que se derivó de un enfoque de modelo de matriz de Leslie con simulaciones de Monte-Carlo durante la reunión de evaluación de stock de pez espada del Mediterráneo de 2014 (Anón., 2015), mientras que para el modelo 'ASEM' se derivó una nueva distribución previa para r a partir de un modelo de equilibrio estructurado por edad (ASEM) con simulaciones de Monte-Carlo. Los resultados para las distribuciones previas de r y el parámetro de forma de mediana con los correspondientes valores de B_{RMS}/K , se incluyen también a efectos de comparación. Las distribuciones previas de r generadas a partir de los dos supuestos M en una única distribución previa de r se muestran en la **Tabla 10** y la **Figura 21**. Para el modelo 'referencia' la distribución previa de r era $\log(r) \sim N(\log(0,45), 0,46)$ con un valor de entrada fijo de $B_{RMS}/K = 0,5$ (tipo de modelo Schaefer) y para el modelo 'ASEM' la distribución previa de r con $\log(r) \sim N(\log(0,206), 0,2)$ y un valor de entrada fijo de $B_{RMS}/K = 0,38$ (tipo de modelo Pella-Tomlinson) (**Figura 21**).

En las **Figuras 22 y 23** se muestran los ajustes del modelo y las pruebas de ensayo realizadas en valores residuales logarítmicos de cada uno de los cuatro índices CPUE LL estandarizados. Ambos modelos parecían ajustarse razonablemente bien a los datos de la CPUE, y las pruebas de ensayos no mostraron evidencias que rechazaran la hipótesis de los patrones de valores residuales distribuidos aleatoriamente para los cuatro índices. La bondad de ajuste fue muy similar para el modelo "referencia" (RMSE = 28,4 %; **Figura 24**) y el modelo "ASEM" (RMSE = 28,7 %; **Figura 24**). Los diagramas de diagnóstico de valores residuales de JABBA indicaron un conflicto entre los valores residuales positivos para los ajustes de la CPUE de palangre española y los valores residuales negativos para los otros tres índices de CPUE para los últimos dos años, 2017-2018 (**Figura 24**). El análisis de las desviaciones del error de proceso muestra una tendencia negativa en los años más recientes (**Figura 24**), que podría explicarse en parte por la asociación de la tendencia decreciente de la abundancia con la disminución de los desembarques en los últimos años.

Las distribuciones posteriores marginales junto con las densidades previas para ambos modelos se muestran en la **Figura 25**. Las medianas de las distribuciones posteriores marginales para r fueron de 0,414 y 0,188 para los modelos 'referencia' y 'ASEM', respectivamente (**Tabla 11**). La mediana estimada de la distribución posterior marginal para K fue de 135.017 t para el modelo de 'referencia' y 194.523 t para el modelo 'ASEM'. Las estimaciones de RMS mostraron valores similares en los modelos (13.811 t para el modelo de 'Referencia' y 12.931 t para el modelo 'ASEM', **Tabla 11**). La mediana de la distribución posterior

marginal para B_{RMS} osciló entre 67.509 t (modelo de 'referencia') y 73.928 t (modelo 'ASEM'), mientras que las estimaciones de la mediana de F_{RMS} fueron ligeramente más altas para el modelo 'referencia' (0,207) que para el modelo 'ASEM' (0,176) (**Tabla 11**).

En general, ambos modelos mostraron tendencias similares para las medianas de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} a lo largo del tiempo, y la discrepancia de valores entre los modelos se redujo desde la década de 1990, con una tendencia general decreciente de la biomasa desde 1970 hasta el año más reciente (**Figura 26**). La trayectoria de F/F_{RMS} mostró una tendencia creciente gradual entre 1970 y mediados de la década de 1980, un fuerte aumento a finales de la década de 1980 (alrededor de 0,5 a 1,0 en unos pocos años), y posteriormente una estabilidad relativa (**Figura 26**). La biomasa estimada se situó por debajo del nivel de RMS desde mediados de los años noventa para el modelo 'referencia' ($B_{2018}/B_{RMS}=0,650$), mientras que ha disminuido por debajo del nivel de RMS desde mediados de la década de 2010 para el modelo 'ASEM' ($B_{2018}/B_{RMS}=0,777$). Desde finales de los años ochenta, después del marcado aumento, la mortalidad por pesca estimada ha fluctuado en un nivel superior al RMS para el modelo 'referencia' ($F_{2018}/F_{RMS}=0,990$) y en un nivel cercano al RMS para el modelo 'ASEM' ($F_{2018}/F_{RMS}=0,880$) (**Tabla 11**).

Un análisis retrospectivo de cinco años indica que no hay evidencia de patrones fuertes con la estadística rho de Mohn dentro del rango aceptable de -0,15 y 0,20 (**Figuras 27 y 28; Tabla 12**). Sin embargo, el modelo 'referencia' indicó patrones retrospectivos ligeramente más fuertes con respecto a las trayectorias del estado del stock B/B_{RMS} , F/F_{RMS} y B/B_0 para los ensayos retrospectivos hasta 2013 y 2014 (**Figura 27**), lo que también puede explicar el sesgo retrospectivo notablemente más pequeño para estas cantidades en el modelo 'ASEM' (**Figura 28**).

El análisis de sensibilidad jackknife de los índices de CPUE mostró que las CPUE palangreras griega y la española tenían gran influencia en las trayectorias del estado del stock y el RMS (**Figuras 29 y 30**). La eliminación del índice de palangre griego tuvo como resultado trayectorias mucho más optimistas del estado del stock, con un nivel de biomasa muy por encima de B_{RMS} . La eliminación del índice de palangre español tuvo como resultado unas trayectorias del stock considerablemente más pesimistas, estimando que el stock estaba sobrepescado desde mediados de la década de 1990. El modelo "ASEM" fue en general un poco menos sensible al análisis del índice jackknife que el modelo de "Referencia".

El segundo análisis de sensibilidad exploró la solidez a varios niveles de la infradeclaración antes de 1987 multiplicando las capturas tempranas de 1950 a 1986 por factores de 1,2, 1,5, 2 y 3, (es decir, suponiendo una infradeclaración del 20 %, 50 %, 100 % y 200 %, **Figura 31**). La motivación de este análisis de sensibilidad estaba relacionada principalmente con los resultados conflictivos del estado del stock entre los modelos JABBA, y los modelos estructurados por edad XSA y a4a. Para estos ensayos del modelo de sensibilidad, el aumento de la serie temporal de captura histórica dio lugar a un aumento sistemático de las estimaciones de K y RMS y a la disminución de la biomasa del stock entre 1970 y finales de la década de 1980 (**Figuras 32 y 33**). Sólo multiplicando la captura histórica por tres (200%) se produciría una disminución de la biomasa del stock a niveles cercanos al 50 % de B/B_{RMS} desde ahora hasta 1990, lo que sería aproximadamente similar a los resultados del modelo de evaluación XSA de 2016. Si esta captura histórica (1950-1986) fuera correcta, implicaría que el stock de pez espada del Mediterráneo supera las capturas históricas de los stocks de pez espada tanto del Atlántico norte como del Atlántico sur, algo que el Grupo consideró poco probable para ese período.

Sin embargo, es importante señalar que las reglamentaciones sobre talla mínima de algunas CPC, las mejoras tecnológicas graduales asociadas con los cambios en las prácticas pesqueras dirigidas al pez espada del Mediterráneo, tal y como se refleja en los cambios en el mercado y el consumo de esta especie, podrían ser la causa de la infradeclaración y la incertidumbre en el período inicial de la serie temporal de las capturas. Por lo tanto, se deben considerar todos estos factores combinados para comprender mejor la evolución de la captura para este stock.

Los diagramas de fase de producción de excedente de JABBA para los modelos 'referencia' y 'ASEM' se muestran en la **Figura 34**. En general, revelaron patrones similares para ambos modelos. El pico de las capturas en 1982 coincidió con el inicio de un prolongado período de sobrepesca asociado con las continuas disminuciones de la biomasa del stock y finalmente condujo a un stock sobrepescado. En consecuencia, el bi-diagrama de Kobe revelaba un clásico patrón de movimiento en dirección contraria a las manecillas del reloj; el stock pasó de subexplotado, a atravesar un período de pesca no sostenible y llegar a la fase de sobreexplotación (**Figura 34**). Sin embargo, los resultados del estado del stock posteriores a 2018 de cada

modelo tendrían consecuencias algo diferentes para las medidas de ordenación. El modelo 'ASEM' es más optimista con respecto a los niveles actuales de pesca, F_{2018}/F_{RMS} , con una probabilidad acumulada de más del 60 % (amarillo + verde) de que la mortalidad por pesca actual sea lo suficientemente baja como para facilitar la recuperación del stock. El modelo "referencia", por el contrario, sugiere que hay una probabilidad de más del 50 % de que el stock permanezca sobrepescado y que se siga produciendo sobrepesca (**Figura 34**).

5.2 Resultados finales y síntesis del estado del stock

El Grupo revisó dos ensayos XSA (M constante con/sin descartes, SCRS/P/2020/029), dos ensayos a4a (M constante con/sin descartes, SCRS/P/2020/030) y dos ensayos JABBA (modelos de referencia y ASEM, SCRS/P/2020/028).

Una diferencia importante entre los dos modelos estructurados por edad, XSA y a4a, y el modelo de producción excedente JABBA consistía en que toda la serie de capturas de 1950 a 2018 se utilizó como entrada en JABBA, mientras que tanto XSA como a4a sólo podían iniciarse en 1985, con lo que se omitía la información sobre capturas para el período 1950-1984. En lo que respecta al modelo JABBA, el Grupo debatió el supuesto de que la biomasa relativa del stock estaba cerca del nivel de no pesca en 1950 (~ 99 % de la capacidad de carga). El Grupo convino en que factores como el número limitado y localizado de pesquerías en ese momento, su carácter artesanal (los barcos ni siquiera tenían un motor) y la ralentización de la actividad pesquera debido a la Segunda Guerra Mundial, sugerirían que esta hipótesis es razonable y está de acuerdo con los conocimientos especializados de los científicos que están bien familiarizados con las pesquerías de pez espada del Mediterráneo. El Grupo observó que este período inicial es ahora considerablemente más fiable debido a una serie de revisiones de la Tarea I que conducen a la mejora de los datos históricos de captura (véanse los detalles más adelante).

El Grupo examinó específicamente las diferencias en el estado del stock entre los modelos XSA (incluidos los descartes) y JABBA en 1985 (es decir, el primer año considerado en XSA). El ensayo final de XSA, incluidos los descartes, estimó que la SSB en 1985 se situaba en un 54,1 % de la SSB_{RMS} y en un 9,67 % de SSB_0 no pescada, mientras que los resultados conjuntos de los dos modelos JABBA ('referencia' y 'ASEM') estimaron que los niveles de stock eran todavía sostenibles en 1985, con $B/B_{RMS} = 1,59$ y $B/B_0 = 0,70$ (**Figura 35**). A continuación, el Grupo examinó la serie temporal de las capturas en relación con las estimaciones de RMS de XSA (RMS = 16.300 t) y JABBA (RMS conjunto = 13.325 t), que mostraba que las capturas se mantuvieron en todo momento por debajo del RMS para el período 1950-1985 en el caso de ambos modelos (**Figura 35**). Sin embargo, la sobrepesca de un stock previamente subexplotado sólo puede ocurrir, en teoría, una vez que las capturas empiezan a superar los niveles de RMS (véase la zona sombreada en verde en la **Figura 35**), e incluso entonces, la mortalidad por pesca puede permanecer inicialmente por debajo de RMS hasta que la biomasa se reduce y se aproxima a B_{RMS} (véase la **Figura 34** en la sección 5.1.3 del presente informe). Además, XSA predijo que, a pesar de los niveles muy bajos del stock en 1985, el RMS todavía podría superarse en los cuatro años siguientes, de 1986 a 1989, y sostener capturas en las dos décadas siguientes (décadas de 1990 y 2000) por encima del 80 % del RMS a pesar de la disminución de la biomasa del stock (**Figura 35**).

Por consiguiente, el Grupo convino en que no era biológicamente plausible que el stock de pez espada del Mediterráneo pudiera haber sido objeto de sobrepesca hasta niveles bajos de biomasa de menos del 60 % de la SSB_{RMS} y menos del 10 % de SSB_0 , según la estimación del modelo XSA, teniendo en cuenta que las capturas totales nunca habían superado las 14.000 t antes de 1985. Los resultados del modelo a4a presentados fueron ampliamente comparables con los resultados de XSA, y por lo tanto produjeron los mismos conflictos entre el historial de capturas y la baja biomasa inicial de stock en 1985. Teniendo en cuenta todas las pruebas, el Grupo decidió proporcionar el asesoramiento científico para el stock de pez espada del Mediterráneo basándose en ambos modelos de JABBA ("referencia" y "ASEM").

Sin embargo, el Grupo observó que los ensayos de evaluación de JABBA mostraban un patrón sistemáticamente negativo en la variación del error del proceso de la biomasa durante el período 2005-2016 (**Figura 36**), que también se observó en forma de una fuerte tendencia negativa en los valores residuales del reclutamiento tanto en XSA como en a4a. Las posibles causas pueden estar vinculadas a factores ambientales, pero también pueden estar relacionadas con otros factores como la mortalidad por pesca no contabilizada de peces de talla inferior a la regulada, los cambios en la selectividad o una combinación de ambos. Al margen de la causa subyacente, todos los modelos indican que la productividad

del stock se ha situado por debajo de la media en la última década. El Grupo debatió que esto es de particular importancia al proyectar el estado futuro del stock basándose en una productividad media del stock de 2019 en adelante, que es como se aplican actualmente las proyecciones en las tres plataformas de modelación (JABBA, XSA y a4a). El Grupo observó que existen enfoques para dar cuenta de esa correlación en serie en las desviaciones de errores de proceso y que ello está intrínsecamente asociado a una mayor incertidumbre sobre el futuro (Chang *et al.*, *in press*; documento de contexto). El Grupo recomendó que en el futuro se siguiera estudiando este enfoque y otros comparables para los modelos estructurados por edad, y convino en que las actuales proyecciones para el pez espada del Mediterráneo se asocian con el riesgo de ser demasiado optimistas y, por lo tanto, deben interpretarse con cautela.

El Grupo también examinó las diferencias resultantes en las estimaciones de niveles de referencia (puntos de referencia) de la actual evaluación de stock en 2020 con respecto a la anterior en 2016 (Anón. 2017). Se señaló que desde la evaluación de 2016 se han producido varios cambios tanto en las operaciones de pesca como en los datos disponibles como en las entradas de los modelos de evaluación, que han sido objeto de revisiones sustanciales y la integración de nuevos datos para la evaluación de 2020. Resumiendo, algunos de los datos nuevos relacionados con estos cambios serían los siguientes:

1. Una mejora general de la información disponible sobre el stock de pez espada del Mediterráneo, lo que incluye:
 - a. Una revisión exhaustiva de las capturas nominales de Tarea 1, con la inclusión de las capturas de GILL italianas entre 1972 y 1983 (Figura 1 en Anón., 2020, en el informe SWO de marzo).
 - b. Un aumento significativo de la información relacionada con las distribuciones de tallas de los peces, que proporcionó una nueva estimación completa y revisada de CAS.
2. Cambio en los modelos utilizados para la evaluación de stock:
 - a. Hasta 2016, el asesoramiento de evaluación se basaba en un enfoque estructurado por edad para proporcionar el asesoramiento de ordenación. Sin embargo, debido a la falta de índices de abundancia para el período anterior (antes de 1987), el momento de inicio de esta entrada en el modelo fue 1985, cuando el stock ya estaba sometido a una explotación elevada con la captura histórica más alta en 1987. Por lo tanto, el modelo sólo podía estar informado por una tendencia descendente y, dada la significativa incertidumbre en la determinación de la edad de la captura, el modelo no pudo estimar adecuadamente la productividad del stock (por ejemplo, la falta de contraste en los datos de captura).
 - b. En 2020, en cambio, esta evaluación incluyó un modelo de producción excedente bayesiano que comenzó en 1950 y que pudo utilizar toda la información histórica de captura disponible, además el modelo utilizó información biológica actualizada para construir mejores distribuciones previas de los parámetros más coherentes con la dinámica de población prevista del pez espada del Mediterráneo.

Ambos modelos de JABBA consideraron diferentes funciones de producción (tipo de modelo Schaefer y Pella-Tomlinson) e incorporaron la información biológica previamente considerada, así como la más reciente, en las distribuciones previas de r . El Grupo convino en que era conveniente combinar los resultados de ambos modelos de producción para tener mejor en cuenta las incertidumbres estructurales del modelo. La incertidumbre en cuanto al error en los resultados del ajuste del modelo se caracteriza por la ejecución de las distribuciones posteriores de la cadena de Monte-Carlo Markov (MCMC) de la biomasa y de la mortalidad por pesca desarrollada a partir de 30.000 iteraciones de MCMC en total (tres cadenas de MCMC de 5.000 iteraciones en cada modelo).

La trayectoria del B/B_{RMS} en las distribuciones posteriores marginales conjuntas mostró un patrón relativamente estable entre 1950 y 1970 seguido de una fuerte disminución hasta mediados de la década de 1990 hasta un estado de sobrepesca (**Figura 37** y **Tabla 13**). Desde comienzos de la década de 2000 la biomasa relativa se mantuvo estable en niveles inferiores a B_{RMS} hasta 2010, año en el que comenzó a descender de nuevo. Se estimó que la biomasa en 2018 era de 0,72 con respecto a la B_{RMS} con intervalos de credibilidad (CI) del 95 %: 0,38 - 1,28 (**Tabla 14**). La trayectoria de la F/F_{RMS} mostró una tendencia creciente

desde el comienzo de la serie temporal a medida que la pesquería se desarrollaba, atravesando F_{RMS} a mediados de la década de 1980. Desde finales de la década de 1980, tras el fuerte aumento, la mortalidad por pesca estimada ha fluctuado en torno al nivel de RMS ($F_{2018}/F_{RMS}=0,929$) (**Figura 37** y **Tabla 13**).

Las medianas y el CI del 95 % de las distribuciones posteriores marginales conjuntas para los puntos de referencia se muestran en la **Tabla 14**. La mediana estimada de la distribución posterior marginal para B_0 fue de 169.231 t (85.506 - 274.312 t), mientras que las estimaciones de RMS fueron de 13.325 t (10.899 - 17.346 t). La mediana de la distribución posterior marginal conjunta para B_{RMS} osciló entre 71.319 t y la mediana estimada de F_{RMS} fue de 0,186 (**Tabla 13**).

Por último, se presenta un diagrama de fases de Kobe para proporcionar una inferencia multimodal basada en la combinación de ambos modelos JABBA (**Figura 38**), que predice con una probabilidad del 86,7 % que la biomasa del stock sigue estando por debajo de los niveles que pueden producir el RMS en 2018, con una probabilidad de 41,1 % de que el stock esté sobrepescado y siga siendo objeto sobrepesca (rojo) y una probabilidad del 45,6 % de que el stock esté sobrepescado pero no esté siendo objeto de sobrepesca (amarillo). En resumen, la actual biomasa de pez espada del Mediterráneo (B_{2018}) se mantuvo por debajo de la B_{RMS} , mientras que la actual tasa de mortalidad por pesca se está acercando y/o está por debajo del nivel sostenible (F_{RMS}) que permitiría recuperar los niveles de biomasa que sustentan el RMS a corto y mediano plazo.

6. Proyecciones

Para las proyecciones futuras, el Grupo acordó utilizar una combinación de los resultados de las proyecciones de ambos modelos JABBA ('referencia' y 'ASEM') para producir las recomendaciones de asesoramiento, lo que incluye las matrices de estrategia de Kobe 2. La incertidumbre se caracteriza en forma de distribuciones posteriores de Cadena de Monte-Carlo Markov (MCMC) de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} que se proyectan estocásticamente hacia adelante sobre el rango de escenarios alternativos de captura fija dentro del modelo JABBA utilizando JAGS. Cada modelo se ejecutó con 15.000 iteraciones usando tres cadenas de MCMC de 5.000 cada una. Así, las distribuciones posteriores marginales conjuntas de las proyecciones se construyeron con 30.000 iteraciones MCMC en total. De conformidad con las recomendaciones del Grupo, las proyecciones se realizaron para un rango de escenarios de captura constante, incluyendo un escenario de referencia de captura cero y cubriendo luego un rango de 9.000 t a 15.000 t en intervalos específicos y por un período de 10 años (2019-2028). Las proyecciones no se llevaron a cabo más allá de 2028 debido a la incertidumbre en el reclutamiento reciente. Las capturas para 2019 y 2020 se fijaron en 9.879 t y 9.583 t, lo que corresponde al TAC fijado para 2019 y 2020, respectivamente [Rec. 16-05, párrafo 4].

Las proyecciones de biomasa (**Figura 39**) muestran que con capturas de hasta 10.000 t el stock puede recuperarse hasta B_{RMS} al final del período de proyección (2028) con un 60% de probabilidad [Rec. 16-05, párrafo 1]. Cabe señalar que existe un desfase de un año entre la extracción de las capturas con un efecto instantáneo en la mortalidad por pesca y la respuesta de la biomasa en el año siguiente. Por lo tanto, la implementación del TAC en 2020 está afectando instantáneamente a F/F_{RMS} en 2020, pero afecta a la estimación de B/B_{RMS} en el año siguiente. Dado que el modelo conjunto estima que la biomasa de 2018 está por debajo de los niveles de biomasa sostenible ($B_{2018}/B_{RMS} = 0,72$, véase la **Tabla 14** en la sección 5.2 del presente informe) que podría producir un RMS estimado de 13.325 t (10.899 - 17.346), sería necesario que la captura total fuera inferior a 8.000 t o inferior a 10.000 t para que el stock se recupere hasta B_{RMS} en 2025 o 2028, respectivamente, con una probabilidad de al menos el 60 % (**Tablas 15 y 17**).

La tasa actual de explotación se estimó en $F_{2018}/F_{RMS} = 0,93$ para 2018, lo que indica que la mortalidad por pesca actual por pesca dirigida está por debajo del valor de referencia de F_{RMS} . En consecuencia, las proyecciones de la mortalidad por pesca (**Figura 39**) muestran que capturas de hasta 9.000 o 10.000 t darían lugar a probabilidades superiores al 60 % de no esperar sobrepesca desde ahora hasta 2021 o 2022, respectivamente (**Tabla 16**).

Sin embargo, es importante señalar que los ensayos de la evaluación de JABBA mostraban un patrón sistemáticamente negativo en la variación del error de proceso de la biomasa (2005-2016), lo que aumenta la incertidumbre sobre el estado actual del stock y las proyecciones inmediatas del stock. Si la productividad del stock se mantuviera por debajo de la media, ello daría lugar a predicciones demasiado optimistas para

el futuro próximo. Por lo tanto, el Grupo recomienda que estas proyecciones se interpreten con cautela.

7. Recomendaciones

7.1. Recomendaciones con implicaciones financieras

Plan de recuperación de datos

El Grupo ha observado importantes mejoras en los datos históricos de T1 y T2 al compararlos con la información disponible en la evaluación de 2016 (Anón. 2017). Sin embargo, los datos de CPUE disponibles para el período anterior siguen siendo limitados. Por lo tanto, el período inicial de las pesquerías no se puede tener plenamente en cuenta en los modelos de evaluación de stock. Por ello, el Grupo recomendó recuperar los datos históricos para que todo el historial de la pesquería sea tenido en cuenta a la hora de evaluar el stock. En particular, deberían dedicarse esfuerzos a recopilar la información disponible de las principales pesquerías para los primeros años, especialmente en pesquerías con datos limitados. [Coste estimado: 10.000 euros; Prioridad media, dado que se utilizará para la próxima evaluación (el nivel de prioridad tendrá que revisarse)].

7.2. Recomendaciones sin implicaciones financieras

7.2.1. Recomendaciones sobre investigación y estadísticas

Pesquerías

- El Grupo observó que en el pasado se habían realizado muy pocos estudios sobre la selectividad de los palangres en el Mediterráneo; además, por lo general estaban limitados en el tiempo y el espacio y se centraban principalmente en la evaluación de los componentes de la captura fortuita de la pesquería de pez espada. Teniendo en cuenta las diferencias que se observan entre los diversos tipos de palangre en cuanto a la composición de la captura, la CPUE y la distribución por tallas de las capturas de pez espada, se recomienda la realización de estudios de selectividad por parte de las CPC, a fin de identificar las prácticas (diseño del arte, tamaño del anzuelo y tipo de cebo) y las estrategias de pesca que pueden reducir los descartes de peces espada de talla inferior a la regulada.
- Aunque se ha examinado la probabilidad mensual de capturar pez espada de talla inferior a la regulada o la tasa mensual de descartes en algunas pesquerías de pez espada del Mediterráneo, no existe una estimación reciente de la proporción mensual de reclutas y reproductores en las capturas de pez espada del Mediterráneo. El Grupo recomendó la estimación mensual de la proporción de reproductores y reclutas en las capturas en una escala espacial fina que podría facilitar las decisiones de ordenación para las restricciones espacio-temporales.
- El Grupo convino en que los datos de los programas nacionales de observadores son esenciales para los fines de evaluación y ordenación, ya que pueden proporcionar información de resolución fina sobre las capturas de ejemplares de talla inferior a la regulada y las tasas de descarte por pesquería. En lo que respecta al formulario ST09 de comunicación de los datos del programa nacional de observadores, el Grupo recomienda: a) incluir el palangre mesopelágico y de estilo americano en la lista de selección de artes de pesca, b) precisar mejor la selección de la gama de profundidades para las operaciones de pesca, c) hacer que todos los formularios se cumplimenten sin exclusión [suprimir "opcional" del subformulario C en ST09] y que estos datos se utilicen exclusivamente con fines científicos de acuerdo con la Rec. 16-14.
- El Grupo recomienda que todas las CPC de ICCAT revisen y sustituyan las estimaciones provisionales de descartes muertos aquí adoptadas, utilizando la mejor información disponible (muestreo en puerto, datos de observadores nacionales, etc.) a nivel nacional. Para ello, cada CPC debería permitir a sus científicos nacionales tener acceso a toda la información pertinente.
- El Grupo reiteró la recomendación formulada por el SCRS en 2019 de que se obtuvieran datos de talla y biológicos para caracterizar mejor los descartes de pez espada del Mediterráneo:

Al SCRS y a la Comisión sobre permitir el muestreo de peces espada de talla inferior a la regulada
Actualmente existen tallas mínimas establecidas para el pez espada del Atlántico [Rec. 17-02 y 17-03] y el pez espada del Mediterráneo [Rec. 16-05]. Estas "tallas mínimas" se refiere bien a "capturar y desembarcar" o a "capturar y retener a bordo", dependiendo de la recomendación o párrafo específicos. Con el fin de permitir la recopilación de muestras biológicas en peces espada de talla inferior a la regulada (por ejemplo, vértebras, tejidos, órganos reproductivos, estómagos) durante las operaciones de pesca comercial, el SCRS recomienda que la Comisión considere redactar una nueva recomendación permitiendo dichos procedimientos. El muestreo de pez espada de talla inferior a la regulada solo se llevará a cabo si:

1. Los ejemplares están muertos en el momento de la virada;
2. Las muestras son recogidas por un observador pesquero y
3. Las muestras biológicas se recogen en el marco de un proyecto de investigación notificado, aprobado y realizado en el marco de las prioridades del Grupo de especies de pez espada y el SCRS.

Indicadores de abundancia

- Dadas las claras diferencias entre los artes de palangre que se dirigen al pez espada del Mediterráneo (por ejemplo, el palangre de superficie tradicional, el palangre de estilo americano y el palangre mesopelágico), el Grupo recomendó que las CPC proporcionen datos de captura-esfuerzo por categoría de arte, así como información sobre la proporción de su flota que opera en cada una de estas categorías. Esta información es necesaria para estimar los índices de abundancia estandarizados a partir de las estadísticas de pesca.
- El Grupo recomienda que en los procedimientos de estandarización se tengan en cuenta los importantes cambios oceanográficos que se han producido recientemente en el mar Mediterráneo (por ejemplo, los cambios oceanográficos transitorios del Mediterráneo oriental) y que pueden haber repercutido en la disponibilidad del stock para algunas pesquerías, y/o en el éxito del reclutamiento de la población.
- El Grupo observó que importantes cambios oceanográficos podían estar afectando el éxito del reclutamiento en la población y la disponibilidad del stock para algunas pesquerías y recomienda que el Subcomité de ecosistemas determine indicadores de las presiones oceanográficas y del estado de la abundancia de las larvas de pez espada.
- El Grupo recomienda que se incluyan los descartes en la estandarización de los datos de captura y esfuerzo, ya que representan una parte de la captura.
- Aunque la CPUE por edad es el dato de entrada habitual para los análisis estructurados por edad, el Grupo reconoció que esto debe basarse en un nivel mayor de muestreo y no meramente en la sustitución de los datos actuales. Por lo tanto, se recomienda aumentar el muestreo para la determinación de la edad, con el fin de que se puedan desarrollar claves de edad-talla o captura por edad y CPUE por edad. Para lograr este objetivo, el Grupo indicó que es importante recopilar datos de talla y partes duras junto con datos de captura y esfuerzo para proporcionar CPUE significativas.

Evaluación

- El Grupo convino en la creciente importancia de los descartes de pez espada del Mediterráneo en relación con la captura total, y en que parte de esos descartes se deben a la talla mínima de captura de 100 cm LJFL [Rec. 16-05, párrafos 15 y 16]. El Grupo recomienda que, para una mejor inclusión de esos descartes en los modelos de evaluación, se informe más exhaustivamente sobre los descartes de pez espada en el mar, tanto en las pesquerías dirigidas como en otras pesquerías de grandes pelágicos en el Mediterráneo. Análogamente, se recomienda explorar modelos de evaluación integrados con más opciones de flota, selectividad y medio ambiente para modelar y evaluar mejor el impacto de los descartes, el medio ambiente y/o las reglamentaciones/modificaciones de la selectividad en la dinámica del stock y su estado de recuperación.

- El Grupo recomendó que la próxima evaluación de stock de pez espada del Mediterráneo se lleve a cabo no antes de 2024, a fin de dar más tiempo para la recopilación de datos adicionales que permitan evaluar las medidas de ordenación adoptadas mediante la Recomendación 16-05 y los progresos en la recuperación del stock. Debería celebrarse previamente una reunión de preparación de datos para analizar y preparar datos para la evaluación de stock. No obstante, el Grupo debería examinar en 2022 los indicadores de la pesquería disponibles (captura, índices de abundancia, etc.) para hacer un seguimiento de la tendencia del estado del stock. En el caso de que se produzca un cambio en los indicadores del estado del stock en el periodo intermedio, como por ejemplo un drástico descenso de las capturas nominales o de las tallas medias, la evaluación de stock deberá realizarse entonces antes de 2024.

7.3. Recomendaciones de ordenación

- En los últimos 50 años la biomasa del stock muestra tendencias decrecientes, comenzando con el período alrededor de 1970-1990, cuando la pesquería estaba en una fase de fuerte desarrollo. En el período siguiente, hasta aproximadamente 2010, las tendencias descendentes fueron más bien modestas, acompañadas de fluctuaciones en pequeña escala. En el período más reciente, la biomasa del stock ha seguido disminuyendo. Como era de esperar, la mortalidad por pesca siguió una tendencia opuesta, con aumentos más pronunciados durante la década de los ochenta. La biomasa actual del stock es aproximadamente un 30 % inferior a la correspondiente al RMS, mientras que la mortalidad por pesca se sitúa en torno al RMS. De acuerdo con los objetivos de la Comisión, es necesario recuperar el stock, y se simuló los escenarios pertinentes asumiendo diferentes niveles de cuota. El análisis indicó que la probabilidad de recuperación del stock en los próximos cinco años (2025) es ligeramente superior al 60 % si se adopta una cuota igual a 8.000 t. La probabilidad aumenta si se seleccionan niveles de cuota más bajos. Dado que existen incertidumbres sobre la productividad del stock, estas estimaciones pueden ser demasiado optimistas y deberían interpretarse con cautela.
- El Grupo señaló que desde que se establecieron las tallas mínimas de captura, en particular tras el reciente aumento impuesto mediante la Recomendación 16-05, los niveles de descarte de pez espada de talla inferior a la regulada están aumentando al menos en algunas pesquerías y estos descartes son, en gran medida, descartes de peces muertos. Sin embargo, no todas las flotas comunican los descartes. Aunque se ha intentado estimar estadísticamente los niveles de descartes y considerarlos en los modelos de evaluación de stock, se desconoce el volumen real de los descartes totales debido a esta infradeclaración. Esa infradeclaración conduce a estimaciones falsas del volumen de captura global y, por consiguiente, sesga las estimaciones relacionadas con el estado del stock y las proyecciones del futuro tamaño del stock considerando las diferentes medidas de ordenación.

8. Otros asuntos

8.1.3 Resumen ejecutivo

El Grupo también revisó y actualizó el Resumen ejecutivo de pez espada del Mediterráneo. Sin embargo, la versión final que incluye figuras, tablas y adiciones menores de texto relacionadas con el estado de stock se actualizará durante la reunión del Grupo de especies en septiembre.

9. Adopción del informe y clausura

El informe fue adoptado durante la reunión. El presidente y la Secretaría dieron las gracias a todos los participantes por sus esfuerzos para trabajar de forma eficaz y eficiente durante toda la reunión. La reunión fue clausurada.

Referencias

Anon. 2015. Report of the 2014 ICCAT Mediterranean Swordfish Stock Assessment meeting (Heraklion, Greece, 21-25 July 2014). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 71 (5): 1870-1979

- Anon. 2017. Report of the Mediterranean Swordfish Stock Assessment session (Casablanca, Morocco, 11-16 July 2016). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 73 (3): 1005-1096
- Anon. 2020. *In press*. Report of the Swordfish Species Group intersessional meeting (Online, 16-19 March 2020): 41 p.
- Chang, Y.J., Winker, H., Sculley, M., Hsu, J., 2019. Evaluation of the status and risk of overexploitation of the Pacific billfish stocks considering non-stationary population processes. Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. in press. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.104707>
- Jardim, E., Millar, C.P., Mosqueira, I., Scott, F., Osio, G.C., Ferretti, M., Alzorriz, N., Orío, A., 2015. What if stock assessment is as simple as a linear model? The a4a initiative. ICES J. Mar. Sci. 72, 232–236.
- Kell, L.T., Mosqueira, I., Grosjean, P., Fromentin, J., Garcia, D., Hillary, R., Jardim, E., Mardle, S., Pastoors, M.A., Poos, J.J., Scott, F., Scott, R.D., 2007. FLR: an open-source framework for the evaluation and development of management strategies. ICES J. Mar. Sci. 64, 640–646.
- Marisaldi, L., Basili, D., Candelma, M., Sesani, V., Pignalosa, P., Gioacchini, G., and Carnevali, O., 2020. The challenge to assign maturity stages: development of a histology-validated macroscopic criteria based on the GI. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76(3): 304-314.
- Mohn, R., 1999. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci. 56, 473–488. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0481>
- Winker, H., Carvalho, F., Kapur, M., 2018. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment. Fish. Res. 204, 275–288. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.01>
- Winker, H., Mourato, B., Chang, Y. 2020. Unifying parameterizations between age-structured and surplus production models: an application to Atlantic white marlin (*Kajikia albida*) with simulation testing. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76(4): 219-234.

TABLAS

Tabla 1. Capturas nominales de Tarea 1 (T1NC, t) de SWO-M por año, tipo de captura y grupo de artes entre 1950-2018. Las series de descartes de ejemplares muertos del palangre entre 2008 y 2018, con la excepción de UE-España (6,7 t en 2015 y 83,5 t en 2018) son estimaciones preliminares (SCRS/2020/028) adoptadas por el Grupo. Se muestran también, con fines de comparación, las capturas totales utilizadas en la evaluación del stock de 2016 (SA2016) (con la diferencia relativa, %).

Tabla 2. Catálogo estándar del SCRS de SWO-M de disponibilidad de datos de Tarea 1/2 por pesquería principal (las combinaciones arte/pabellón clasificadas por orden de importancia) y año (panel superior 1960-1989, panel inferior 1989-2018). Solo se muestran las pesquerías más importantes (que representan aproximadamente el 97,5 % de la captura total de Tarea 1). En cada serie de datos, la Tarea 1 (DSet= "t1", en t) se indica el esquema equivalente de disponibilidad de Tarea 2 (DSet= "t2"). El esquema de colores de Tarea 2 tiene una concatenación de caracteres ("a"= T2CE existe; "b"= T2SZ existe; "c"= T2CS existe) que representa la disponibilidad de datos de Tarea 2 en las bases de datos de ICCAT.

Tabla 3. Matriz de captura por talla (CAS) global de SWO-M por año y clases de 5 cm LJFL (límite inferior) incluyendo estimaciones de descartes muertos de las flotas de palangre para 2008-2018.

Tabla 4. Matriz de CAA (separación de edades inversa-VB) incluyendo los descartes muertos estimados de las flotas de palangre para 2008-2018.

Tabla 5. Matriz de CAA (distribución mixta) incluyendo los descartes muertos estimados de las flotas de palangre para 2008-2018.

Tabla 6. Índices de abundancia relativa disponibles para la evaluación de 2020 del stock de pez espada del Mediterráneo.

Tabla 7. Resumen de la tabla de evaluación de la CPUE para la evaluación del stock de pez espada del Mediterráneo.

Tabla 8. Especificaciones de control de XSA para el ensayo de continuidad y los ensayos candidatos para el pez espada del Mediterráneo.

Tabla 9. Especificaciones de parámetros aplicados al a4a para el pez espada del Mediterráneo.

Tabla 10. Los resultados para la distribución a priori para r y el parámetro de forma de la mediana con los valores correspondientes de B_{RMS}/K han generado un modelo en equilibrio estructurado por edad (ASEM) con una relación stock-reclutamiento de Beverton-Holt usando simulaciones Monte Carlo.

Tabla 11. Resumen de los cuantiles posteriores presentados en forma de medianas de la distribución a posteriori marginal y los intervalos de credibilidad asociados del 95 % de los parámetros para los modelos de producción excedente bayesianos de estado-espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Tabla 12. Estadística rho resumen de Mohn calculada para el periodo de evaluación retrospectiva de cinco años. Cuánto más grande es el umbral más fuerte es el sesgo retrospectivo.

Tabla 13. Estimaciones de biomasa, mortalidad por pesca, biomasa respecto a B_{RMS} , y mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} entre 1950 y 2019 en forma de distribuciones a posteriori MCMC conjuntas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM») para el pez espada del Mediterráneo con intervalos de credibilidad del 95 %.

Tabla 14. Resumen de los puntos de referencia (mediana e intervalos de credibilidad del 95 %) presentado en forma de distribuciones a posteriori MCMC conjuntas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM») para el pez espada del Mediterráneo.

Tabla 15. Probabilidades estimadas de que el stock de pez espada del Mediterráneo esté por encima de B_{RMS} (no sobrepescado) para un rango de capturas totales fijas de 0-15.000 t en el horizonte de proyección

2021-2028 basadas en las distribuciones a posteriori MCMC conjuntas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM»).

Tabla 16. Probabilidades estimadas de que el stock de pez espada del Mediterráneo esté por debajo de F_{RMS} (no se está produciendo sobrepesca) para un rango de capturas totales fijas de 0-15.000 t en el horizonte de proyección 2021-2028 basadas en las distribuciones a posteriori MCMC conjuntas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM»).

Tabla 17. Probabilidades estimadas de que el stock de pez espada del Mediterráneo esté por encima de B_{RMS} y por debajo de F_{RMS} (zona verde) para un rango de capturas totales fijas (0-15.000 t) en el horizonte de proyección 2021-2028 basadas en las distribuciones a posteriori MCMC conjuntas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM»).

FIGURAS

Figura 1. Capturas nominales totales de SWO-M (T1NC, t) por año, mostrando los desembarques totales (palangre y otros artes) y los descartes muertos (comunicados y estimados en el SCRS/2020/028). Se muestran, con fines de comparación, las capturas totales utilizadas en la evaluación del stock de 2016 (SA2016).

Figura 2. Capturas nominales de Tarea 1 (T1NC, t) cubiertas por la información sobre talla en cada año. La serie «azul» representa los datos de T2SZ extrapolados. La serie «verde» representa los datos de T2CS (reextrapolados o no). La serie «roja» indica que no existe información sobre tallas y se ha hecho una sustitución. Mientras que el panel superior muestra las series de captura absolutas acumulativas de T1NC, el panel inferior muestra la ratio relativa.

Figura 3. Pesos (kg) medios anuales ponderados (pabellón y arte) obtenidos a partir de las dos matrices de CAS estimadas y usadas en las evaluaciones de 2016 y 2020 (respectivamente series SA2016 y SA2020). La media móvil del periodo de 5 años se muestra solo para las últimas series (SA2020).

Figura 4. Proporciones de edad relativas de los dos enfoques de separación de edades usadas (arriba: separación de edades con VB inversa, abajo: distribución mixta).

Figura 5. Índices de abundancia en biomasa (escalados a la media) usados para los modelos de evaluación del stock de pez espada del Mediterráneo.

Figura 6. Índices de abundancia en números (escalados a la media) usados para los modelos de evaluación del stock de pez espada del Mediterráneo.

Figura 7. Series temporales de índices de CPUE estandarizados y escalados por flota: GR_LL= palangre griego, SP_LL=palangre español, MO_LL=palangre marroquí, LI_LL=palangre de Liguria.

Figura 8. Estimaciones de la serie temporal de XSA para el ensayo base.

Figura 9. Estimaciones de la serie temporal de XSA por CPUE, para el ensayo base.

Figura 10. Diagrama retrospectivo para el ensayo base de XSA.

Figura 11. Estimaciones de la serie temporal de XSA para el ensayo de descarte.

Figura 12. Estimaciones de la serie temporal de XSA por CPUE, para el ensayo de descarte.

Figura 13. Diagrama retrospectivo para el ensayo de descarte de XSA.

Figura 14. Comparación de estimaciones entre los ensayos base y de descarte de XSA.

Figura 15. Series temporales de índices de CPUE estandarizados y escalados por flota: GR_LL= palangre griego, SP_LL=palangre español, MO_LL=palangre marroquí, LI_LL=palangre de Liguria, SI_LL = palangre de Sicilia, LI_SUR = palangre de superficie de Liguria.

Figura 16. Ensayo de M constante de $a4a$ sin descartes. Síntesis de los resultados de la evaluación. Tendencias en el reclutamiento, en la biomasa reproductora del stock (t), la captura (t) y la mortalidad por pesca para las edades 2-4. IC de 10 %, 25 %, 75 % y 90 %.

Figura 17. Ensayo de M constante de $a4a$ con descartes. Síntesis de los resultados de la evaluación. Tendencias en el reclutamiento, en la biomasa reproductora del stock (t), la captura (t) y la mortalidad por pesca para las edades 2-4. IC de 10 %, 25 %, 75 % y 90 %.

Figura 18. Ensayo de M constante de $a4a$ sin descartes. Diagrama retrospectivo.

Figura 19. Ensayo de M constante de $a4a$ con descartes. Diagrama retrospectivo.

Figura 20. Diagrama comparativo entre el ensayo de M constante y descartes de $a4a$.

Figura 21. Resultados del modelo en equilibrio estructurado por edad (ASEM) con una relación stock-reclutamiento de Beverton-Holt usando simulaciones Monte Carlo. Panel izquierdo: Estimaciones de las curvas de rendimiento de M ; panel derecho: Distribuciones de densidad de valores simulados de r por M .

Figura 22. Serie temporal de la CPUE observada (círculo) con IC de error del 95 % (barras de error) y predicha (línea continua, paneles superiores) y pruebas de los ensayos (paneles inferiores) del pez espada del Mediterráneo para el escenario de «referencia» del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio, JABBA. Pruebas de los ensayos para evaluar la aleatoriedad de la serie temporal de los valores residuales de CPUE por flota. Los paneles verdes indican que no hay evidencias de la falta de aleatoriedad de los valores residuales de la serie temporal ($p > 0,05$) mientras que los paneles rojos (no se muestran aquí) indican lo contrario. La zona sombreada interior muestra tres errores estándar de la media global y los círculos rojos identifican un año específico con valores residuales superiores a este valor umbral (norma $3x$ sigma).

Figura 23. Serie temporal de la CPUE observada (círculo) con IC de error del 95 % (barras de error) y predicha (línea continua, paneles superiores) y pruebas de los ensayos (paneles inferiores) del pez espada del Mediterráneo para el escenario de «ASEM» del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio, JABBA. Pruebas de los ensayos para evaluar la aleatoriedad de la serie temporal de los valores residuales de CPUE por flota. Los paneles verdes indican que no hay evidencias de la falta de aleatoriedad de los valores residuales de la serie temporal ($p > 0,05$) mientras que los paneles rojos (no se muestran aquí) indican lo contrario. La zona sombreada interior muestra tres errores estándar de la media global y los círculos rojos identifican un año específico con valores residuales superiores a este valor umbral (norma $3x$ sigma).

Figura 24. Diagramas de diagnóstico residuales de JABBA para conjuntos alternativos de índices de CPUE examinados para cada escenario (izquierda: modelo de referencia; derecha: modelo ASEM) para el pez espada del Mediterráneo. Paneles superiores: Los diagramas de caja indican la mediana y los cuantiles de todos los valores residuales disponibles para cualquier año determinado y las líneas negras continuas indican un alisado Loess en todos los valores residuales. Paneles inferiores: Desviaciones del error de proceso (mediana: línea continua) con una zona sombreada en gris que indica intervalos de credibilidad del 95 %.

Figura 25. Distribución a priori y a posteriori de varios parámetros del modelo y de ordenación para el modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo. PPRM: Ratio de la distribución a posteriori y la distribución a priori de las medias; PPRV: Ratio de la distribución a posteriori y la distribución a priori de las varianzas. Paneles superiores: Modelo de «referencia» y, Paneles inferiores: Modelo ASEM.

Figura 26. Tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa relativa a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa relativa a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores) para cada escenario a partir de los ajustes del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Figura 27. Análisis retrospectivo realizado al modelo de referencia, eliminando ($n=5$) un año cada vez y prediciendo las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa relativa

a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa relativa a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores) para cada escenario a partir de los ajustes del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Figura 28. Análisis retrospectivo realizado al modelo ASEM, eliminando ($n=5$) un año cada vez y prediciendo las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa relativa a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa relativa a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores) para cada escenario a partir de los ajustes del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Figura 29. Análisis jackknife del índice realizado al modelo de referencia, eliminando un índice de CPUE cada vez y prediciendo las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa relativa a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa relativa a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores) para cada escenario a partir de los ajustes del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Figura 30. Análisis jackknife del índice realizado al modelo ASEM, eliminando un índice de CPUE cada vez y prediciendo las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa relativa a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa relativa a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores) para cada escenario a partir de los ajustes del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Figura 31. Serie temporal de captura alternativa utilizada en los ensayos de sensibilidad para explorar el posible impacto de la infradeclaración de las primeras capturas, 1950-1986 del 20 % (HistCx1.2), 50 % (HistCx1.5), 100 % (HistCx2) y 200 % (HistCx3) en los resultados de la evaluación de JABBA.

Figura 32. Análisis de sensibilidad realizado al modelo de referencia para cada supuesto respecto a las capturas históricas (multiplicando las primeras capturas desde 1950 a 1986 por factores de 1,2, 1,5, 2 y 3) y prediciendo las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa relativa a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa relativa a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores) para cada escenario a partir de los ajustes del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Figura 33. Análisis de sensibilidad realizado al modelo ASEM para cada supuesto respecto a las capturas históricas (multiplicando las primeras capturas desde 1950 a 1986 por factores de 1,2, 1,5, 2 y 3) y prediciendo las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa relativa a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa relativa a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores) para cada escenario a partir de los ajustes del modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo.

Figura 34. Diagrama de fase de producción excedente JABBA para el modelo de referencia (paneles izquierdos) y el modelo ASEM (paneles derechos) mostrando las trayectorias de las capturas en relación con B_{RMS} y RMS (paneles superiores) y diagrama de fase de Kobe mostrando las trayectorias estimadas (1959-2018) de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} para el modelo de producción excedente bayesiano de estado espacio para el pez espada del Mediterráneo (paneles inferiores). Las diferentes zonas sombreadas en gris indican los intervalos de credibilidad del 50 %, 80 % y 95 % para el año terminal de la evaluación. La probabilidad de que los puntos del año terminal recaigan dentro de cada cuadrante se indica en la leyenda de la figura.

Figura 35. Ilustración de la serie de capturas (1950-2018) en relación con las estimaciones de RMS (captura/ RMS) para el ensayo final de XSA incluyendo los descartes y el modelo JABBA combinado («referencia» y «ASEM») en el eje y izquierdo y las correspondientes trayectorias precitadas del modelo de SSB/SSB_{RMS} y B/B_{RMS} , respectivamente en el eje y derecho. Lo sombreado en verde indica el periodo (1950-1985) en el que las capturas permanecían por debajo de RMS y, por consiguiente, el stock debería encontrarse en el cuadrante verde del diagrama de fase de Kobe ($B > B_{RMS}$ y $F < F_{RMS}$). La línea negra horizontal discontinua indica los niveles de captura y de biomasa en RMS respectivamente y la línea roja discontinua indica el nivel de biomasa en el 50 % de B_{RMS} .

Figura 36. Desviaciones del error de proceso en la biomasa estimada a escala logarítmica (mediana: línea continua) para los modelos JABBA (modelos de referencia y ASEM). Las líneas azules verticales muestran el año 1987, cuando los índices de abundancia relativa empezaron a aportar información al modelo y las líneas rojas indican 2004 como el año aproximado en que se implementó la reglamentación de talla mínima.

Figura 37. Resultados finales del modelo de evaluación JABBA para el pez espada del Mediterráneo en forma de distribuciones a posteriori MCMC conjuntas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM»). (a) Serie temporal de capturas describiendo la estimación de RMS con el intervalo de credibilidad del 95 % asociado (línea discontinua), (b) biomasa relativa a B_0 (B/B_0) (paneles superiores), (c) tendencias en la biomasa y (d) mortalidad por pesca, (e) tendencias de la biomasa en relación con B_{RMS} (B/B_{RMS}) y (f) mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}).

Figura 38. Diagrama de fase de Kobe mostrando las distribuciones a posteriori combinadas de B_{2018}/B_{RMS} y F_{2018}/F_{RMS} presentadas en forma de distribuciones a posteriori MCMC conjuntas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM») para el pez espada del Mediterráneo. La probabilidad de que los puntos de la distribución *a posteriori* recaigan dentro de cada cuadrante se indica en el diagrama de tarta.

Figura 39. Tendencias de la biomasa del stock (panel superior, B/B_{RMS}) y de la mortalidad por pesca (panel inferior, F/F_{RMS}) relativas proyectadas del pez espada del Mediterráneo con diferentes escenarios de TAC (0- 15.000 t) basadas en las proyecciones combinadas de los ensayos del modelo JABBA (modelos de «referencia» y «ASEM»). Cada línea representa la mediana de 30000 iteraciones MCMC por año proyectado.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día.

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista de documentos y presentaciones.

Apéndice 4. Resúmenes de los documentos y presentaciones SCRS presentados por los autores.

Apéndice 5. Ensayos finales de XSA.

Apéndice 6. Ensayos finales de a4a.

Table 1. Task 1 nominal catches (T1NC, t) of SWO-M by year, catch type and gear group, between 1950 and 2018. The LL dead discards series between 2008 and 2018, with the exception of EU-Spain (6.7 t in 2015 and 83.5 t in 2018), are preliminary estimates (SCRS/2020/028) adopted by the Group. The total catches used in the 2016 stock assessment (SA2016) is also shown (with the relative difference, %) for comparison.

Year	Catch type / gear group								Dead discards	TOTAL	TOTAL catches (SA2016)	Relative difference (%)	
	LL	GN	HP	HL	PS	TW	others	UN					
1950	586									586	586	0	
1951	580									580	580	0	
1952	337									337	337	0	
1953	501									501	0	100	
1954	452									452	452	0	
1955	340									340	340	0	
1956	393									393	393	0	
1957	395		250							645	250	158	
1958	414		500							914	914	0	
1959	401		200							601	200	200	
1960	403		112							515	112	360	
1961	500		112							612	206	197	
1962	591		112							703	300	134	
1963	498		224							722	318	127	
1964	686		112							798	394	103	
1965	1423		112					1	224	1760	1760	0	
1966	1192		336						224	1752	1752	0	
1967	869		111					1	336	1317	1317	0	
1968	2570		115	194				1	560	3440	3440	0	
1969	3313		133	277						3723	3723	0	
1970	2993		99	249						3341	3341	0	
1971	4496		76	402				1		4975	4975	0	
1972	5399		5247	513				1		11160	5973	87	
1973	4362		3985	388						8735	4809	82	
1974	4564		4684	462				3		9713	5043	93	
1975	3888		4219	416						8522	4314	98	
1976	4318		4914	312						9544	4637	106	
1977	4838		4791	417						10046	5285	90	
1978	5186		5377	756				8		11327	5966	90	
1979	5200		4980	475						10655	5547	92	
1980	6230		5216	501						11947	6579	82	
1981	6450		4873	461						11784	6814	73	
1982	6112		3730	356						10198	6343	61	
1983	6313		4016	366				1		10696	6896	55	
1984	6709		6658	294				5		13666	13666	0	
1985	7169		7816	298	1			1	5	15294	15292	0	
1986	8166		8130	469						16765	16765	0	
1987	8776		9219	325						18320	18320	0	
1988	10250		9645	468				2		20365	20365	0	
1989	7875		9542	345						17762	17762	0	
1990	7346		8280	379				12		16018	16018	0	
1991	7365		7971	397				12		15746	15746	0	
1992	7631		7076					2		14709	14709	0	
1993	7377		5819					4	65	13265	13265	0	
1994	8985		6978					18	101	16082	16082	0	
1995	6319		6648	11				11	26	13015	13015	0	
1996	5884		5998	10		0		4	157	12053	12053	0	
1997	5389		9195	12				5	92	14693	14693	0	
1998	6674		7577	12				57	4	14369	14369	0	
1999	6223		7372					52	3	13699	13699	0	
2000	7129		8335	11				3	39	15569	15569	0	
2001	7498		7420			4		6	78	15006	15006	0	
2002	8042		4695					2	75	12814	12814	0	
2003	10748		4870	7				8	58	15694	15674	0	
2004	10877		3332	5	112	45		4	20	14405	14405	0	
2005	10954		3265	6	175	56		7	46	14622	14600	0	
2006	11323		3400		72	47		1	56	14915	14893	0	
2007	11113		3023		1	22		1	48	14227	14227	0	
2008	11479		587	27	0	12		2	30	1546	13683	12164	12
2009	11020		477		0	2	4	3	333	1396	13235	11840	12
2010	11918		411		1	3	3	2	926	1488	14754	13265	11
2011	10288		388		1	3	24	3	744	1191	12640	11450	10
2012	9131		0		2	34	15	3	727	1133	11046	9913	11
2013	9047		2		4	13	24	2	5	973	10070	9096	11
2014	9718		3	2	3	7	10	5	53	1168	10969	9794	12
2015	10675		1	32	5	19	20	1	0	1230	11983	9966	20
2016	10878		0	7	4	17	17	6	1	1369	12300		100
2017	8345			35	4	11	4	3	0	1988	10390		100
2018	6934		0	29	2	17	12	1	0	1682	8677		100

Table 4. CAA matrix (slicing inverse-VB) including estimated dead discards from longline fleets 2008 – 2018.

YearC	Age0	Age1	Age2	Age3	Age4	Age5	Age6	Age7	Age8	Age9P	Total
1972	-	51,509	86,268	130,348	49,500	12,958	5,729	2,487	1,260	1,555	341,614
1973	-	41,699	66,501	108,353	28,584	12,387	5,562	2,668	383	1,269	267,408
1974	-	43,590	72,073	138,475	36,981	9,448	4,277	1,445	86	869	307,245
1975	-	37,064	67,107	128,997	30,637	7,184	2,429	1,059	244	708	275,429
1976	-	41,634	59,662	139,719	40,179	9,723	3,061	1,239	126	831	296,174
1977	-	46,227	77,441	159,818	29,754	9,525	3,522	1,356	121	823	328,586
1978	1,719	24,673	86,245	176,070	35,184	12,545	7,005	1,472	-	882	345,794
1979	628	24,627	61,690	156,909	27,190	15,908	7,913	1,438	1,303	3,318	300,925
1980	2,924	20,169	89,397	195,373	28,570	10,680	6,868	2,906	655	2,402	359,945
1981	3,027	20,971	88,147	174,985	29,926	11,027	8,001	3,044	1,100	3,676	343,904
1982	2,867	19,773	99,263	128,176	25,696	11,586	7,806	3,223	1,017	3,240	302,647
1983	1,322	9,421	129,633	148,057	27,258	10,039	4,909	1,288	271	1,353	333,553
1984	1,690	81,081	187,342	175,704	39,561	10,556	3,618	1,224	146	182	501,102
1985	9,759	106,423	148,484	203,322	36,156	21,783	8,621	2,735	1,497	567	539,346
1986	6,796	64,711	160,481	205,961	49,264	23,653	8,661	4,649	1,347	2,618	528,142
1987	4,207	36,539	138,807	282,198	61,134	20,922	6,952	3,643	1,911	1,202	557,516
1988	8,927	171,055	102,700	281,294	88,991	28,549	9,014	3,729	683	555	695,497
1989	9,368	78,094	109,714	312,367	59,356	16,691	4,759	1,556	456	353	592,715
1990	32,860	200,435	243,816	151,699	30,591	15,416	6,931	3,321	1,411	1,516	687,997
1991	36,704	163,928	201,891	123,822	49,500	20,364	9,334	3,758	2,254	1,594	613,150
1992	34,087	156,586	196,227	100,115	47,036	21,642	9,089	3,725	2,356	2,059	572,921
1993	16,023	226,215	195,220	89,263	32,695	16,825	7,502	3,880	1,510	1,953	591,086
1994	27,569	194,967	216,650	110,454	37,863	22,029	11,044	6,444	3,094	3,756	633,870
1995	19,856	270,687	160,587	80,475	27,189	15,984	8,974	4,538	2,069	2,997	593,356
1996	34,866	222,703	145,767	83,586	29,989	13,968	7,864	3,668	1,794	4,142	548,345
1997	21,846	380,181	194,916	99,174	29,730	16,706	6,280	3,041	1,650	2,358	755,883
1998	32,059	358,399	184,758	83,346	32,913	20,588	8,710	3,406	1,520	1,721	727,421
1999	9,380	182,651	253,000	96,030	36,806	15,237	6,469	3,568	1,590	1,873	606,604
2000	7,605	126,155	276,137	126,774	40,408	23,912	9,385	5,609	1,953	2,108	620,047
2001	17,440	199,737	254,324	111,737	39,390	16,060	7,183	3,109	2,284	3,016	654,281
2002	10,297	195,896	182,016	89,663	34,090	16,831	7,275	3,677	1,656	1,878	543,280
2003	41,176	127,457	266,732	114,886	43,207	20,782	7,929	3,759	2,403	2,749	631,081
2004	53,052	236,338	172,035	88,188	38,879	21,348	8,795	4,744	2,288	3,330	628,998
2005	55,039	149,628	138,038	61,807	41,989	28,867	14,358	8,527	4,213	6,419	508,884
2006	12,977	141,859	197,874	80,525	36,123	22,535	11,945	7,310	3,836	6,004	520,987
2007	37,991	247,354	156,130	90,733	38,425	19,147	8,131	3,840	2,447	2,881	607,077
2008	18,210	301,699	226,448	79,708	30,624	13,863	4,668	2,067	1,159	2,729	681,174
2009	5,421	237,967	224,836	76,306	38,262	19,260	6,210	2,234	1,479	1,751	613,726
2010	40,492	260,375	161,346	90,334	51,109	22,785	8,828	3,917	2,422	2,122	643,729
2011	95,943	218,815	180,005	79,528	39,618	14,373	8,628	3,484	1,369	3,680	645,443
2012	8,635	194,975	134,349	55,873	28,915	15,079	8,387	5,591	2,510	2,454	456,768
2013	3,350	141,875	148,570	63,827	27,361	12,760	6,969	3,555	1,823	2,002	412,092
2014	5,099	95,734	174,082	81,789	32,448	14,888	6,994	2,370	616	2,841	416,862
2015	6,781	186,173	158,819	77,867	29,773	12,709	7,076	3,858	1,841	3,986	488,884
2016	3,325	215,089	163,137	73,755	36,053	18,328	7,314	2,265	1,330	2,837	523,431
2017	3,312	129,145	139,012	45,855	32,518	20,510	9,326	4,358	1,956	1,167	387,158
2018	4,596	115,848	121,877	43,659	27,474	14,710	5,307	2,620	1,462	1,492	339,046

Table 5. CAA matrix (mixture distribution) including estimated dead discards from the longline fleets 2008- 2018.

Year	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6 Plus	Total
1972	1	62,589	116,621	106,369	33,002	13,365	9,666	341,614
1973	1	48,997	91,311	83,476	26,009	10,609	7,005	267,408
1974	1	56,271	104,795	96,560	29,882	12,071	7,665	307,245
1975	1	50,359	94,412	87,458	26,995	10,879	5,325	275,429
1976	0	54,288	100,956	93,752	29,175	11,838	6,164	296,174
1977	1	60,107	112,691	104,214	32,172	12,968	6,433	328,586
1978	878	47,471	114,688	122,526	41,126	19,104	0	345,794
1979	0	53,728	100,796	94,460	28,975	11,746	11,220	300,925
1980	2,026	44,618	118,122	136,674	40,391	18,113	0	359,945
1981	857	30,201	109,296	141,301	42,500	19,749	0	343,904
1982	776	22,008	101,744	118,510	39,628	19,980	0	302,647
1983	678	25,960	114,673	133,611	40,113	18,518	0	333,553
1984	0	95,976	174,096	159,703	50,338	20,852	137	501,102
1985	3,711	100,498	185,390	170,234	55,417	24,096	1	539,346
1986	2,070	80,775	178,200	178,280	60,521	28,295	0	528,142
1987	2,256	86,807	187,699	190,215	61,577	28,962	0	557,516
1988	4,447	135,166	231,918	221,616	71,925	30,426	0	695,497
1989	5,888	109,881	200,117	191,426	60,389	25,013	0	592,715
1990	10,033	136,060	239,899	210,755	65,164	26,077	9	687,997
1991	8,529	119,930	213,274	187,465	59,523	24,424	5	613,150
1992	8,021	111,762	200,132	174,183	55,773	23,050	0	572,921
1993	6,589	121,644	208,714	174,800	56,255	23,084	0	591,086
1994	4,032	121,669	231,397	186,118	62,893	27,761	0	633,870
1995	11,308	120,790	208,645	175,595	54,969	22,047	1	593,356
1996	13	134,877	187,226	151,117	51,335	23,778	0	548,345
1997	3,740	159,523	269,634	222,874	70,993	29,118	1	755,883
1998	14,551	150,363	251,491	216,716	67,415	26,885	1	727,421
1999	3,803	122,369	218,077	181,574	57,740	23,040	2	606,604
2000	0	112,254	240,360	174,117	66,490	26,773	54	620,047
2001	1,896	129,580	239,672	193,452	62,951	26,730	0	654,281
2002	0	109,194	193,543	162,843	53,239	22,715	1,745	543,280
2003	15,107	121,985	219,163	191,461	59,514	23,850	0	631,081
2004	18,431	127,851	214,889	186,521	58,077	23,227	1	628,998
2005	57,643	59,154	187,918	83,771	71,674	48,725	0	508,884
2006	2,006	72,838	209,269	146,896	59,327	30,651	0	520,987
2007	15,370	120,797	209,288	182,444	56,602	22,577	0	607,077
2008	8,988	158,225	394,418	45,192	73,713	2	636	681,174
2009	14	153,431	287,750	82,711	89,195	0	625	613,726
2010	715	141,169	220,860	190,296	63,504	27,185	1	643,729
2011	48,823	250,184	180,587	90,042	52,175	23,633	0	645,443
2012	2,223	97,461	164,453	125,879	45,420	21,332	1	456,768
2013	162	80,799	153,481	114,196	42,481	20,972	1	412,092
2014	6	69,814	162,575	119,991	44,876	19,601	0	416,862
2015	0	84,659	277,608	52,682	59,456	13,604	876	488,884
2016	0	105,987	184,704	155,784	49,946	20,197	6,814	523,431
2017	374	69,451	144,391	110,631	42,255	20,056	1	387,158
2018	3,716	60,439	126,388	97,731	35,161	15,610	0	339,046

Table 6. Relative abundance indices available for the 2020 Mediterranean swordfish stock assessment.

Period	1987-2018	1987-2018	2010-2019	2010-2019	2012-2018	1988-2018	1988-2018	1999-2011	1991-2009	1990-2009	1991-2009
SCRS paper	SCRS/2020/021	SCRS/2020/021	SCRS/2020/027	SCRS/2020/027	SCRS/2020/026	SCRS/2020/043	SCRS/2020/043	SCRS/2010/083	SCRS/2014/105	SCRS/2010/085	SCRS/2014/112
Country/Location	Greece	Greece	Liguria	Liguria	Morocco	Spain	Spain	Morocco	Sicily	Sicily	Ligurian Sea
Gear	Longline	Longline	Longline (meso)	Longline (meso)	Longline	Longline	Longline	Gillnet	Longline	Gillnet	Longline
Unit	weight	number	weight	number	weight	number	weight	weight	weight	weight	No
Used in 2016 XSA	Yes	No	No	No	Yes	No	No	No	No	No	No
Use in 2020 SA	Use				Use	Use		No	No	No	Sensitivity only
Year	GRC_LL	GRC_LL	LIG_LL	LIG_LL	MOR_LL	SPN_LL	SPN_LL	MOR_GN	SIC_LL	SIC_GN	LIG_LL
1987	214.7	9.55									
1988	238.2	10				3.40	127.76				
1989						2.33	115.50				
1990	234.5	14.87				2.46	124.56			8.3	
1991	316.8	10.86				2.92	85.88		100.3	9.8	88.5
1992	127.4	4.01				3.05	74.20		98.5	16.9	66.1
1993	211.4	13.27				3.04	98.34			13.0	68.8
1994	298.4	10.38				3.28	120.48		99.5	9.5	90.6
1995	181.4					3.11	96.20		124.2	14.7	94.6
1996						2.73	82.06			9.3	94.3
1997						2.68	83.99		75.9	14.0	101.1
1998	250.2	5.66				2.89	93.77		127.6	10.1	144.9
1999	172.7	5.87				2.67	87.30	58.3	151.5	12.7	101.9
2000	125.9	4.69				2.47	122.76	66.7	93.3	14.9	134.7
2001	130.6	4.95				2.75	86.68	43.1	144.0	13.1	181.6
2002	107.3	4.41				3.37	128.38	56.0	204.8		140.3
2003	128.6	3.88				2.90	81.83	48.2	82.2		152.3
2004	125.6	8.88				2.56	61.26	58.4	111.2	15.2	98.9
2005	131.5	4.8				2.79	84.28	70.7	123.2	12.1	80.8
2006	136.5	5.8				2.89	112.69	66.2	140.6	30.7	125.0
2007	140.6	5.31				3.17	120.07	63.2	81.1		240.0
2008	134.0	5.31				3.10	152.84	69.2	87.0	3.3	208.2
2009	121.9	5.53				2.54	98.10	55.6	99.1	2.0	123.4
2010	141.4	6.51	332.03	7.95		2.64	106.68	51.9			
2011	116.3	5	239	7.17		2.77	102.68	46.5			
2012	106.5	4.94	143.5	5.29	276.9	3.07	131.75				
2013	167.9	8.69	158.52	5.03	164.0	2.82	88.38				
2014	128.4	5.72	224.52	8.01	190.5	2.85	95.17				
2015	115.7	5.82	160.05	5.14	156.8	2.85	86.05				
2016	125.5	6.32	145.51	5.62	59.0	2.86	70.79				
2017	70.7	3.7	118.75	4.19	67.9	2.79	122.10				
2018	84.3	4.65	88.53	3.38	91.4	2.57	106.27				

Table 7. Summary of the evaluation CPUE table for the Mediterranean swordfish stock assessment.

SCRS Doc No.	SCRS/2020/021	SCRS/2020/027	SCRS/2020/026	SCRS/2020/043	SCRS/2010/083	SCRS/2014/105	SCRS/2010/085
Index Name:	Greece longline	Liguria longline	Morocco longline	Spain longline Biomass	Morocco gillnet	Sicily longline	Sicily gillnet
Data Source (state if based on logbooks, observer data etc)	Observations	Observations at landings and a	Fish market statistics	Observer aboard	Fish market statistics	Observations	Observations
Do the authors indicate the percentage of total effort of the fleet the CPUE data represents?	No	No	No	Yes on catches	No	No	No
If the answer to 1 is yes, what is the percentage?				43% latest years			
Are sufficient diagnostics provided to assess model performance??	Sufficient	Sufficient	Sufficient	Sufficient	Sufficient	Sufficient	Sufficient
How does the model perform relative to the diagnostics ?	Well	Well	Well	Well	Well	Well	Well
Documented data exclusions and classifications?	NA	NA	NA	Yes	NA	NA	NA
Data exclusions appropriate?	NA	NA	NA	Yes	NA	NA	NA
Data classifications appropriate?	NA	NA	NA	Yes	NA	NA	NA
Geographical Area	East Med	Ligurian Sea	St. Gibraltar, West Med	Western Med	Strait of Gibraltar, West Med	Central Med	Central Med
Data resolution level	trip	trip	trip	trip	trip	trip	trip
Ranking of Catch of fleet in TINC database (use data catalogue)	1-5	NA	6-10	1-5	1-5	NA	NA
Length of Time Series	longer than 20 years	6-10 years	6-10 years	longer than 20 years	11-20 years	11-20 years	11-20 years
Are other indices available for the same time period?	Few	Few	Few	Few	Few	Few	Few
Are other indices available for the same geographic range?	None	None	Few	Few	Few	None	None
Does the index standardization account for Known factors that influence catchability/selectivity? (eg. Type of hook, bait type, depth etc.)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Estimated annual CV of the CPUE series	Medium	Medium	Low	Low	Low	Medium	Medium
Annual variation in the estimated CPUE exceeds biological plausibility	Unlikely	Unlikely	Unlikely	Unlikely	Unlikely	Unlikely	Unlikely
Is data adequate for standardization purposes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Is this standardised CPUE time series continuous?	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No
For fisheries independent surveys: what is the survey type?							
For 19: Is the survey design clearly described?							
Other Comments	Index both Numbers and Biomass Localised (< 10 x 10 degrees)	Index in Numbers and biomass. Recommend to use Biomass index	Localised (< 10 x 10 degrees)	Index both Numbers and biomass Recommend use Biomass index	Localised (< 10 x 10 degrees)	Localised (< 10 x 10 degrees)	Localised (< 10 x 10 degrees)

Table 8. XSA control settings for Continuity run and Candidate runs for the Mediterranean swordfish.

Parameters	Continuity run	Candidate runs
shk.n	TRUE	TRUE
shk.yrs	10	10
rage	1	1
maxit	100	100
shk.f	TRUE	TRUE
shk.ages	2	4
fse	0.5	0.5
min.nse	0.3	0.3
qage	6	6
window	100	100
tsrange	10	20
tspower	1	1
vpa	TRUE	TRUE
F range:minbar	2	2
maxfbar	4	4

Table 9. Parameter settings applied to a4a for the Mediterranean swordfish.

Parameters	Settings
the initial age structure N1	a smoother ($N : \sim s(\text{age}, k = 3)$)
the recruitment R	a smoother ($R : \sim s(\text{year}, k = 15)$)
separable F model	with age and year effect modeled using splines ($\sim s(\text{year}, k = 17) + s(\text{age}, k = 3)$)
the catchability of the surveys q	a constant model (~ 1) was assumed for the Greek, Spanish and Sicilian longline indices, while a smoothing effect on the year was assumed for Moroccan and Ligurian longlines, due to the trend in the residuals.

Table 10. Results for r prior distributions and median shape parameter with corresponding B_{MSY}/K values generated an Age-Structured Equilibrium Model (ASEM) with a Beverton-Holt Stock-Recruitment relationship using Monte-Carlo simulations.

Parameter	Scenario			
	Reference	M Constant	M Lorenzen	Joint
r	0.49	0.186	0.176	0.181
sd of $\log(r)$	0.47	0.198	0.207	0.204
B_{MSY}/K	0.5	0.38	0.38	0.38
shape m	2	1.06	1.08	1.07

Table 11. Summary of posterior quantiles presented in the form of marginal posterior medians and associated with the 95% credibility intervals of parameters for the Bayesian state-space surplus production models for Mediterranean swordfish.

Estimates	Reference model			ASEM model		
	Median	2.50%	97.50%	Median	2.50%	97.50%
K	135017	79495	259387	194523	139243	290538
r	0.414	0.219	0.748	0.188	0.129	0.268
$\bar{\psi}$ (ψ)	0.996	0.821	1.204	0.994	0.820	1.200
σ_{proc}	0.094	0.045	0.163	0.084	0.038	0.150
F_{MSY}	0.207	0.11	0.374	0.176	0.121	0.251
B_{MSY}	67509	39748	129693	73928	52919	110417
MSY	13811	11275	21476	12931	10709	17468
B_{1950}/K	0.991	0.755	1.265	0.989	0.758	1.25
B_{2018}/K	0.329	0.186	0.597	0.296	0.155	0.51
B_{2018}/B_{MSY}	0.65	0.376	1.33	0.777	0.404	1.41
F_{2018}/F_{MSY}	0.99	0.312	1.686	0.880	0.373	1.679

Table 12. Summary Mohn's rho statistic computed for a retrospective evaluation period of five years. The larger the threshold the stronger the retrospective bias.

Scenario	Stock Quantity					
	B	F	B/B_{MSY}	F/F_{MSY}	B/K	MSY
Reference	0.061	-0.057	0.158	-0.173	0.158	0.045
ASEM	0.086	-0.078	0.101	-0.132	0.101	0.042

Table 13. Estimates of biomass, fishing mortality, biomass relative to B_{MSY} , and fishing mortality relative to F_{MSY} between 1950 and 2018 in the form of joint MCMC posteriors of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models) for Mediterranean Swordfish with 95% credibility intervals.

Year	Biomass			Fishing mortality			B/ B_{MSY}			F/ F_{MSY}		
	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI
1950	166334	79573	286551	0.004	0.002	0.007	2.271	1.581	3.185	0.019	0.013	0.028
1951	164594	79509	285516	0.004	0.002	0.007	2.228	1.586	3.165	0.019	0.013	0.028
1952	163633	79219	283719	0.002	0.001	0.004	2.217	1.573	3.151	0.011	0.008	0.016
1953	163179	79329	283636	0.003	0.002	0.006	2.208	1.578	3.135	0.017	0.011	0.024
1954	162847	79952	282616	0.003	0.002	0.006	2.199	1.569	3.135	0.015	0.010	0.022
1955	162326	79948	283488	0.002	0.001	0.004	2.195	1.564	3.138	0.011	0.008	0.017
1956	162337	79673	281358	0.002	0.001	0.005	2.199	1.557	3.135	0.013	0.009	0.019
1957	161879	79847	280619	0.004	0.002	0.008	2.193	1.567	3.131	0.022	0.015	0.032
1958	161739	79766	278276	0.006	0.003	0.011	2.188	1.561	3.118	0.031	0.021	0.045
1959	161463	79369	278628	0.004	0.002	0.008	2.180	1.551	3.102	0.020	0.014	0.030
1960	161406	79398	278104	0.003	0.002	0.006	2.182	1.549	3.112	0.018	0.012	0.026
1961	161173	79502	277125	0.004	0.002	0.008	2.181	1.552	3.106	0.021	0.014	0.031
1962	161469	79224	277061	0.004	0.003	0.009	2.179	1.548	3.118	0.024	0.016	0.035
1963	161350	79104	275819	0.004	0.003	0.009	2.177	1.546	3.104	0.025	0.016	0.036
1964	161295	79118	273488	0.005	0.003	0.010	2.177	1.550	3.116	0.027	0.018	0.040
1965	161066	79351	274834	0.011	0.006	0.022	2.175	1.554	3.110	0.060	0.040	0.088
1966	159640	78183	273633	0.011	0.006	0.022	2.154	1.538	3.091	0.060	0.040	0.088
1967	158869	77861	271862	0.008	0.005	0.017	2.143	1.524	3.080	0.045	0.030	0.067
1968	158665	77567	271166	0.022	0.013	0.044	2.148	1.523	3.060	0.119	0.080	0.175
1969	156275	76452	268793	0.024	0.014	0.049	2.114	1.502	3.038	0.130	0.087	0.191
1970	154805	75384	267637	0.022	0.012	0.044	2.091	1.480	3.032	0.118	0.078	0.174
1971	154066	74867	266397	0.032	0.019	0.066	2.082	1.473	3.012	0.177	0.117	0.260
1972	151665	73390	263596	0.074	0.042	0.152	2.050	1.450	2.976	0.403	0.266	0.595
1973	143866	67157	254272	0.061	0.034	0.130	1.939	1.345	2.862	0.334	0.216	0.497
1974	140688	65924	250399	0.069	0.039	0.147	1.901	1.310	2.810	0.381	0.243	0.569
1975	136419	64412	244661	0.062	0.035	0.132	1.850	1.271	2.752	0.343	0.217	0.516
1976	134562	64248	243216	0.071	0.039	0.149	1.836	1.254	2.730	0.388	0.245	0.585
1977	132439	63700	239539	0.076	0.042	0.158	1.803	1.235	2.692	0.415	0.260	0.629
1978	129766	62606	237620	0.087	0.048	0.181	1.773	1.212	2.644	0.476	0.297	0.724
1979	126340	61332	233153	0.084	0.046	0.174	1.727	1.178	2.592	0.460	0.284	0.700
1980	124651	60256	229208	0.096	0.052	0.198	1.707	1.162	2.563	0.523	0.322	0.790
1981	121748	59556	224779	0.097	0.052	0.198	1.671	1.137	2.520	0.527	0.320	0.803
1982	119512	58454	221246	0.085	0.046	0.174	1.643	1.108	2.481	0.465	0.283	0.708
1983	119182	59525	218892	0.090	0.049	0.180	1.647	1.119	2.446	0.488	0.297	0.734
1984	118598	60695	217038	0.115	0.063	0.225	1.644	1.127	2.419	0.627	0.383	0.927
1985	114963	59123	211464	0.133	0.072	0.259	1.594	1.100	2.347	0.724	0.435	1.062
1986	110034	56682	205567	0.152	0.082	0.296	1.530	1.054	2.270	0.830	0.488	1.208
1987	104322	53667	199440	0.176	0.092	0.341	1.459	0.990	2.168	0.958	0.546	1.388
1988	98083	50778	191426	0.208	0.106	0.401	1.374	0.924	2.066	1.134	0.626	1.639
1989	90257	45160	181231	0.197	0.098	0.393	1.265	0.834	1.955	1.077	0.575	1.575
1990	87056	43657	177013	0.184	0.090	0.367	1.223	0.800	1.908	1.007	0.528	1.482
1991	82948	41330	169480	0.190	0.093	0.381	1.166	0.755	1.823	1.037	0.546	1.543
1992	76613	37407	157851	0.192	0.093	0.393	1.079	0.686	1.676	1.048	0.554	1.580
1993	79223	39283	162197	0.167	0.082	0.338	1.113	0.717	1.752	0.916	0.473	1.365
1994	82428	41658	169040	0.195	0.095	0.386	1.154	0.752	1.845	1.072	0.543	1.593
1995	75904	37559	157345	0.171	0.083	0.347	1.067	0.681	1.692	0.938	0.479	1.409
1996	73171	36084	151294	0.165	0.080	0.334	1.031	0.649	1.631	0.900	0.465	1.373
1997	73902	36924	150474	0.199	0.098	0.398	1.040	0.660	1.624	1.084	0.567	1.653
1998	74352	37475	152588	0.193	0.094	0.383	1.045	0.669	1.644	1.059	0.541	1.592
1999	71484	35912	147776	0.192	0.093	0.381	1.005	0.644	1.592	1.048	0.532	1.569
2000	69840	35525	144374	0.223	0.108	0.438	0.983	0.630	1.571	1.218	0.621	1.827
2001	65922	32955	137542	0.228	0.109	0.455	0.929	0.591	1.477	1.244	0.629	1.880
2002	64292	32010	135982	0.199	0.094	0.400	0.907	0.574	1.461	1.088	0.544	1.654
2003	63567	32101	132689	0.247	0.118	0.489	0.899	0.571	1.420	1.347	0.688	2.029
2004	61467	30675	129320	0.234	0.111	0.470	0.868	0.549	1.382	1.279	0.654	1.936
2005	63760	31906	134533	0.229	0.109	0.458	0.900	0.574	1.444	1.251	0.633	1.886
2006	67307	33970	142006	0.222	0.105	0.439	0.949	0.606	1.544	1.213	0.603	1.813
2007	69367	34803	147313	0.205	0.097	0.409	0.976	0.621	1.615	1.124	0.547	1.687
2008	70578	35110	149833	0.194	0.091	0.390	0.995	0.628	1.669	1.059	0.508	1.614
2009	69186	34298	146824	0.191	0.090	0.386	0.973	0.613	1.616	1.048	0.510	1.588
2010	70193	34956	149730	0.210	0.099	0.422	0.989	0.626	1.656	1.150	0.555	1.747
2011	66251	32151	142839	0.191	0.088	0.393	0.931	0.577	1.571	1.047	0.496	1.610
2012	64573	30669	140029	0.171	0.079	0.360	0.908	0.554	1.539	0.939	0.442	1.470
2013	63632	30508	136378	0.158	0.074	0.330	0.894	0.551	1.499	0.867	0.414	1.349
2014	62625	30445	133253	0.175	0.082	0.360	0.881	0.542	1.473	0.960	0.461	1.492
2015	58467	28354	125152	0.205	0.096	0.423	0.823	0.505	1.371	1.122	0.539	1.754
2016	54019	25725	118294	0.228	0.104	0.478	0.763	0.457	1.284	1.244	0.590	1.996
2017	51258	23105	115903	0.203	0.090	0.450	0.725	0.409	1.262	1.106	0.510	1.870
2018	50692	22101	116525	0.171	0.074	0.393	0.719	0.382	1.278	0.929	0.421	1.680

Table 14. Summary of reference points (median and 95% credibility intervals) presented in the form of joint MCMC posteriors of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models) for Mediterranean swordfish.

Estimates	Median	Lower 95%CI	Upper 95%CI
B_0	169231	85506	274312
F_{MSY}	0.186	0.116	0.344
B_{MSY}	71319	42562	113758
MSY	13325	10899	17346
B_{2018}	50692	22101	116525
F_{2018}	0.171	0.074	0.393
B_{2018}/B_0	0.312	0.168	0.557
B_{2018}/B_{MSY}	0.719	0.382	1.278
F_{2018}/F_{MSY}	0.929	0.421	1.680

Table 15. Estimated probabilities of the Mediterranean swordfish stock being above B_{MSY} (not overfished) for a range of fixed total catches of 0 – 15,000 tonnes over the projection horizon 2021-2028 based on joint projection MCMC posteriors of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models).

TAC Year	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	31	52	71	84	92	96	98	99
7000	31	41	51	59	67	73	77	81
8000	31	39	47	55	61	67	71	75
9000	31	38	44	50	56	60	64	68
10000	31	36	41	46	50	53	57	60
10250	31	36	40	45	49	52	55	58
10500	31	35	39	43	47	50	53	56
10750	31	35	39	42	45	48	51	53
11000	31	34	38	41	44	47	49	51
11250	31	34	37	40	43	45	47	49
11500	30	34	37	39	41	44	45	47
11750	31	33	36	38	40	42	43	45
12000	30	33	35	37	38	40	41	43
12250	30	32	34	35	37	38	39	40
12500	30	31	32	34	35	36	37	38
12750	29	31	32	33	33	34	35	35
13000	29	30	31	31	32	33	33	33
14000	25	25	25	25	25	25	25	24
15000	21	20	20	19	18	18	17	17

Table 16. Estimated probabilities of the Mediterranean swordfish stock being below F_{MSY} (overfishing not occurring) for a range of fixed total catches of 0 – 15,000 tonnes over the projection horizon 2021-2028 based on joint projection MCMC posteriors of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models).

TAC Year	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	100	100	100	100	100	100	100	100
7000	84	87	90	91	93	94	94	95
8000	76	80	83	85	87	88	90	91
9000	68	72	75	77	80	81	82	84
10000	58	62	65	68	70	72	73	74
10250	56	60	62	65	67	69	71	72
10500	54	57	60	62	64	66	68	69
10750	51	54	57	59	61	63	64	66
11000	49	52	55	57	59	60	61	63
11250	47	50	52	54	56	57	58	59
11500	45	47	49	51	53	54	55	56
11750	43	45	47	48	50	51	52	53
12000	41	43	44	46	47	48	49	50
12250	39	40	42	43	44	45	45	46
12500	37	38	39	40	41	42	42	43
12750	35	36	37	38	38	39	39	40
13000	33	34	35	35	36	36	36	36
14000	27	27	27	26	26	26	26	25
15000	22	21	20	20	19	18	18	17

Table 17. Estimated probabilities of the Mediterranean swordfish stock being above B_{MSY} and below F_{MSY} (green zone) for a range of fixed total catches (0 – 15,000 t) over the projection horizon 2021-2028 based on joint projection MCMC posteriors of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models).

TAC Year	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
0	31	52	71	84	92	96	98	99
7000	31	41	51	59	67	73	77	81
8000	31	39	47	55	61	67	71	75
9000	31	38	44	50	56	60	64	68
10000	31	36	41	46	50	53	57	60
10250	31	36	40	45	49	52	55	58
10500	31	35	39	43	47	50	53	56
10750	31	35	39	42	45	48	51	53
11000	31	35	38	41	44	47	49	51
11250	31	34	37	40	43	45	47	50
11500	31	34	37	39	42	44	45	47
11750	31	34	36	38	40	42	43	45
12000	31	33	35	37	39	41	42	43
12250	31	33	35	36	37	38	39	40
12500	31	32	33	35	36	37	38	38
12750	31	32	33	34	35	35	36	36
13000	31	32	33	33	33	34	34	34
14000	31	30	30	29	29	28	28	27
15000	31	29	27	26	24	23	22	21

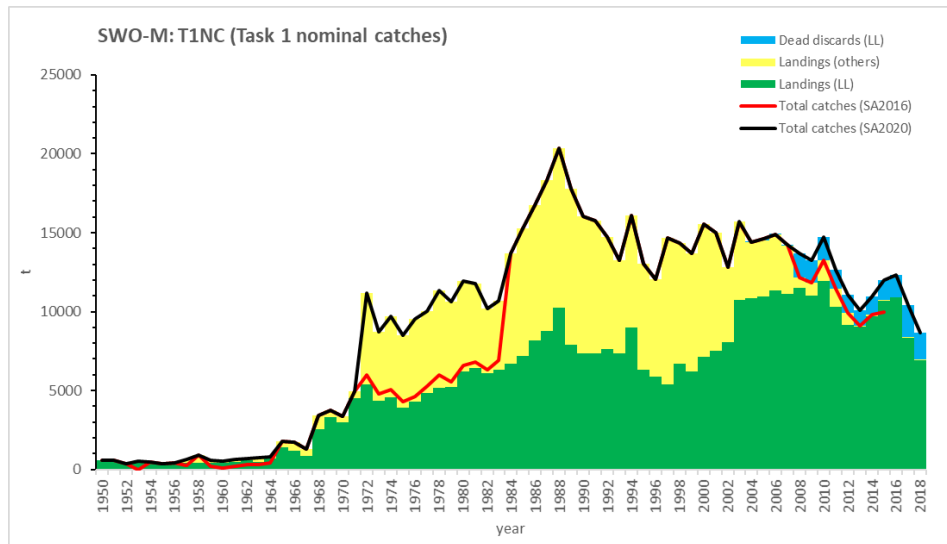


Figure 1. SWO-M total nominal catches (T1NC, t) by year, showing total landings (LL and other gears) and dead discards (reported and estimated in SCRS/2020/028). The total catches used in the 2016 stocks assessment (SA2016) is shown for comparative purposes.

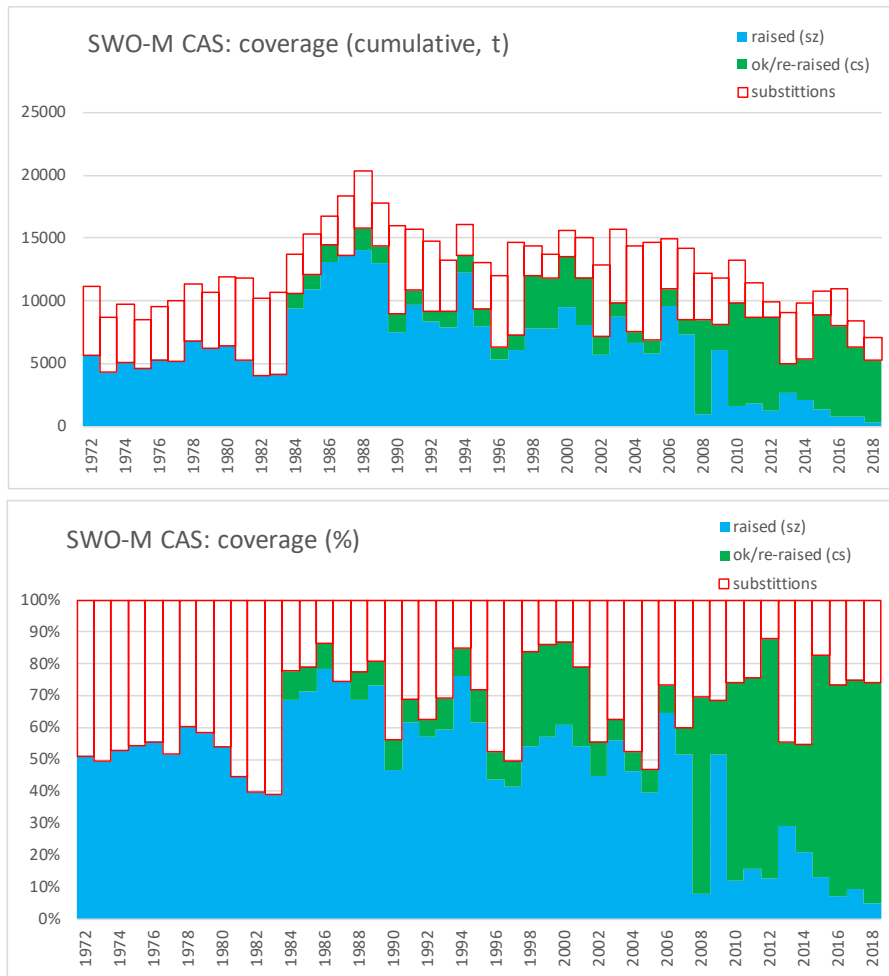


Figure 2. Task 1 nominal catches (T1NC, t) covered by size information in each year. Series in “blue” represent raised T2SZ data. Series in “green” represent T2CS (re-raised or not) data. The series in “red” indicate that no size information exists and a substitution was made. Whereas the top panel shows cumulative T1NC absolute catch series, the bottom panel shows the relative ratio.

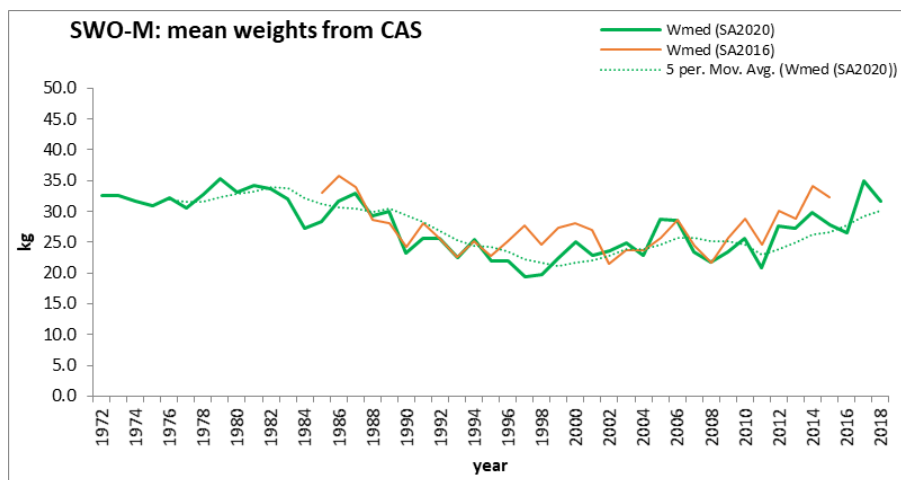


Figure 3. Weighted (flag and gear) yearly mean weights (kg) obtained from the two CAS matrices estimated and used in the 2016 and the 2020 stock assessments (respectively SA2016 and SA2020 series). The 5-year period moving average is shown only for the latest series (SA2020).

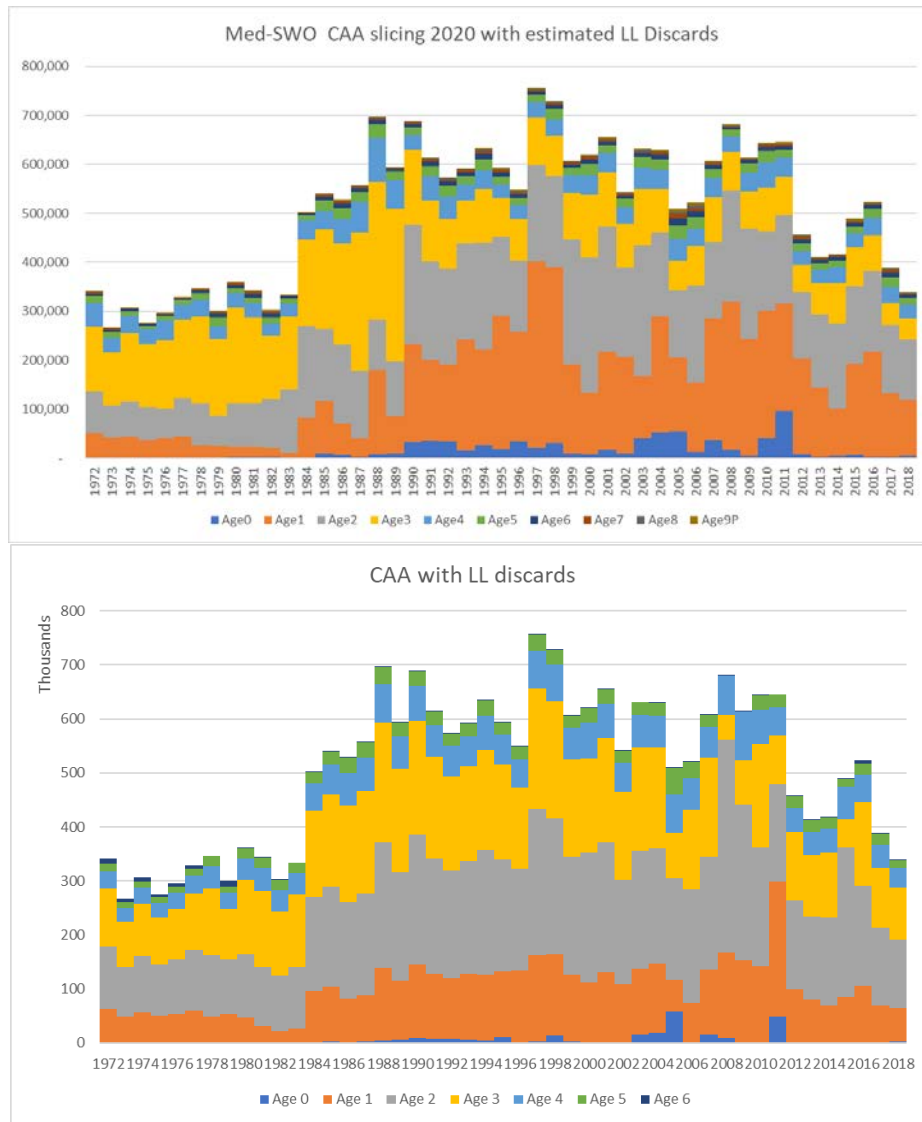


Figure 4. Relative age proportions of the two slicing approaches used (top: slicing with inverse VB; bottom: mixture distribution).

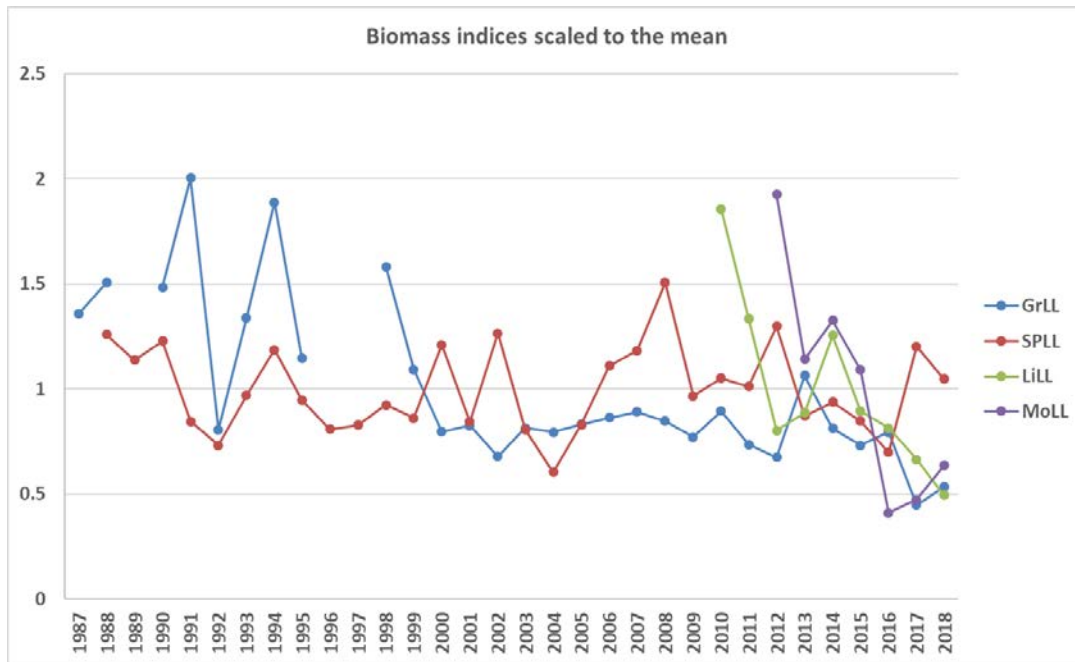


Figure 5. Indices of abundance in biomass (scaled to the mean) used for the Med-SWO stock assessment models.

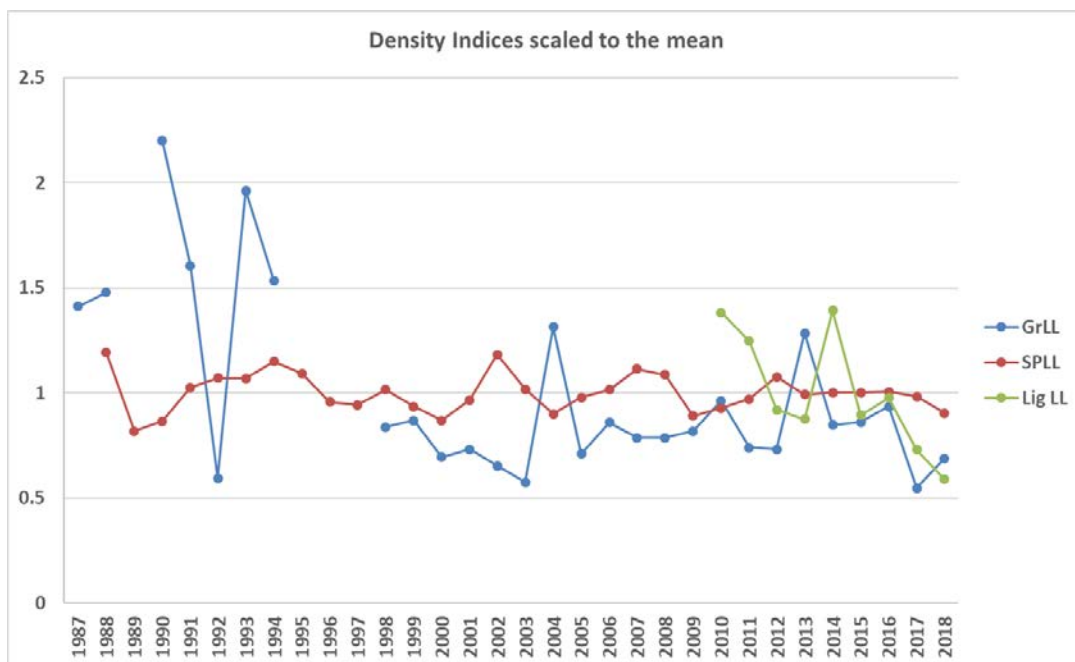


Figure 6. Indices of abundance in numbers (scaled to the mean) used for the Med-SWO stock assessment models.

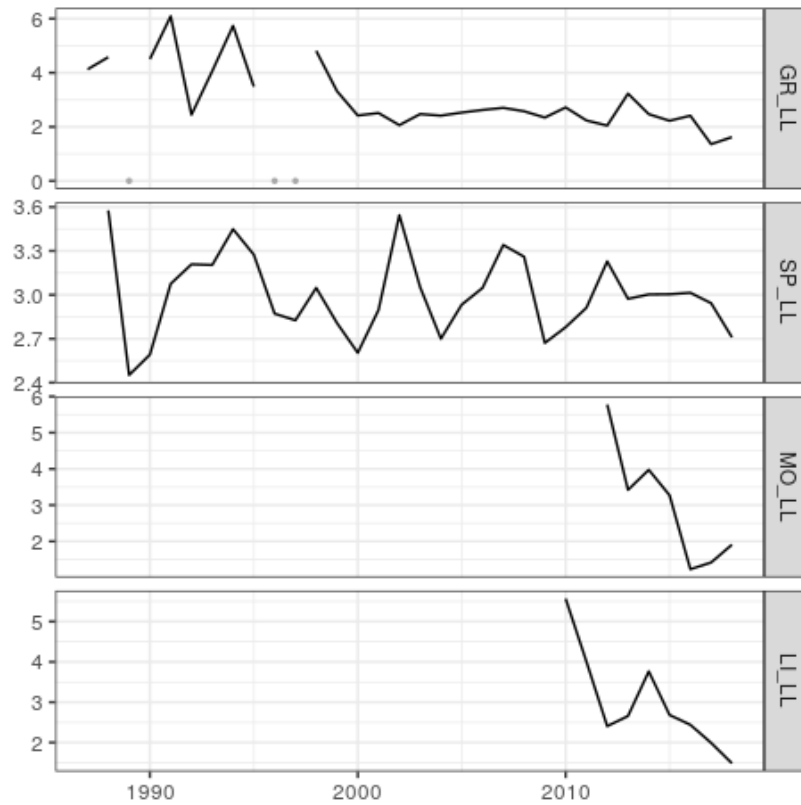


Figure 7. Time series of scaled standardized CPUE indexes by fleet: GR_LL= Greek longline, SP_LL=Spanish longline, MO_LL=Moroccan longline, LI_LL=Ligurian Longline.

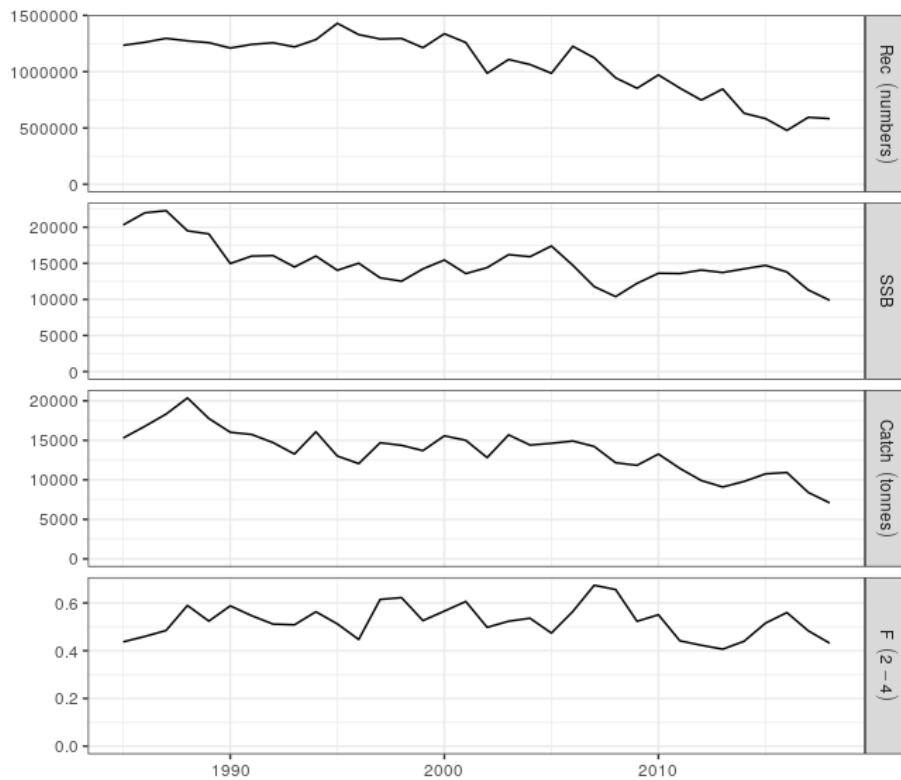


Figure 8. XSA time series estimates for the base run.

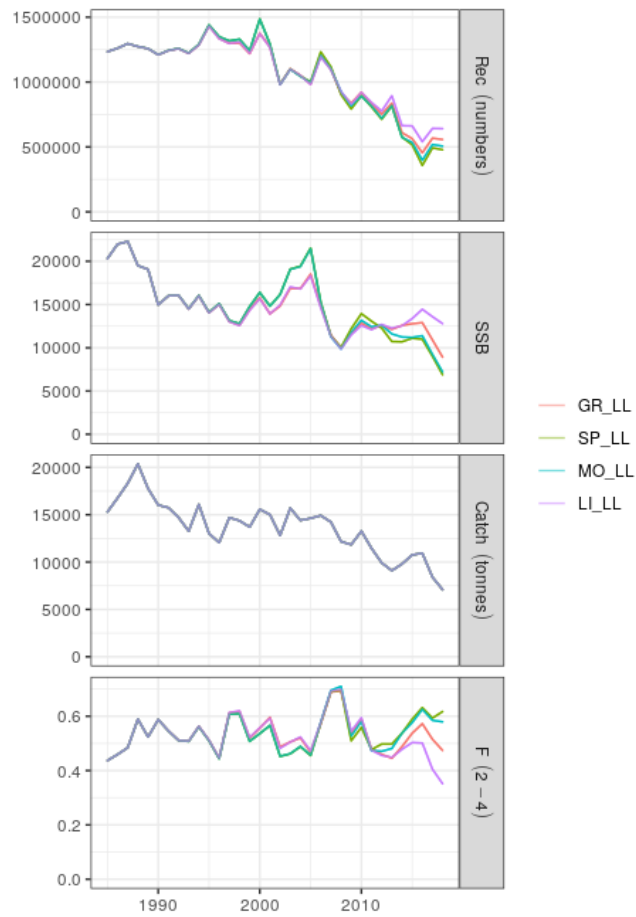


Figure 9. XSA time series estimates by CPUE, for the base run.

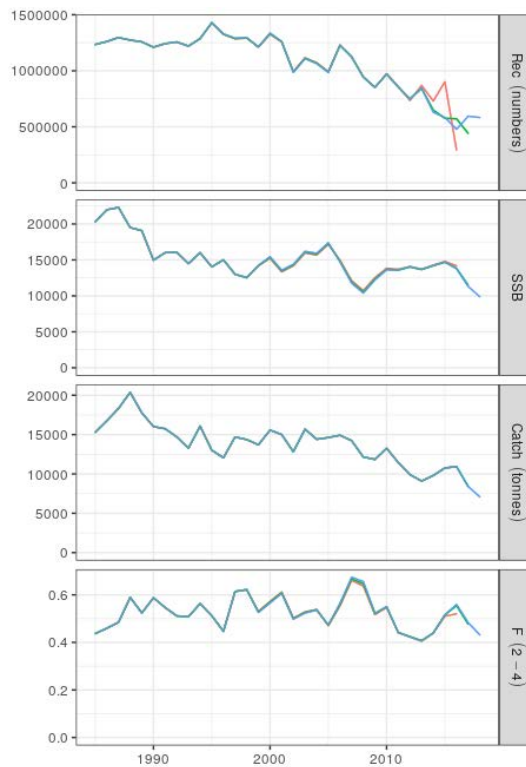


Figure 10. Retrospective plot for the XSA base run.

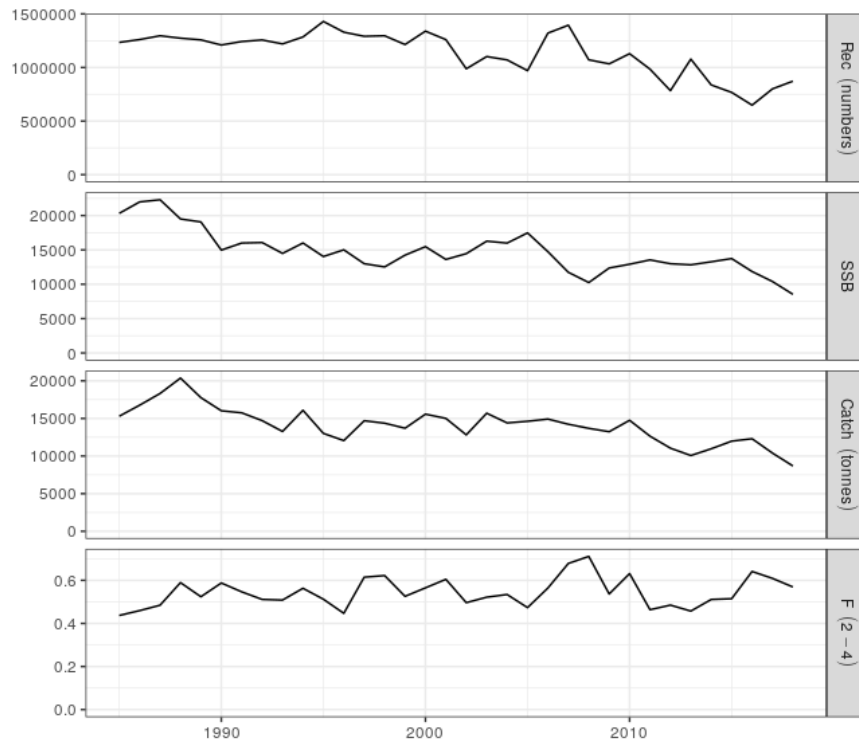


Figure 11. XSA time series estimates for the discard run.

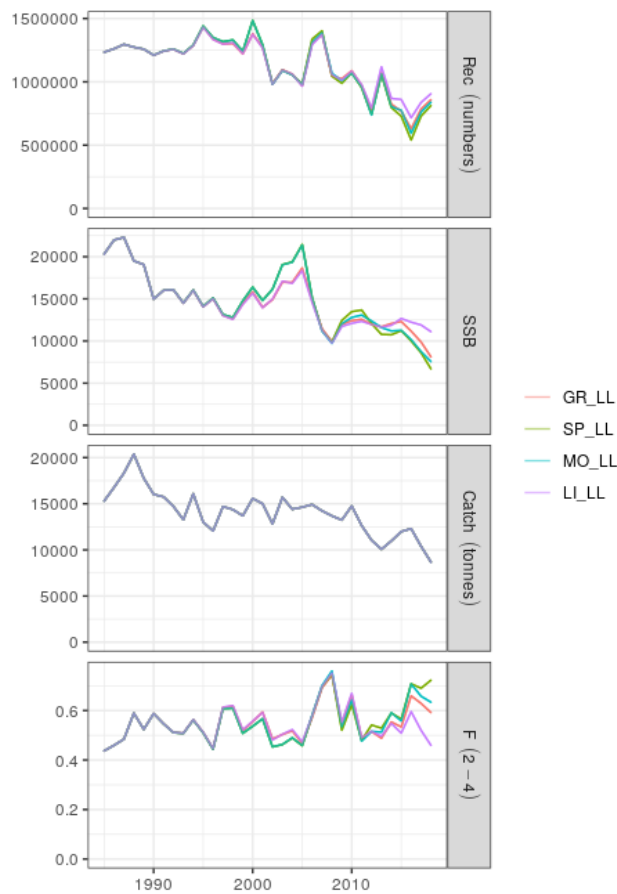


Figure 12. XSA time series estimates by CPUE for the discard run.

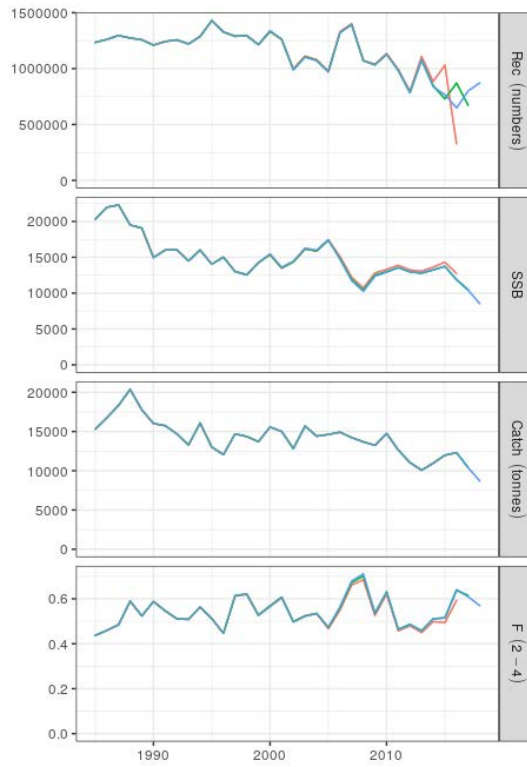


Figure 13. Retrospective plot for the XSA discard run.

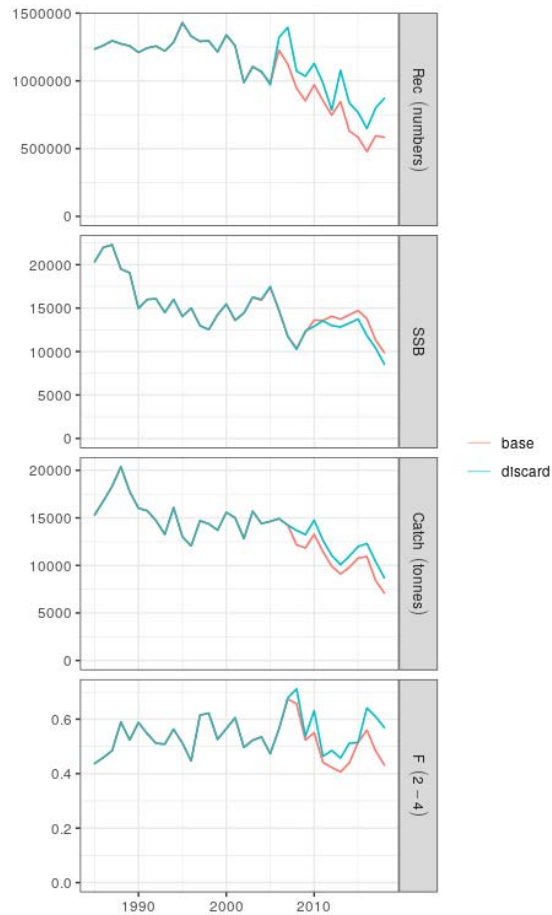


Figure 14. Comparison of estimates among base and discard XSA runs.

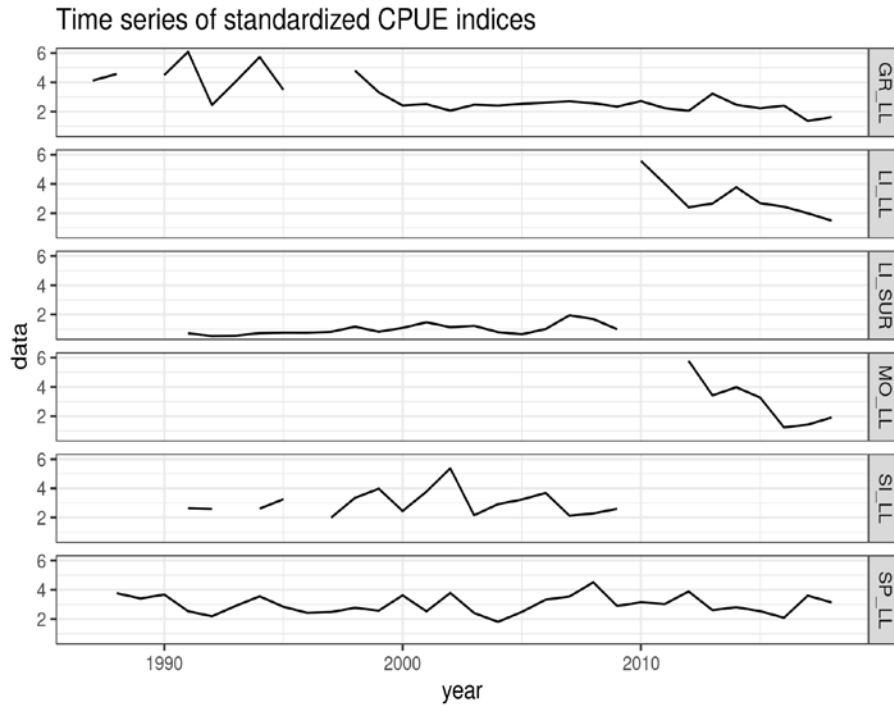


Figure 15. Time series of scaled standardized CPUE indexes by fleet: GR_LL = Greek longline, SP_LL = Spanish longline, MO_LL = Moroccan longline, LI_LL = Ligurian longline, SI_LL = Sicilian longline, LI_SUR = Ligurian surface longline.

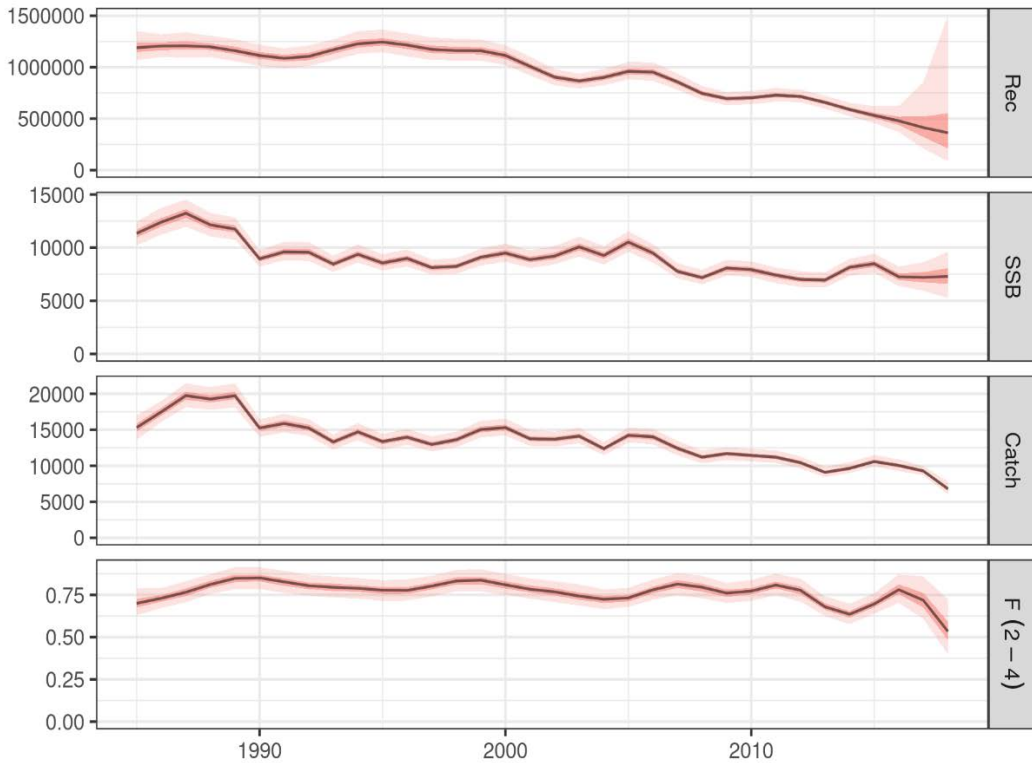


Figure 16. a4a constant M run without Discards. Summary of assessment results. Trends in recruitment, spawning stock biomass (tonnes), catch (tonnes) and fishing mortality for ages 2 – 4. 10%, 25%, 75% and 90% CIs.

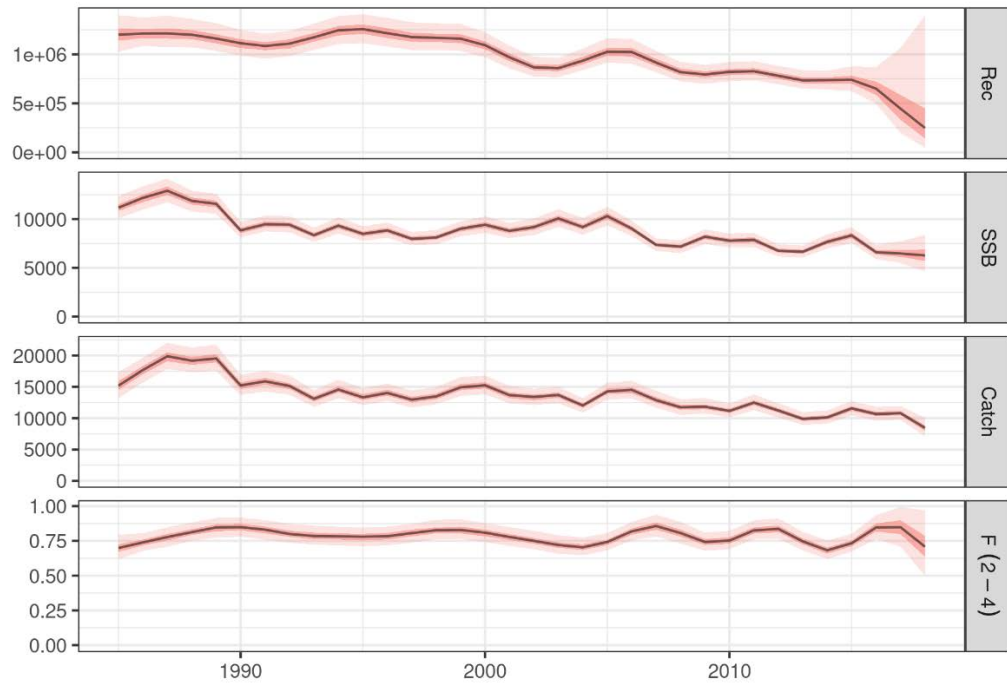


Figure 17. a4a constant M run with Discards. Summary of assessment results. Trends in recruitment, spawning stock biomass (tonnes), catch (tonnes) and fishing mortality for ages 2 – 4. 10%, 25%, 75% and 90% CIs.

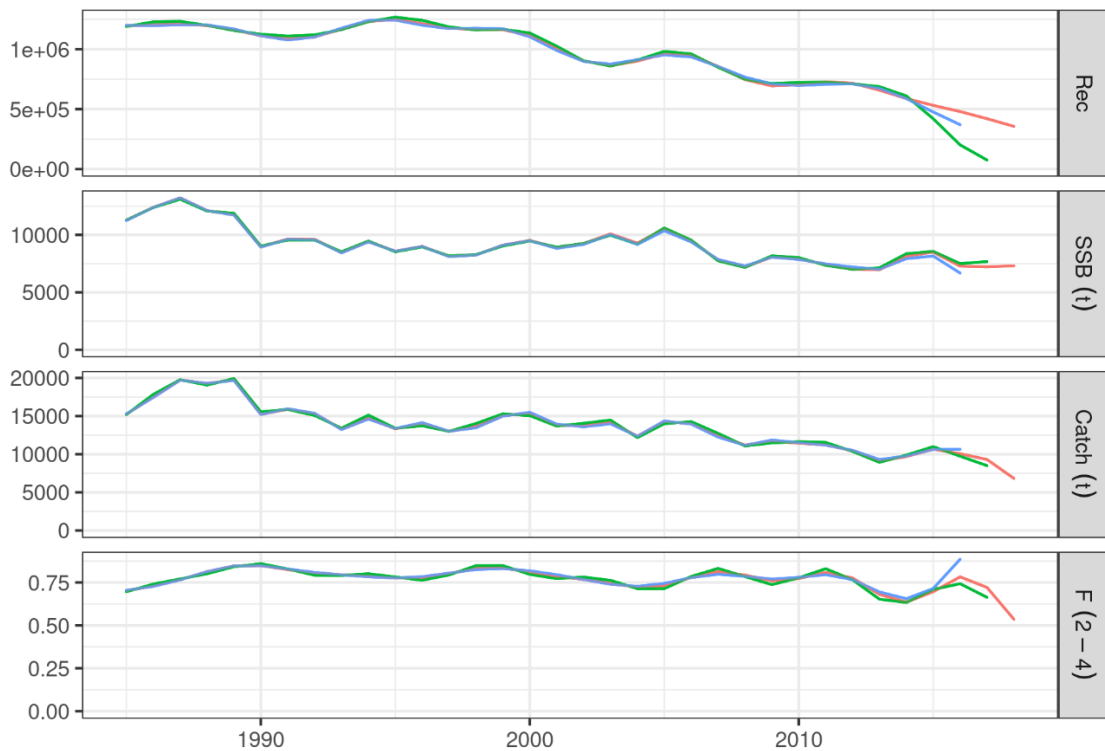


Figure 18. a4a constant M run without discards. Retrospective plot.

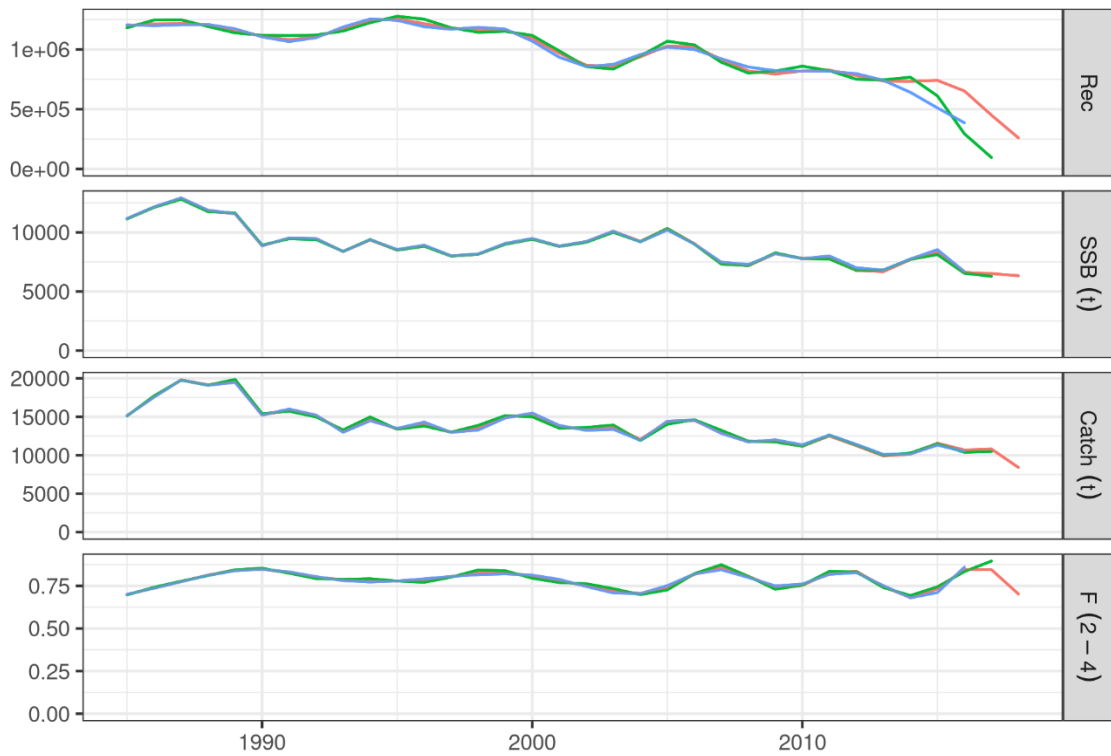


Figure 19. a4a constant M run with discards. Retrospective plot.

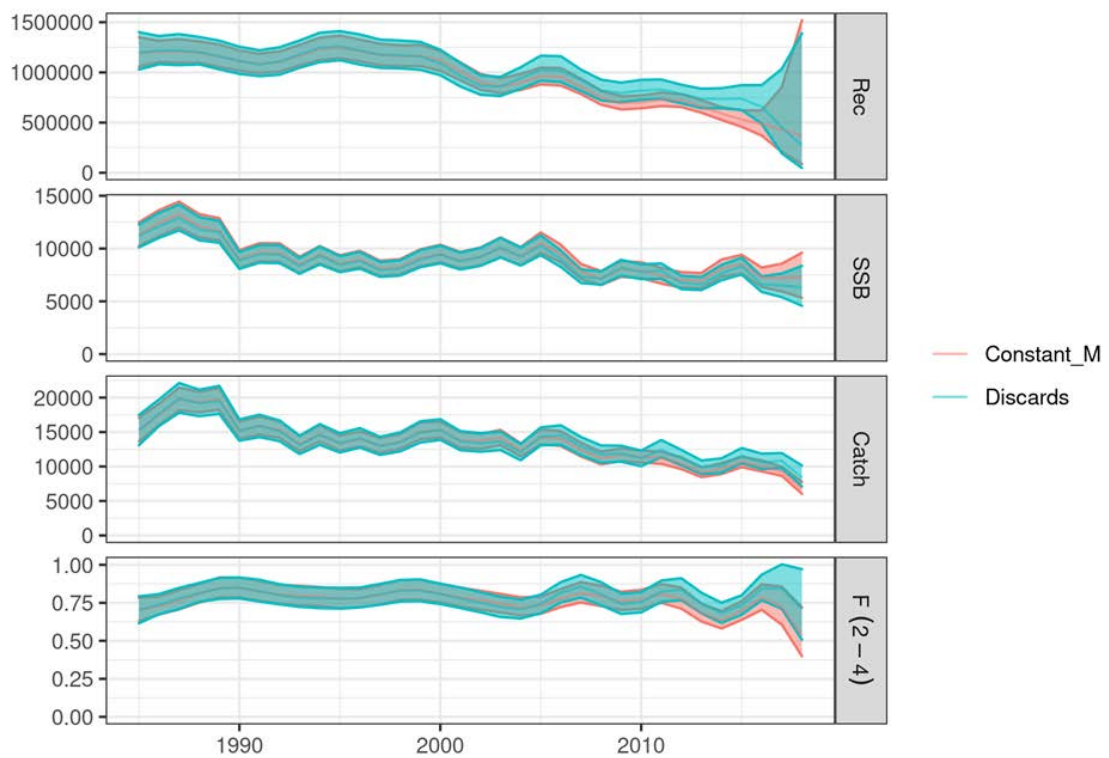


Figure 20. a4a Comparative plot between Constant M run and Discards.

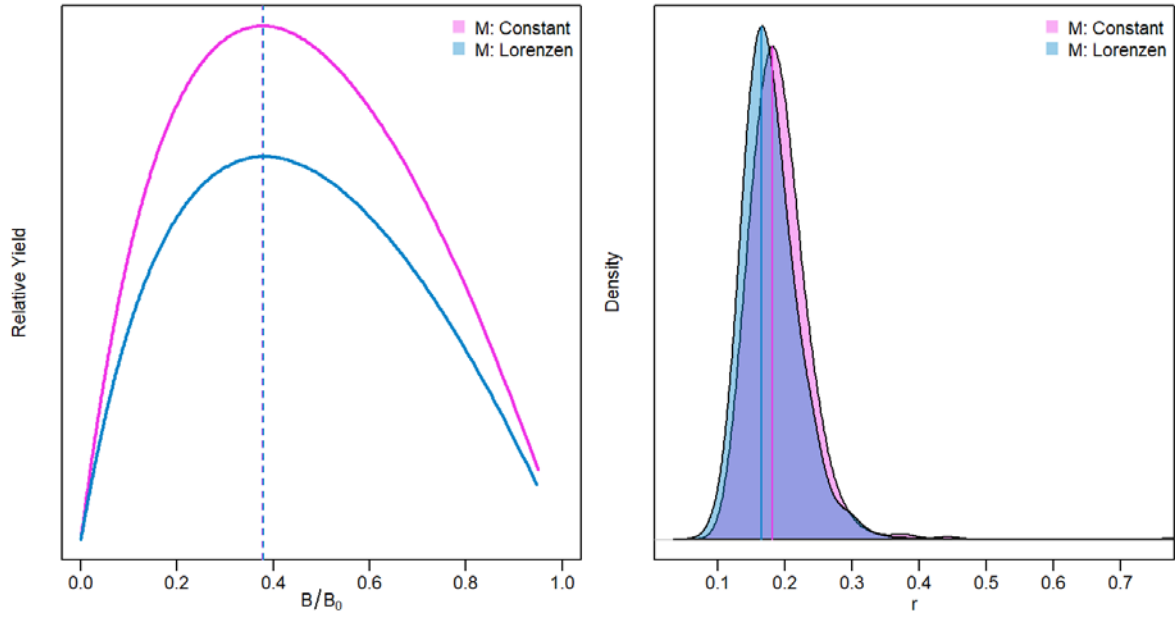


Figure 21. Results of Age-Structured Equilibrium Model (ASEM) with a Beverton-Holt Stock-Recruitment relationship using Monte-Carlo simulations. Left panel: Estimates of yield curves by M ; Right panel: Density distributions of simulated r values by M .

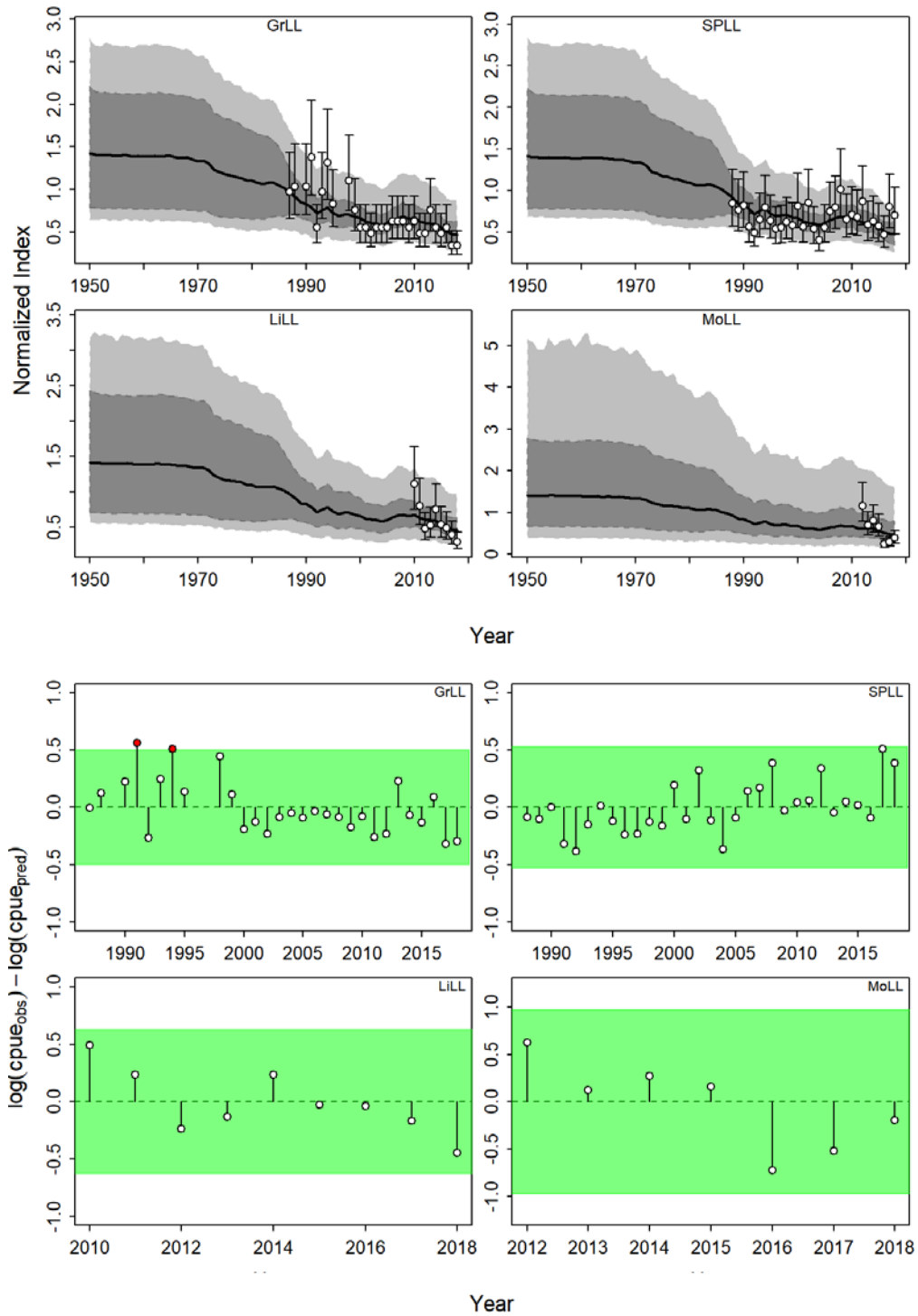


Figure 22. Time-series of observed (circle) with error 95% CIs (error bars) and predicted (solid line; upper panels) and runs tests (bottom panels) for CPUE of Mediterranean swordfish for the Bayesian state-space surplus production model JABBA for the ‘Reference’ scenario. Runs tests evaluate the randomness of the time series of CPUE residuals by fleet. Green panels indicate no evidence of lack of randomness of time-series residuals ($p > 0.05$), while red panels (not shown here) indicate the opposite. The inner shaded area shows three standard errors from the overall mean and red circles identify a specific year with residuals greater than this threshold value (3x sigma rule).

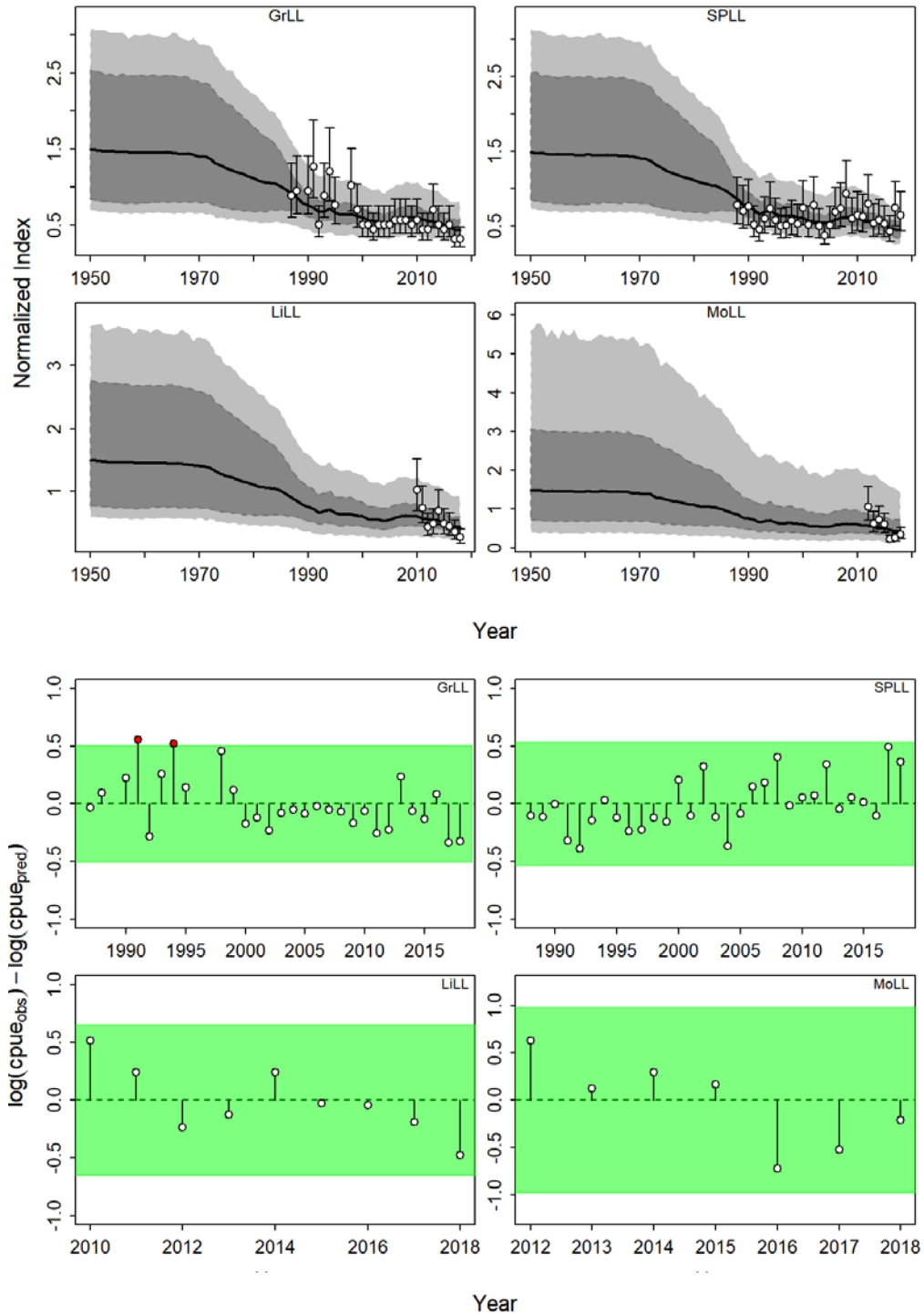


Figure 23. Time-series of observed (circle) with error 95% CIs (error bars) and predicted (solid line; upper panels) and runs tests (bottom panels) for CPUE of Mediterranean swordfish for the Bayesian state-space surplus production model JABBA for the ‘ASEM’ scenario. Runs tests evaluate the randomness of the time series of CPUE residuals by fleet. Green panels indicate no evidence of lack of randomness of time-series residuals ($p > 0.05$) while red panels (not shown here) indicate the opposite. The inner shaded area shows three standard errors from the overall mean and red circles identify a specific year with residuals greater than this threshold value (3x sigma rule).

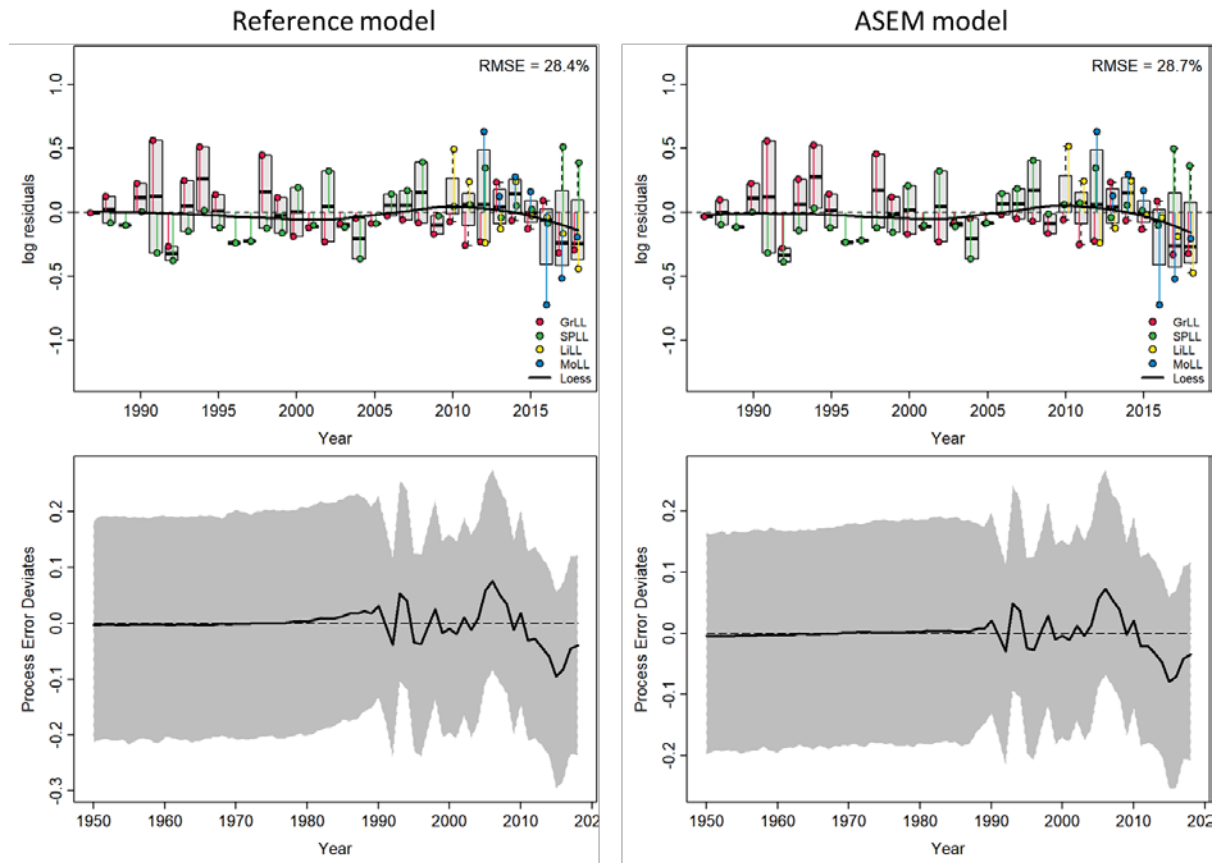


Figure 24. JABBA residual diagnostic plots for alternative sets of CPUE indices examined for each scenario (Left: Reference model; Right: ASEM model) for Mediterranean swordfish. Top panels: Boxplots indicating the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a loess smoother through all residuals. Bottom panels: Process error deviates (median: solid line) with shaded grey area indicating 95% credibility intervals.

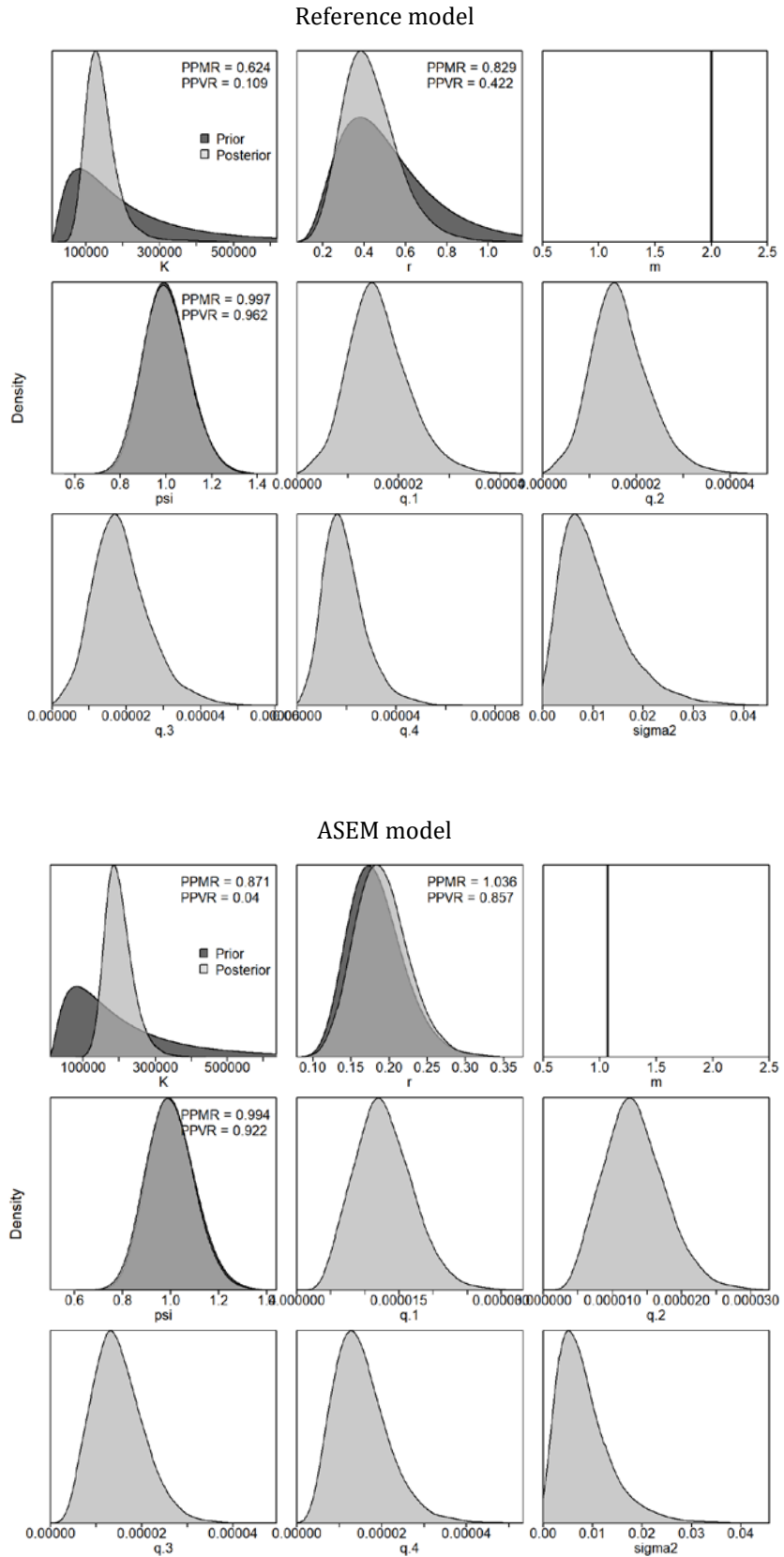


Figure 25. Prior and posterior distributions of various model and management parameters for the Bayesian state-space surplus production model for Mediterranean swordfish. PPMR: Posterior to Prior Ratio of Means; PPVR: Posterior to Prior Ratio of Variances. Upper panels: 'Reference' model and; Bottom panels: 'ASEM' model.

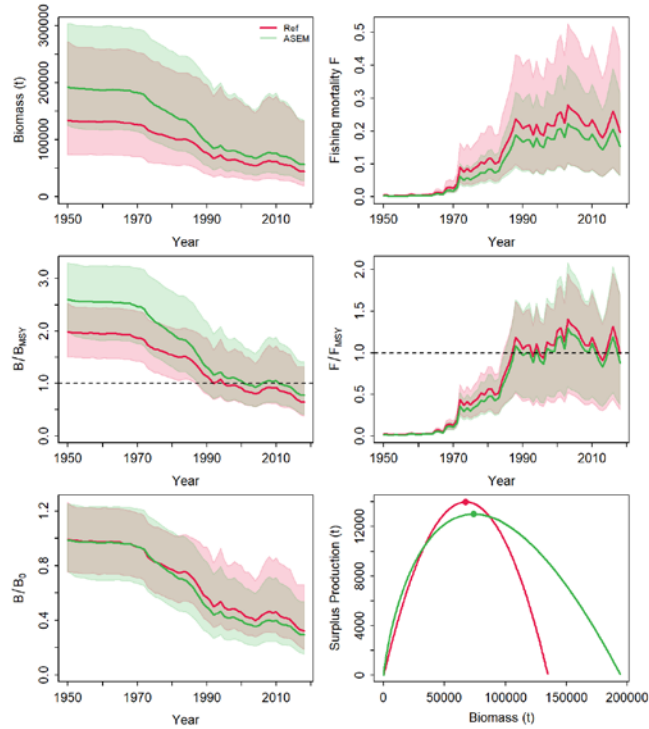


Figure 26. Trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels) for each scenario from the Bayesian state-space surplus production model fits to Mediterranean swordfish.

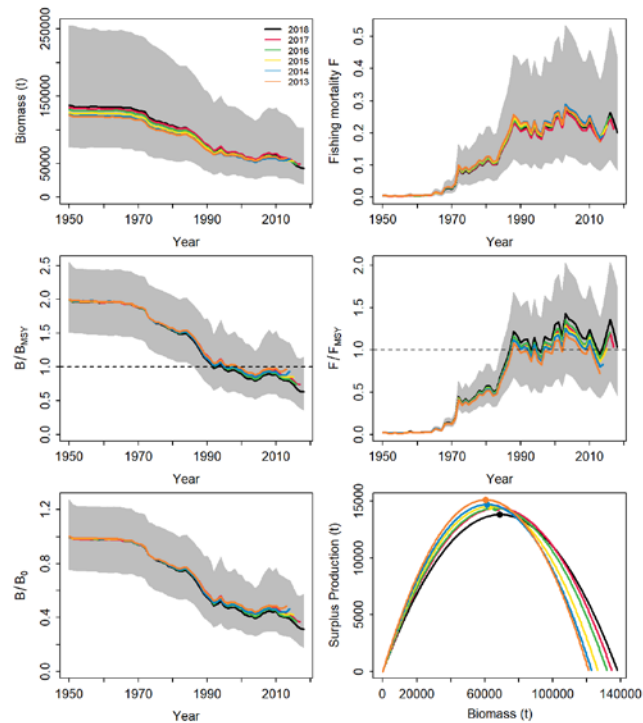


Figure 27. Retrospective analysis performed to the Reference model, by removing one year at a time sequentially (n=5) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels) for each scenario from the Bayesian state-space surplus production model fits to Mediterranean swordfish.

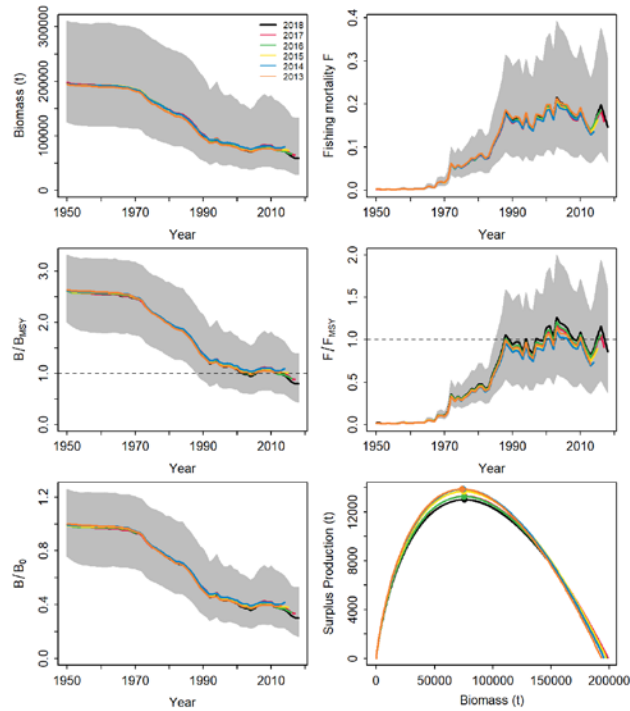


Figure 28. Retrospective analysis performed to the ASEM model, by removing one year at a time sequentially ($n=5$) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels) for each scenario from the Bayesian state-space surplus production model fits to Mediterranean swordfish.

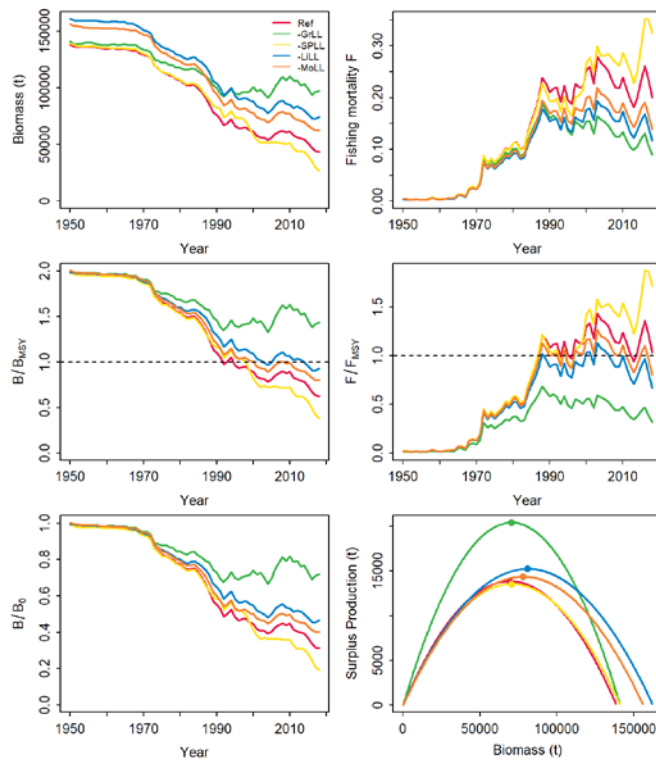


Figure 29. Jackknife index analysis performed to the Reference model, by removing one CPUE fleet at a time and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels) for each scenario from the Bayesian state-space surplus production model fits to Mediterranean swordfish.

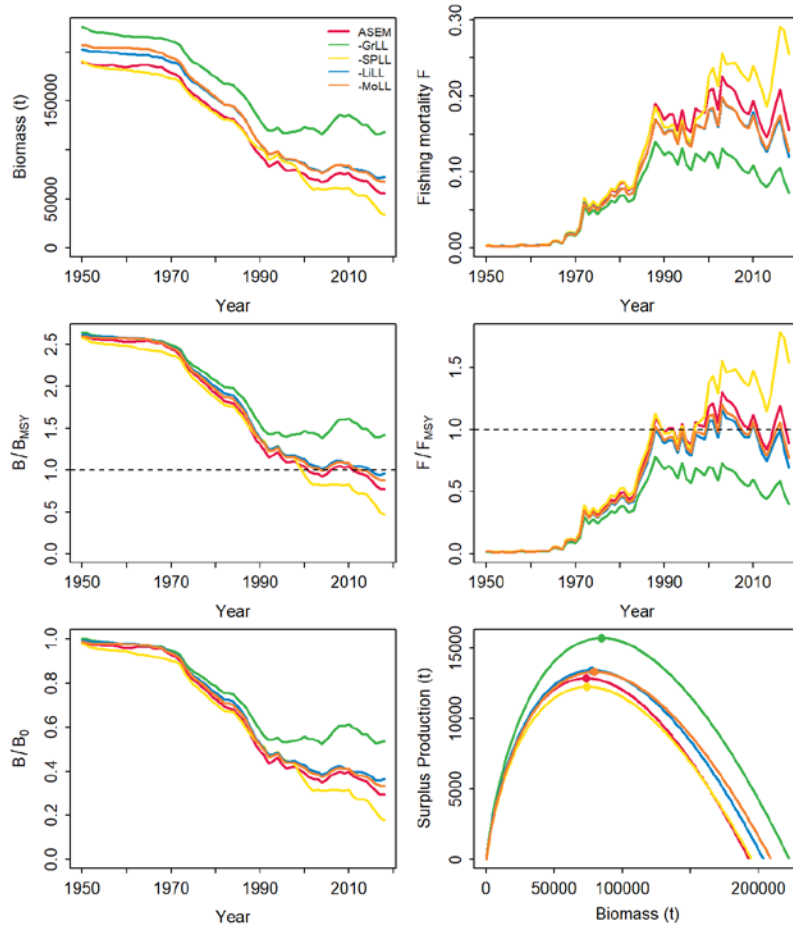


Figure 30. Jackknife index analysis performed to the ASEM model, by removing one CPUE fleet at a time and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/B_0) and surplus production curve (bottom panels) for each scenario from the Bayesian state-space surplus production model fits to Mediterranean swordfish.

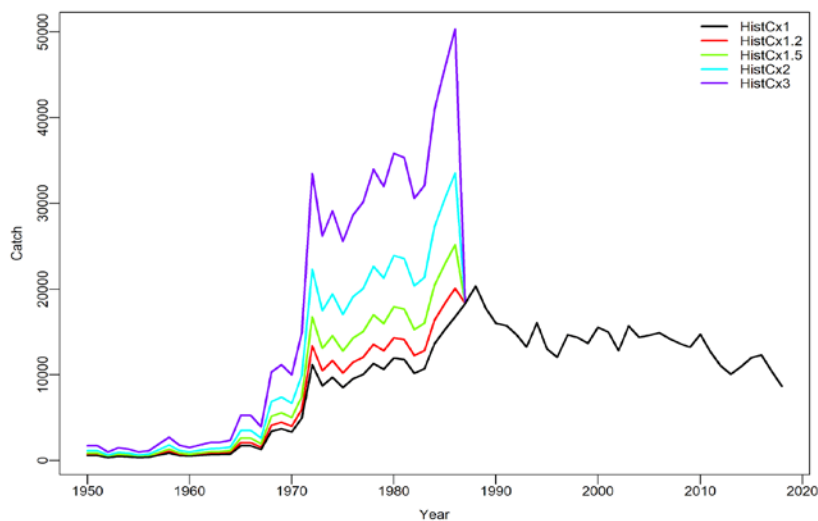


Figure 31. Alternative catch time series used in sensitivity runs to explore potential impacts of underreporting of early catches 1950-1986 by 20% (HistCx1.2), 50% (HistCx1.5), 100% (HistCx2) and 200% (HistCx3) on the JABBA assessment outputs.

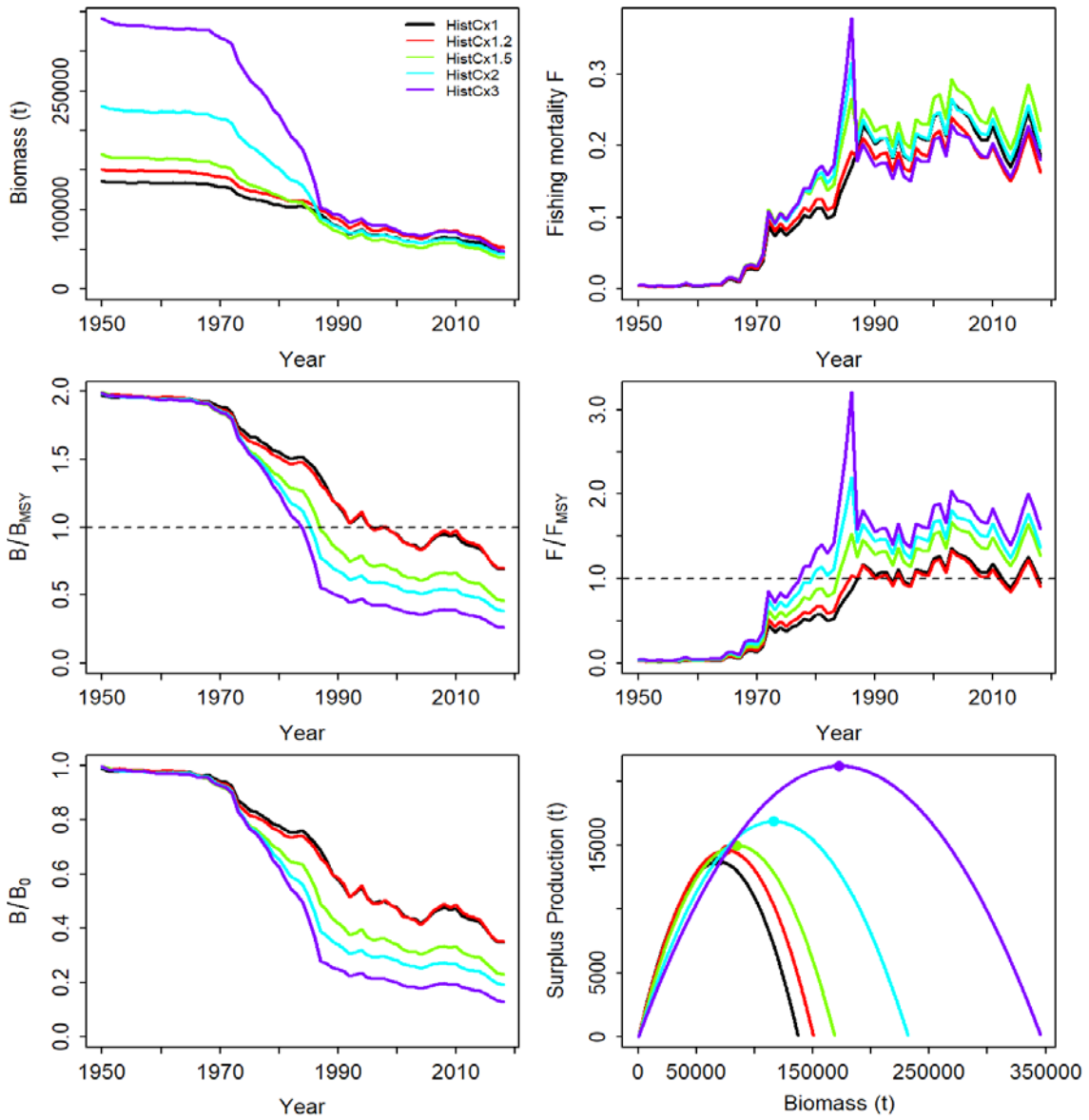


Figure 32. Sensitivity analysis performed to the Reference model for each assumption with regard to historical catches (multiplying the early catches from 1950 to 1986 by factors of 1.2, 1.5, 2 and 3) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels) for each scenario from the Bayesian state-space surplus production model fits to Mediterranean swordfish.

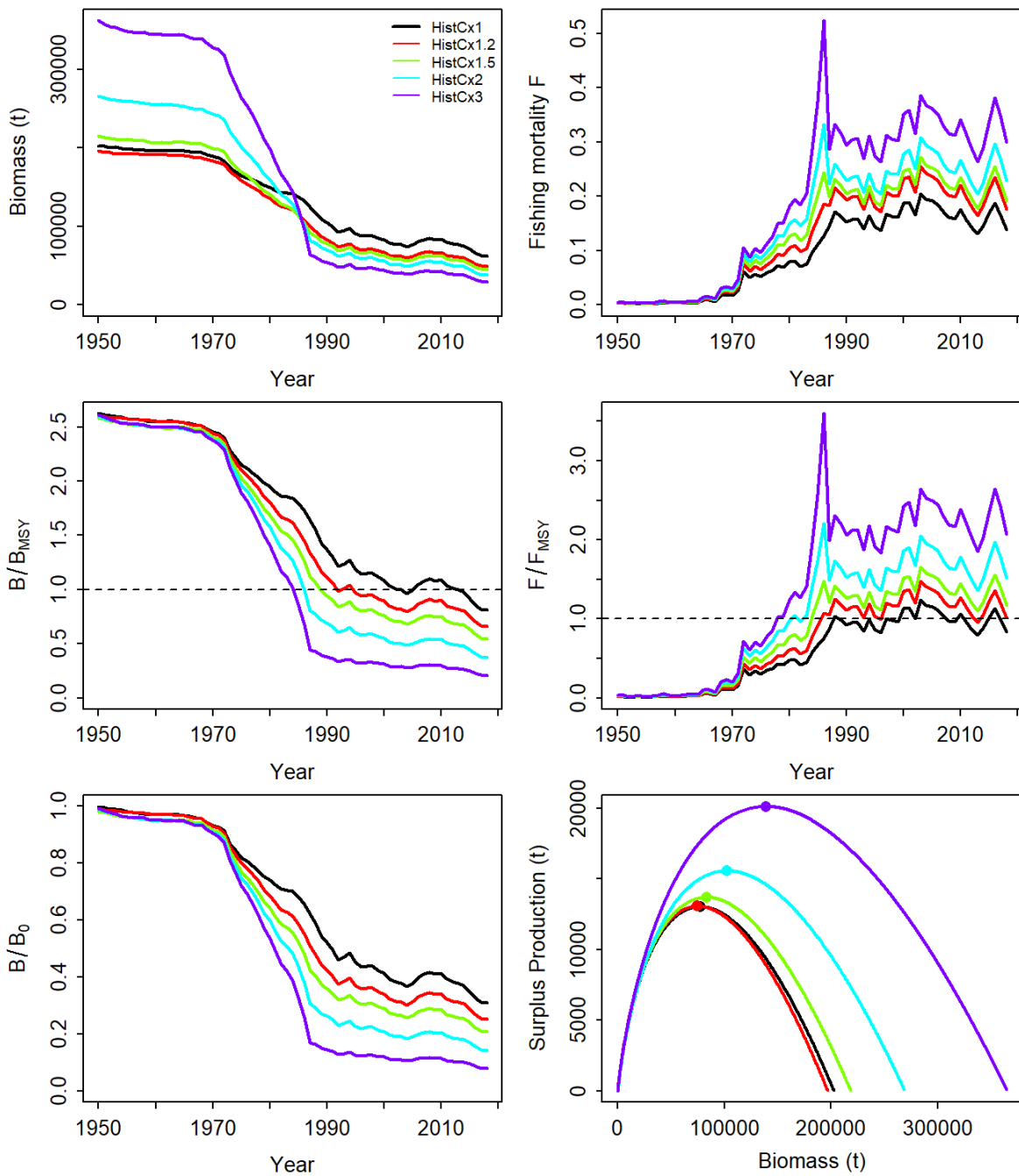


Figure 33. Sensitivity analysis performed to the ASEM model for each assumption with regard to historical catches (multiplying the early catches from 1950 to 1986 by factors of 1.2, 1.5, 2 and 3) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels) for each scenario from the Bayesian state-space surplus production model fits to Mediterranean swordfish.

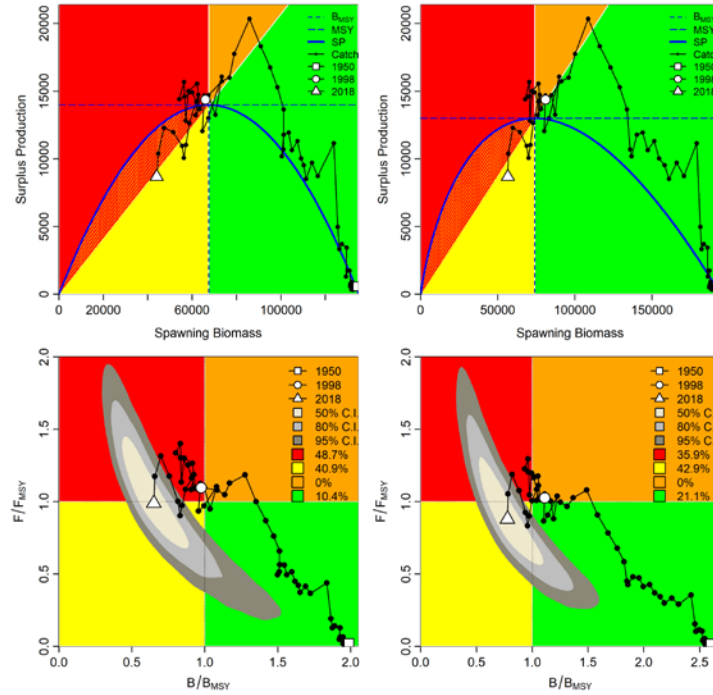


Figure 34. JABBA surplus production phase plot for the Reference Model (left panels) and the ASEM model (right panels) showing trajectories of the catches in relation to B_{MSY} and MSY (top panels) and Kobe phase plot showing estimated trajectories (1959-2018) of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} for the Bayesian state-space surplus production model for the Mediterranean swordfish (bottom panels). Different grey shaded areas denote the 50%, 80%, and 95% credibility interval for the terminal assessment year. The probability of terminal year points falling within each quadrant is indicated in the figure legend.

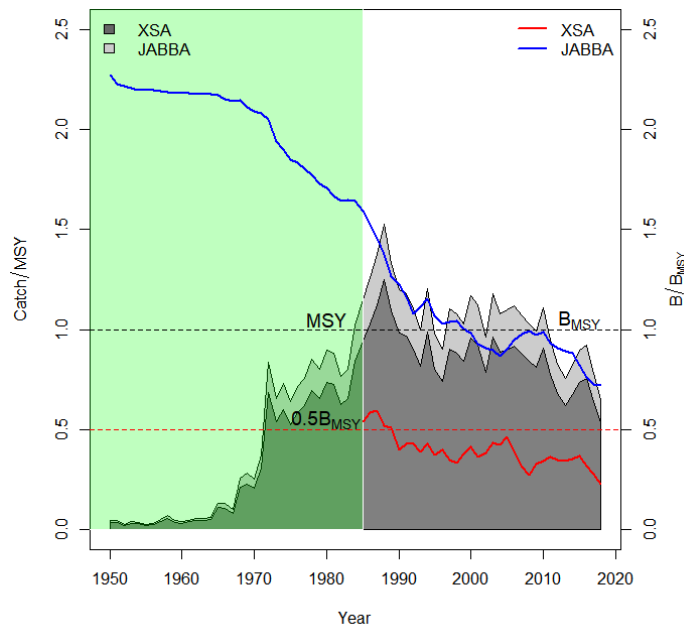


Figure 35. Illustration of catch series (1950-2018) relative to estimates of MSY (Catch/ MSY) for the XSA final run including discards and combined JABBA model ('Reference' and 'ASEM') on the left y-axis and the corresponding model-precited trajectories of SSB/SSB_{MSY} and B/B_{MSY} , respectively, on right y-axis. The green-shaded areas demarcate the period (1950-1985) when catches remained below MSY and, accordingly, the stock would be expected to be in the green quadrant of the Kobe phase plot ($B > B_{MSY}$ and $F < F_{MSY}$). Dashed black horizontal line denote catch and biomass levels at MSY , respectively and dashed red line denotes biomass level at 50% B_{MSY} .

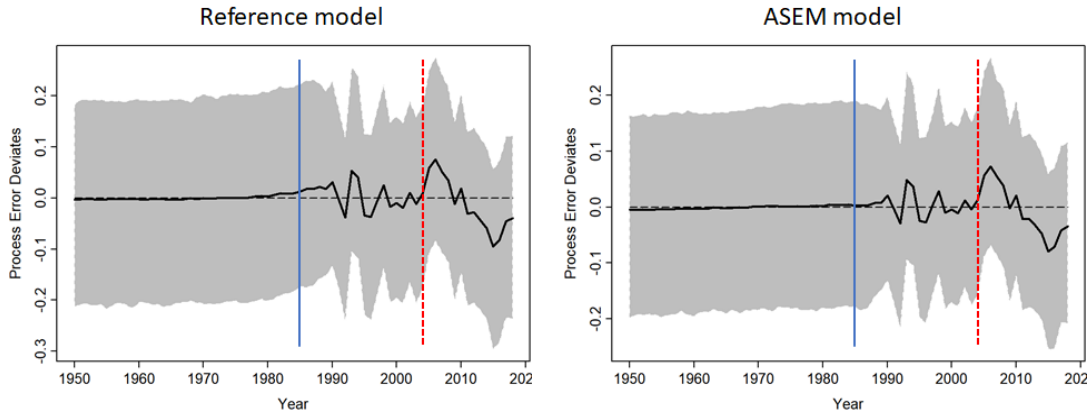


Figure 36. Process error deviates on the estimated biomass on log-scale (median: solid line) for JABBA models (Reference and ASEM models). Blue vertical lines show the year 1987 when relative abundances indices started to inform the model and red lines denote 2004 as the approximate year when the minimum size regulation was put in place.

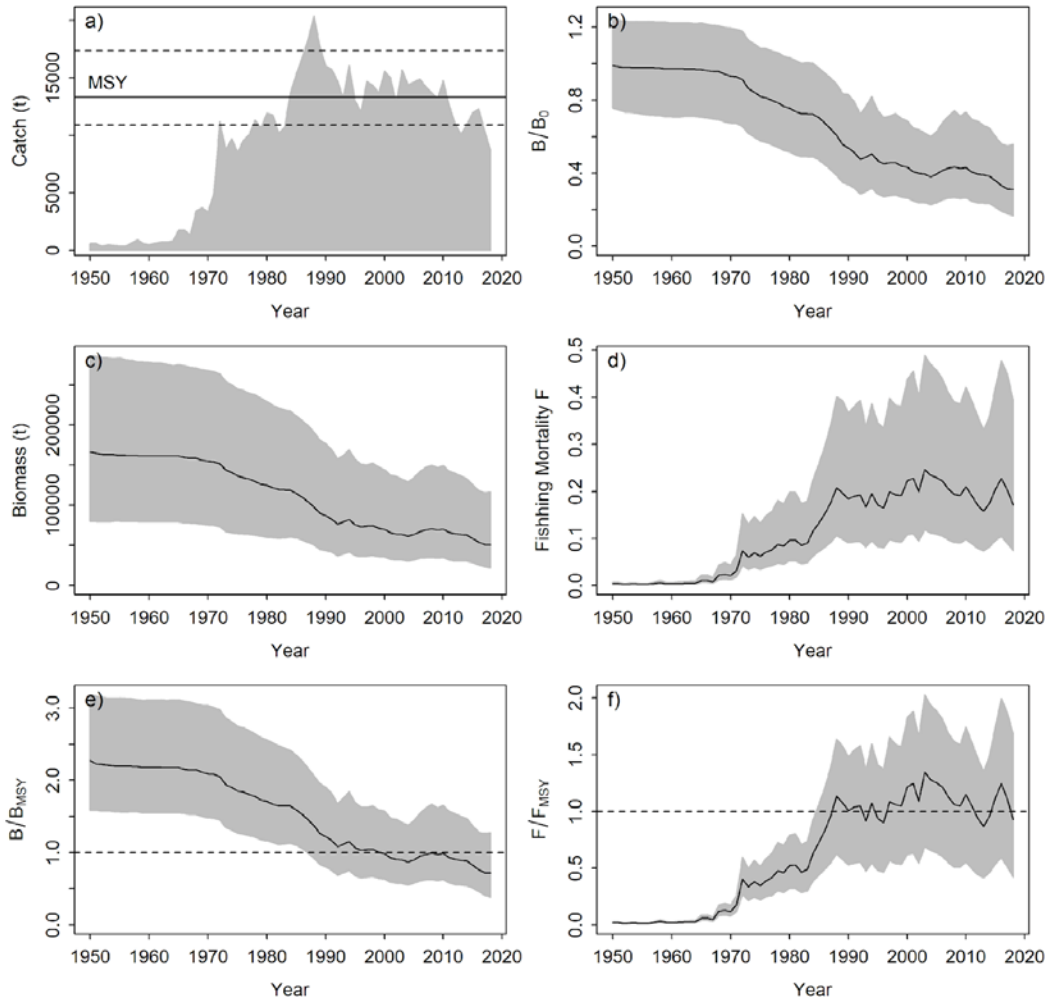


Figure 37. Final JABBA assessment model results for the Mediterranean swordfish in the form of joint MCMC posteriors of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models). (a) Catch time series depicting the MSY estimate with associated 95% credibility interval (dashed line); (b) biomass relative to B_0 (B/B_0) (upper panels); (c) trends in biomass and (d) fishing mortality; (e) trends of biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}); and (f) fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}).

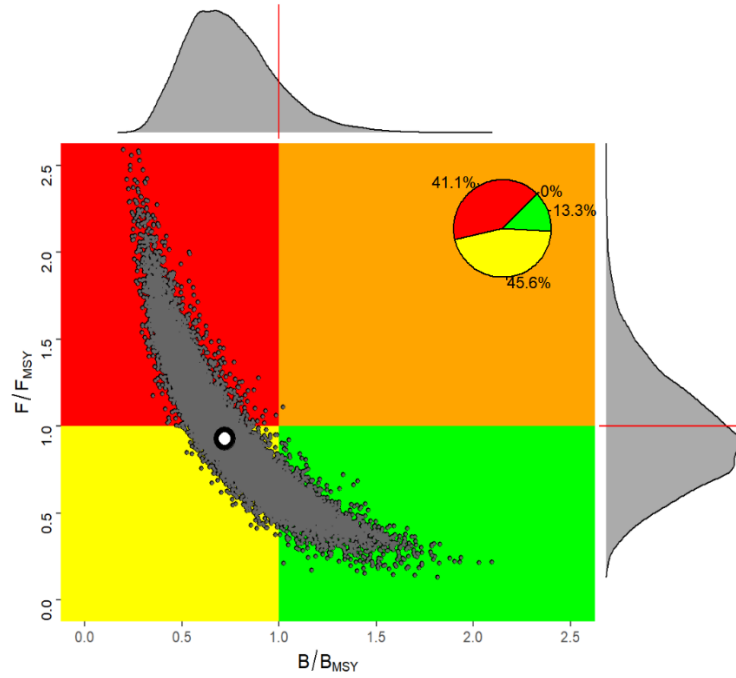


Figure 38. Kobe phase plot showing the combined posteriors of B_{2018}/B_{MSY} and F_{2018}/F_{MSY} presented in the form of joint MCMC posteriors of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models) for Mediterranean swordfish. The probability of posterior points falling within each quadrant is indicated in the pie chart.

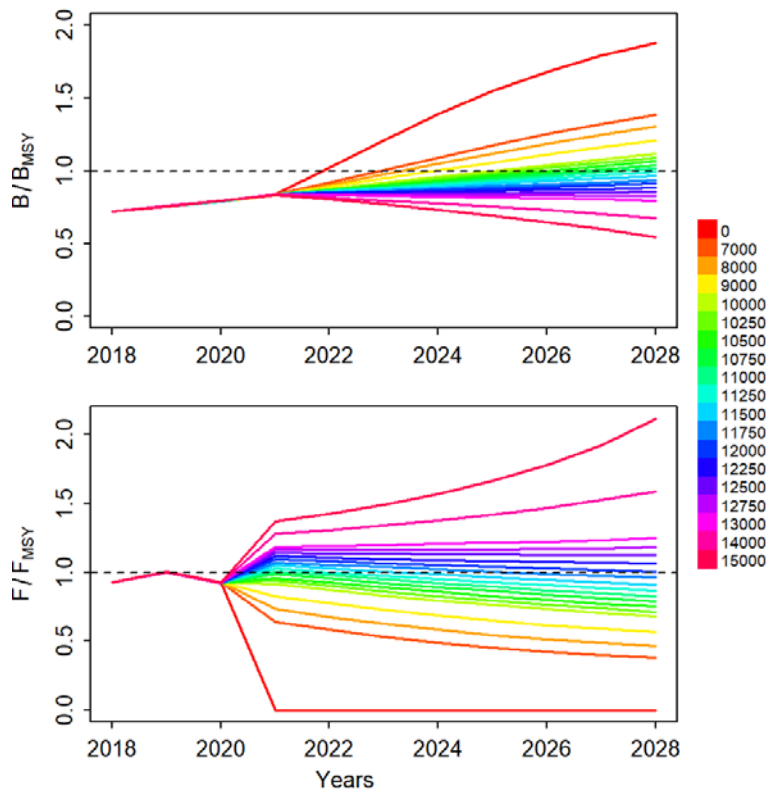


Figure 39. Trends of projected relative stock biomass (upper panel, B/B_{MSY}) and fishing mortality (bottom panel, F/F_{MSY}) of Mediterranean swordfish under different TAC scenarios (0 – 15,000 t), based on the combined projections of JABBA model runs ('Reference' and 'ASEM' models). Each line represents the median of 30000 MCMC iterations by projected year.

Agenda

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements
2. Summary of available data submitted according to the swordfish intersessional meeting deadlines
 - 2.1 Catches
 - 2.2 Length compositions
 - 2.3 Catch at size/age data
 - 2.4 Indices of abundance
 - 2.5 Biology
 - 2.6 Other relevant data
3. Relative abundance indices: overview of indexes to be potentially used based on the output of the swordfish intersessional meeting
4. Stock assessment methods and other data relevant to the assessment based on the output of the swordfish intersessional meeting
 - 4.1. Assessments models and Preliminary runs
 - 4.1.1. XSA
 - 4.1.2. a4a
 - 4.1.3. JABBA SPM
 - 4.2. New information for assessment. Historical data
5. Stock Assessment results
 - 5.1. Results
 - 5.1.1. XSA
 - 5.1.2. a4a
 - 5.1.3. JABBA SPM
 - 5.2. Synthesis of Stock Status and Final results
6. Projections
7. Recommendations
 - 7.1. Recommendations with financial implications
 - 7.2. Recommendations without financial implications
 - 7.3. Recommendations on management
8. Other matters
 - 8.1. Executive Summary
9. Adoption of the report and closure

List of Participants

Intersessional Meeting of the Swordfish tuna Species Group (Online, 16 – 20 March 2020)

CONTRACTING PARTIES

ALGERIA

Bennoui, Azzeddine

Chercheur au Centre de Recherche et de Développement pour la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), 11 Boulevard Colonel Amirouche, 42415 Bou Ismail, Tipaza

Tel: +213 24 32 64 10, Fax: +213 24 32 64 11, E-Mail: bennoui_azeddine@yahoo.fr

Cheniti, Sarah

Sous Directrice des Pêcheries Hauturières et spécialisées, Ministère de la pêche et des Productions Halieutiques, Route des Quatre Canons, 16000

Tel: +213 21 43 32 56, Fax: +213 21 43 32 56, E-Mail: chenitisarah@yahoo.fr

Kouadri-Krim, Assia

Chef de Bureau, Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques, Direction du développement de la pêche, Rue des 04 Canons, 16000

Tel: +213 558 642 692, Fax: +213 21 43 31 97, E-Mail: dpmo@mpeche.gov.dz; assiakrim63@gmail.com

BRAZIL

Leite Mourato, Bruno

Profesor Adjunto, Laboratório de Ciências da Pesca - LabPesca Instituto do Mar - IMar, Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, Rua Carvalho de Mendonça, 144, Encruzilhada, 11070-100 Santos, SP

Tel: +55 1196 765 2711, Fax: +55 11 3714 6273, E-Mail: bruno.mourato@unifesp.br; bruno.pesca@gmail.com; mourato.br@gmail.com

CANADA

Gillespie, Kyle

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

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

Hanke, Alexander

Scientist, St. Andrews Biological Station/ Biological Station, Fisheries and Oceans Canada, 125 Marine Science Drive, St. Andrews, New Brunswick E5B 2T0

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

EGYPT

Abdelnaby Kaamouh, Mohamed Ibrahim

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

Tel: +227 943 226, Fax: +227 921 339, E-Mail: ma_fotouh@outlook.com

EUROPEAN UNION

Biagi, Franco

Directorate General for Maritime Affairs and Fisheries (DG-Mare) - European Commission, Rue Joseph II, 99, 1049 Bruxelles, Belgium

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

Coco, Ornella

Oceanis Srl, 80056 Ercolano, Napoli, Italy

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

Di Natale, Antonio

Aquastudio Research Institute, Via Trapani 6, 98121 Messina, Italy
Tel: +39 336333366, E-Mail: adinatale@acquariodigenova.it

Garibaldi, Fulvio

Laboratorio di Biologia Marina e Ecologia Animale Univ. Degli Studi di Genova, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV), Corso Europa, 26, 16132 Genova, Italy
Tel: +39 335 666 0784; +39 010 353 8576, Fax: +39 010 357 888, E-Mail: largepel@unige.it; garibaldi.f@libero.it

Gioacchini, Giorgia

Universita Politecnica delle Marche ANCONA, Dipartimento Scienze della Vita e dell'Ambiente, Via Breccie Bianche 131, 60131 Ancona, Italy
Tel: +39 071 220 4990; +39 712 204 693, E-Mail: giorgia.gioacchini@univpm.it

Macías López, Ángel David

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Málaga, Puerto pesquero s/n, 29640 Fuengirola Málaga, España
Tel: +34 952 197 124; +34 619 022 586, Fax: +34 952 463 808, E-Mail: david.macias@ieo.es

Mantopoulou - Palouka, Danaï

76A, Vouliagmenis Ave., 16452 Athens Attica, Greece
Tel: +306 948 727 339, E-Mail: danaim@hcmr.gr

Molina Schmid, Teresa

Subdirectora General Adjunta, Subdirección General de Acuerdos y Organizaciones Regionales de Pesca, Dirección General de Recursos Pesqueros, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Pesca, C/ Velázquez, 144 2ª Planta, 28006 Madrid, España
Tel: +34 91 347 60 47; +34 656 333 130, Fax: +34 91 347 60 42, E-Mail: tmolina@mapa.es

Ortiz de Urbina, Jose María

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía, C.O de Málaga, Puerto Pesquero s/n, 29640 Fuengirola, Málaga, España
Tel: +34 952 197 124, Fax: +34 952 463 808, E-Mail: urbina@ieo.es

Pappalardo, Luigi

Scientific Advisor, OCEANIS SRL, Vie Maritime 59, 80056 Ercolano (NA), Napoli, Italy
Tel: +39 081 777 5116; +39 345 689 2473, E-Mail: oceanissrl@gmail.com; gistec86@hotmail.com

Peristeraki, Panagiota (Nota)

Hellenic Center for Marine Research, Institute of Marine Biological Resources and Inland Waters, P.O. Box 2214, 71003 Iraklion, Greece
Tel: +30 2810 337 830, Fax: +30 2810 337 822, E-Mail: notap@hcmr.gr

Pignalosa, Paolo

Technical Director, Oceanis Srl, Via Marittima, 59, 80056 Ercolano - Napoli, Italy
Tel: +39 81 777 5116; +39 335 669 9324, E-Mail: oceanissrl@gmail.com

Poisson, François

IFREMER -- Centre de Recherche Halieutique, UMR MARBEC (Marine Biodiversity Exploitation and Conservation), Avenue Jean Monnet, CS 30171, 34203 Sète, France
Tel: +33 499 57 32 45; +33 679 05 73 83, E-Mail: francois.poisson@ifremer.fr; fpoisson@ifremer.fr

Saber Rodríguez, Sámara

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía. Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto Pesquero s/n, 29460 Fuengirola, Málaga, España
Tel: +34 952 197 124, Fax: +34 952 581 388, E-Mail: samar.saber@ieo.es

Thasitis, Ioannis

Department of Fisheries and Marine Research, 101 Vithleem Street, 2033 Nicosia, Cyprus
Tel: +35722807840, Fax: +35722 775 955, E-Mail: ithasitis@dfmr.moa.gov.cy

Tserpes, George

Hellenic Center for Marine Research (HCMR), Institute of Marine Biological Resources, P.O. Box 2214, 71003 Heraklion, Crete, Greece
Tel: +30 2810 337851, Fax: +30 2810 337822, E-Mail: gtserpes@hcmr.gr

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, Fax: +212 53932 5139, E-Mail: noureddine.abid65@gmail.com

Bensbai, Jilali

Chercheur, Institut National de Recherche Halieutique à Casablanca - INRH/Laboratoires Centraux, Rue Sidi Abderrhman / Ain Diab, 90000 Casablanca
Tel: +212 661 59 8386, Fax: +212 522 397 388, E-Mail: bensbaijilali@gmail.com

Ikkiss, Abdelillah

Chercheur, Centre régional de l'Institut national de Recherche Halieutique, Dakhla
Tel: +212 662 276 541, E-Mail: ikkiss.abdel@gmail.com

Jghab, Ayman

Biologiste, Institut National de Recherche Halieutique, Centre Régional de Tanger, Km 7, Route Ksar Sghir. Malabata. B.P 5268. Dradeb, 90000 Tanger
Tel: +212 657 454 451, Fax: +212 593 231 593, E-Mail: jghabayman@gmail.com

TUNISIA

Zarrad, Rafik

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

UNITED STATES

Brown, Craig A.

Chief, Highly Migratory Species Branch, Sustainable Fisheries Division, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 586 6589, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

Schirripa, Michael

NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 361 4568; +1 786 400 0649, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: michael.schirripa@noaa.gov

OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

WORLD WIDE FUND FOR NATURE - WWF

Buzzi, Alessandro

WWF Mediterranean, Via Po, 25/c, 00198 Roma, Italy
Tel: +39 346 235 7481, Fax: +39 068 413 866, E-Mail: abuzzi@wwfmedpo.org

SCRS CHAIRMAN

Melvin, Gary

SCRS Chairman, St. Andrews Biological Station - Fisheries and Oceans Canada, Department of Fisheries and Oceans, 285 Water Street, St. Andrews, New Brunswick E5B 1B8, Canada
Tel: +1 506 652 95783, E-Mail: gary.d.melvin@gmail.com; gary.melvin@dfo-mpo.gc.ca

SCRS VICE-CHAIRMAN

Coelho, Rui

SCRS Vice-Chairman, Portuguese Institute for the Ocean and Atmosphere, I.P. (IPMA), Avenida 5 de Outubro, s/n, 8700-305 Olhão, Portugal

Tel: +351 289 700 504, E-Mail: rpcoelho@ipma.pt

INVITED EXPERT

Winker, Henning

Joint Research Centre - European Commission, Ispra, Italy, 21027 Ispra, Italy

Tel: +27 725 126 558, E-Mail: henning.winker@ec.europa.eu

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

Neves dos Santos, Miguel

Ortiz, Mauricio

Palma, Carlos

Kimoto, Ai

Mayor, Carlos

List of Papers and Presentations

Number	Title	Authors
SCRS/2020/028	Estimation of undersize Mediterranean swordfish (<i>Xiphias gladius</i>) catches by the main longline fleets between 2008 – 2018	Ortiz M.
SCRS/2020/043	Standardized Catch Rates for Mediterranean Swordfish (<i>Xiphias gladius</i> Linnaeus, 1758) from the Spanish Longline Fishery: 1988-2018.	Saber S., Macías D., García S., Riojax P., Góomez-Vives M.J., Godoy D., Meléndes M.J., Puerto M.A., and Ortiz de Urbina J.
SCRS/2020/058	Additions to the Italian annotated bibliography on swordfish (<i>Xiphias gladius</i> , Linnaeus, 1758) and comprehensive overview.	Di Natale A.
SCRS/2020/074	A clarification about stage 2 maturity in female swordfish (<i>Xiphias gladius</i> , Linnaeus, 1758)	Di Natale A., Garibaldi F., and Corriero A.
SCRS/2020/076	Estimation of catch at size and catch at age for the Mediterranean swordfish (<i>Xiphias gladius</i>) assessment 2020	Ortiz M., and Palma C.
SCRS/2020/077	Assessment of the Mediterranean swordfish stock by means of extended survivor analysis (XSA)	Tserpes G., and Mantopoulou-Palouka D.
SCRS/2020/078	Assessment of the Mediterranean swordfish stock by means of assessment for all initiative (a4a)	Mantopoulou-Palouka D., and Tserpes G.
SCRS/2020/082	Developing of Bayesian state-space surplus production models JABBA for assessing Mediterranean swordfish (<i>Xiphias gladius</i>) stock	Mourato B.L., Winker H., Kimoto A., and Ortiz M.
SCRS/P/2020/028	Stock status, projections and K2SM for an ensemble of two JABBA assessment scenarios for Mediterranean swordfish (<i>Xiphias gladius</i>)	Winker H., Kimoto A., Mourato B.L., Tserpes G., and Ortiz M.
SCRS/P/2020/029	Final Assessment of the Mediterranean swordfish stock by means of extended survivor analysis (XSA)	Tserpes G., and Mantopoulou-Palouka D.
SCRS/P/2020/030	Final Assessment of the Mediterranean swordfish stock by means of assessment for all initiative (a4a)	Mantopoulou-Palouka D., and Tserpes G.

SCRS Document and Presentations Abstracts as provided by the authors

SCRS/2020/028 - Estimates of undersize Mediterranean swordfish catches were estimated using the size samples (task2sz) from the longline gear for 2008 – 2018. ICCAT minimum size landing regulations were implemented in 2014 (90 cm LJFL) and updated again in 2017 (100 cm LJFL). Prior research indicated that not all fleets have reported undersized catches/discards that can account for a significant percentage of the swordfish caught by the longline operations, which is currently the main fishing gear in the Mediterranean Sea. Estimated discards since 2008 represent overall about 12% to 14% between 2008 and 2017, and this increased to 24% in 2017/18 when the current minimum size was implemented.

SCRS/2020/043 – Standardized relative abundance indices for swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) caught by the Spanish surface longline in the western Mediterranean Sea were estimated for the period 1988-2018. Standardized CPUEs in number were estimated through a General Linear Mixed Modelling (GLMM) approach under a negative binomial (NB) error distribution assumption. Standardized CPUEs in biomass were estimated through a General Linear Mixed Modelling (GLMM) approach under a log-normal error distribution assumption. The main factors in the standardization analysis were fishing area and time of the year (quarter). The standardized indices showed notable annual fluctuations without any definite trend for the period under study.

SCRS/2020/058 – After the very first attempt to list together the many papers published so far on swordfish (*Xiphias gladius*) by Italian scientists, concerning the biology of this species, the fisheries and many other scientific and cultural issues, it was necessary to prepare an addition to the annotated bibliography published in 2019. Therefore, the present paper provides 185 additional papers, all annotated with specific keywords, which brings the available papers on this species up to 715, all duly annotated. This paper also provides an overview of the papers published over the centuries and decades, the main authors and the score of the main topics and themes included in the papers. This updated bibliography was set together to serve the scientists and to help them in finding some rare references that might be useful for their work.

SCRS/2020/074 – Recent documents generically provided the misleading information that most of the previous assessment of stage 2 maturity in female swordfish (*Xiphias gladius*) were erroneous. This short paper provides the augmented evidence that stage 2 maturity was always correctly attributed to female gonads which were in a developing stage and not mature. This clarification is important for avoiding uncertainties and spending unnecessary funds for searching what is already established since many decades.

SCRS/2020/076 – Catch-at-Size and catch-at-age of Mediterranean swordfish was estimated and preliminary analyses performed for its use within the stock evaluation models. The estimates used the size/catch at size data and or catch-at age data submitted to the Secretariat by CPCs under the Task II requirements, and new information from data recovery projects. With the new information it was possible to estimate and revise the CAS from 1972 to 2018, updating also the fishing gear associated with most of the annual catches within this period. Catch at age was estimated using two approaches; an estimation based on decomposing size mixture distributions and a monthly age-slicing growth function inversion. Both approaches assumed the current von Bertalanffy growth model for Mediterranean swordfish with estimates of variance of size at age. Results indicated that about 70% of the total catch is of ages 1, 2, and 3. Preliminary estimates of overall mortality were also produced from a catch curve analysis indicating on average total mortality Z of 0.56 (± 0.15 st.dev) and full fishery selectivity at age 2-3.

SCRS/2020/077 – Updated assessments of the Mediterranean swordfish stock are performed by means of Extended Survivors Analysis (XSA). They include a continuity run employing the model settings used in the 2016 ICCAT assessment, as well as candidate runs using modified model settings and two different assumptions regarding natural mortality-at-age. Additionally, scenarios assuming discards have been considered. All assessment runs indicate that the stock is overexploited and the current fishing mortality rates are higher than those corresponding to maximum sustainable yield (MSY) levels.

SCRS/2020/078 – Assessments of the Mediterranean swordfish stock are performed using a statistical catch-at-age model, developed in the framework of the Assessment for All (a4a) Initiative of the European Commission Joint Research Centre. Four runs are presented, including assumptions on natural mortality

and the presence of discards in the catch. The model structural components are kept the same for each run. All of the assessment runs indicate that the stock is overexploited and the current fishing mortality rates are higher than those corresponding to maximum sustainable yield (MSY) levels.

SCRS/2020/082 – Bayesian State-Space Surplus Production Models were fitted to Mediterranean swordfish (*Xiphias gladius*) catch and CPUE data using the 'JABBA' R package. This document presents details on the model diagnostics and stock status estimates for two preliminary scenarios. For the 'Reference' model we used an existing prior distribution for r with $\log(r) \sim N(\log(0.45), 0.46)$ with a fixed input value of $BMSY/K = 0.5$ (Schaefer model-type), while for the 'ASEM' model we derived a new r prior with $\log(r) \sim N(\log(0.206), 0.2)$ and a fixed input value of $BMSY/K = 0.38$ (Pella-Tomlinson model type) from an Age-structured Equilibrium Model with Monte-Carlo simulations. In general, our results suggest that both candidate models provide reasonably robust fits to the data as judged by the presented model diagnostic results. The only notable difference in terms of performance is the slightly improved retrospective pattern for the 'ASEM' model. Both models predicted an overall similar exploitation history, with the peak in total catches in 1982 (~ 20,000 tons) also demarcating the onset of an extended period of overfishing. This was associated with continuous declines in stock biomass and eventually led to an overfished stock. The model-specific stock status posteriors for 2018 showed that the 'ASEM' model was more optimistic with a cumulative probability of over 60% (yellow + green) that current fishing mortality is currently sufficiently low enough to facilitate stock rebuilding. The 'Reference' model, by contrast, suggests that there is a more than 50% probability that stock remains overfish and that overfishing is still occurring. However, sensitivity analysis with regards various levels of under reporting early catches prior to 1987 revealed that the JABBA assessment result strongly dependent on the reliability of the historical catch time series. Raising the historical catch by a factor three would result a decrease in biomass levels of about 50% of $B/BMSY$ by 1990, which would be broadly comparable to the otherwise considerably more pessimistic 2016 XSA assessment model predictions.

SCRS/P/2020/028 – Summary of the Mediterranean swordfish assessment results applying Bayesian State-Space Surplus Production Models (JABBA) in *SCRS/2020/082* was provided with the Kobe plot, Chicken feet plots and Kobe 2 matrix based on the agreed projection settings by the Group for "Reference" and "ASEM" models. The projections were conducted for a range constant catch scenarios, including a reference scenario of zero catch and then covering a range from 9000 t to 15,000 t at specific intervals and for a period of 10 years (2019-2028). The catches for 2019 and 2020 were set to be 9,879 t and 9,583 t, which corresponds to the TAC set for 2019 and 2020, respectively.

SCRS/P/2020/029 – Updated assessments of the Mediterranean swordfish stock are performed by means of Extended Survivors Analysis (XSA) during the meeting based on *SCRS/2020/077*. Two runs are developed using the Spanish longline index in number, with and without discards. Results indicate that recruitment follows a decreasing trend, particularly in the last decade while current SSB levels are less than half of those observed at the beginning of the period.

SCRS/P/2020/030 – Further stock assessment results applying a4a to the Mediterranean swordfish stocks were provided for the requests by the Group based on *SCRS/2020/078*. The Ligurian surface longline index from 1991 to 2009 was additionally incorporated, and the two new runs results were provided with their reference points assuming constant M with/without discards. The updated results were similar to those in *SCRS/2020/078*, and the Group accepted those runs as final a4a results.

XSA FINAL RUNS

Table 1. Control settings for the XSA runs.

Parameters	Settings
shk.n	TRUE
shk.yrs	10
rage	1
maxit	100
shk.f	TRUE
shk.ages	4
fse	0.5
min.nse	0.3
qage	6
window	100
tsrange	20
tspower	1
vpa	TRUE
F range:minbar	2
maxfbar	4

a. Base run**Table 2.** Estimates of stock number-at-age for the base run.

age	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0	1.2342e+06	1.2608e+06	1.2960e+06	1.2736e+06	1.2578e+06	1.2099e+06
1	9.9524e+05	1.0067e+06	1.0307e+06	1.0589e+06	1.0383e+06	1.0241e+06
2	7.1831e+05	7.2933e+05	7.5615e+05	7.6961e+05	7.5197e+05	7.5689e+05
3	4.3199e+05	4.2551e+05	4.4068e+05	4.5496e+05	4.2689e+05	4.4040e+05
4	1.9422e+05	1.9654e+05	1.8446e+05	1.8665e+05	1.6873e+05	1.7326e+05
5	9.3050e+04	1.0660e+05	1.0379e+05	9.2859e+04	8.4970e+04	8.0926e+04
6	4.6495e-01	2.2168e+00	1.7596e+00	1.9186e+00	1.2792e+00	5.1920e-01
age	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	1.2423e+06	1.2567e+06	1.2201e+06	1.2847e+06	1.4294e+06	1.3292e+06
1	9.8120e+05	1.0089e+06	1.0212e+06	9.9271e+05	1.0479e+06	1.1601e+06
2	7.2301e+05	7.0143e+05	7.3097e+05	7.3208e+05	7.0821e+05	7.5396e+05
3	4.0946e+05	4.0499e+05	3.9869e+05	4.1487e+05	3.9651e+05	3.9476e+05
4	1.6632e+05	1.6255e+05	1.7106e+05	1.6583e+05	1.6788e+05	1.6524e+05
5	7.9824e+04	7.9648e+04	8.0122e+04	8.6508e+04	7.6665e+04	8.5283e+04
6	1.0600e+01	1.1466e-01	1.0407e+00	1.0089e+00	1.3154e+00	3.8134e+03
age	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0	1.2903e+06	1.2950e+06	1.2130e+06	1.3371e+06	1.2590e+06	9.8627e+05
1	1.0883e+06	1.0529e+06	1.0470e+06	9.9110e+05	1.0947e+06	1.0287e+06
2	8.3678e+05	7.5494e+05	7.3322e+05	7.5226e+05	7.1476e+05	7.8549e+05
3	4.5205e+05	4.4817e+05	3.9779e+05	3.9351e+05	4.0404e+05	3.7557e+05
4	1.7995e+05	1.6515e+05	1.6772e+05	1.7043e+05	1.6181e+05	1.5203e+05
5	8.6839e+04	7.9816e+04	7.1075e+04	8.2619e+04	7.7562e+04	7.2902e+04
6	2.5433e+00	7.5124e-01	9.8436e-01	1.3544e+00	5.4097e-01	1.3812e+04
age	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	1.1083e+06	1.0635e+06	9.8586e+05	1.2255e+06	1.1229e+06	9.4534e+05
1	8.0749e+05	8.9355e+05	8.5403e+05	7.5341e+05	1.0011e+06	9.0551e+05
2	7.4935e+05	5.5802e+05	6.2235e+05	6.4558e+05	5.5152e+05	7.1655e+05

3 4.7460e+05 4.2106e+05 2.6909e+05 3.4234e+05 3.4523e+05 2.6824e+05
 4 1.5606e+05 2.1160e+05 1.7234e+05 1.4444e+05 1.4509e+05 1.1523e+05
 5 7.4652e+04 7.1087e+04 1.1789e+05 7.7345e+04 6.4388e+04 6.4915e+04
 6 1.0293e+00 1.4869e+00 5.7480e-01 1.2341e+00 1.3012e+00 1.8418e+03

age 2009 2010 2011 2012 2013 2014
 0 8.5267e+05 9.7132e+05 8.5398e+05 7.4769e+05 8.4627e+05 6.3066e+05
 1 7.6529e+05 6.9810e+05 7.9459e+05 6.5258e+05 6.1099e+05 6.9270e+05
 2 6.4149e+05 5.2453e+05 4.7600e+05 4.6709e+05 4.7412e+05 4.4875e+05
 3 3.1029e+05 3.4559e+05 2.7794e+05 2.8117e+05 2.6930e+05 2.7984e+05
 4 1.6443e+05 1.5350e+05 1.4128e+05 1.3586e+05 1.3491e+05 1.3040e+05
 5 3.3272e+04 7.0501e+04 7.4571e+04 7.1432e+04 7.5835e+04 7.6539e+04
 6 1.3666e+03 4.5857e-01 1.9034e+00 1.8562e+00 2.3768e-01 9.1212e-01

age 2015 2016 2017 2018
 0 5.8328e+05 4.7859e+05 5.9481e+05 5.8293e+05
 1 5.1634e+05 4.7755e+05 3.9183e+05 4.8662e+05
 2 5.3089e+05 3.8666e+05 3.2289e+05 3.0422e+05
 3 2.5558e+05 2.6395e+05 1.9181e+05 1.8823e+05
 4 1.3534e+05 1.3246e+05 1.0133e+05 8.9787e+04
 5 6.9523e+04 6.1405e+04 7.1211e+04 4.7828e+04
 6 1.6656e+04 3.7343e+04 2.2439e+00 6.4978e-01

Table 3. Estimates of harvest-at-age for the base run.

age 1985 1986 1987 1988 1989 1990
 0 3.6919e-03 1.5087e-03 2.0751e-03 4.2898e-03 5.5152e-03 9.4804e-03
 1 1.1086e-01 8.6216e-02 9.2098e-02 1.4228e-01 1.1611e-01 1.4816e-01
 2 3.2361e-01 3.0380e-01 3.0804e-01 3.8934e-01 3.3503e-01 4.1437e-01
 3 5.8752e-01 6.3587e-01 6.5910e-01 7.9190e-01 7.0177e-01 7.7375e-01
 4 3.9988e-01 4.3856e-01 4.8634e-01 5.8693e-01 5.3476e-01 5.7494e-01
 5 3.5546e-01 3.6611e-01 3.8639e-01 4.7761e-01 4.2191e-01 4.7781e-01
 6 3.5546e-01 3.6611e-01 3.8639e-01 4.7761e-01 4.2191e-01 4.7781e-01

age 1991 1992 1993 1994 1995 1996
 0 8.1095e-03 7.5182e-03 6.2385e-03 3.7254e-03 8.7756e-03 1.6187e-09
 1 1.3565e-01 1.2222e-01 1.3284e-01 1.3771e-01 1.2922e-01 1.2668e-01
 2 3.7956e-01 3.6493e-01 3.6640e-01 4.1319e-01 3.8445e-01 3.1155e-01
 3 7.2384e-01 6.6183e-01 6.7721e-01 7.0471e-01 6.7529e-01 5.8561e-01
 4 5.3631e-01 5.0746e-01 4.8180e-01 5.7154e-01 4.7729e-01 4.4335e-01
 5 4.4384e-01 4.1411e-01 4.1456e-01 4.5678e-01 4.1656e-01 3.6680e-01
 6 4.4384e-01 4.1411e-01 4.1456e-01 4.5678e-01 4.1656e-01 3.6680e-01

age 1997 1998 1999 2000 2001 2002
 0 3.3944e-03 1.2547e-02 2.0485e-03 1.2958e-05 2.0115e-03 6.5333e-09
 1 1.6570e-01 1.6181e-01 1.3065e-01 1.2688e-01 1.3193e-01 1.1688e-01
 2 4.2438e-01 4.4072e-01 4.2236e-01 4.2158e-01 4.4351e-01 3.0385e-01
 3 8.0691e-01 7.8290e-01 6.4760e-01 6.8865e-01 7.7743e-01 6.7821e-01
 4 6.1296e-01 6.4315e-01 5.0805e-01 5.8725e-01 5.9733e-01 5.1124e-01
 5 5.0249e-01 5.0715e-01 4.2716e-01 4.5885e-01 5.0870e-01 4.2876e-01
 6 5.0249e-01 5.0715e-01 4.2716e-01 4.5885e-01 5.0870e-01 4.2876e-01

age 2003 2004 2005 2006 2007 2008
 0 1.5370e-02 1.9378e-02 6.8906e-02 2.2437e-03 1.5203e-02 1.1296e-02
 1 1.6953e-01 1.6170e-01 7.9816e-02 1.1193e-01 1.3444e-01 1.4471e-01
 2 3.7643e-01 5.2935e-01 3.9768e-01 4.2595e-01 5.2080e-01 6.3692e-01
 3 6.0775e-01 6.9333e-01 4.2222e-01 6.5849e-01 8.9725e-01 2.8937e-01
 4 5.8632e-01 3.8499e-01 6.0117e-01 6.0791e-01 6.0425e-01 1.0422e+00

5 4.7275e-01 4.8179e-01 5.8348e-01 5.5491e-01 5.3320e-01 5.2755e-01
 6 4.7275e-01 4.8179e-01 5.8348e-01 5.5491e-01 5.3320e-01 5.2755e-01

age	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	2.1610e-09	8.2627e-04	6.8961e-02	1.9157e-03	2.4618e-04	2.2476e-07
1	1.7775e-01	1.8295e-01	3.3131e-01	1.1948e-01	1.0860e-01	6.6050e-02
2	4.1852e-01	4.3509e-01	3.2647e-01	3.5068e-01	3.2726e-01	3.6294e-01
3	5.0381e-01	6.9450e-01	5.1581e-01	5.3437e-01	5.2525e-01	5.2640e-01
4	6.4688e-01	5.2195e-01	4.8202e-01	3.8304e-01	3.6677e-01	4.2893e-01
5	3.3503e-01	5.1559e-01	3.9366e-01	3.3577e-01	3.0832e-01	3.0085e-01
6	3.3503e-01	5.1559e-01	3.9366e-01	3.3577e-01	3.0832e-01	3.0085e-01

age	2015	2016	2017	2018
0	2.5404e-08	9.9621e-07	7.5485e-04	3.5328e-03
1	8.9225e-02	1.9135e-01	5.3090e-02	6.8659e-02
2	4.9880e-01	5.0104e-01	3.3965e-01	3.3155e-01
3	4.5726e-01	7.5734e-01	5.5905e-01	5.3277e-01
4	5.9031e-01	4.2063e-01	5.5079e-01	4.2985e-01
5	2.0524e-01	3.5724e-01	4.2669e-01	3.9316e-01
6	2.0524e-01	3.5724e-01	4.2669e-01	3.9316e-01

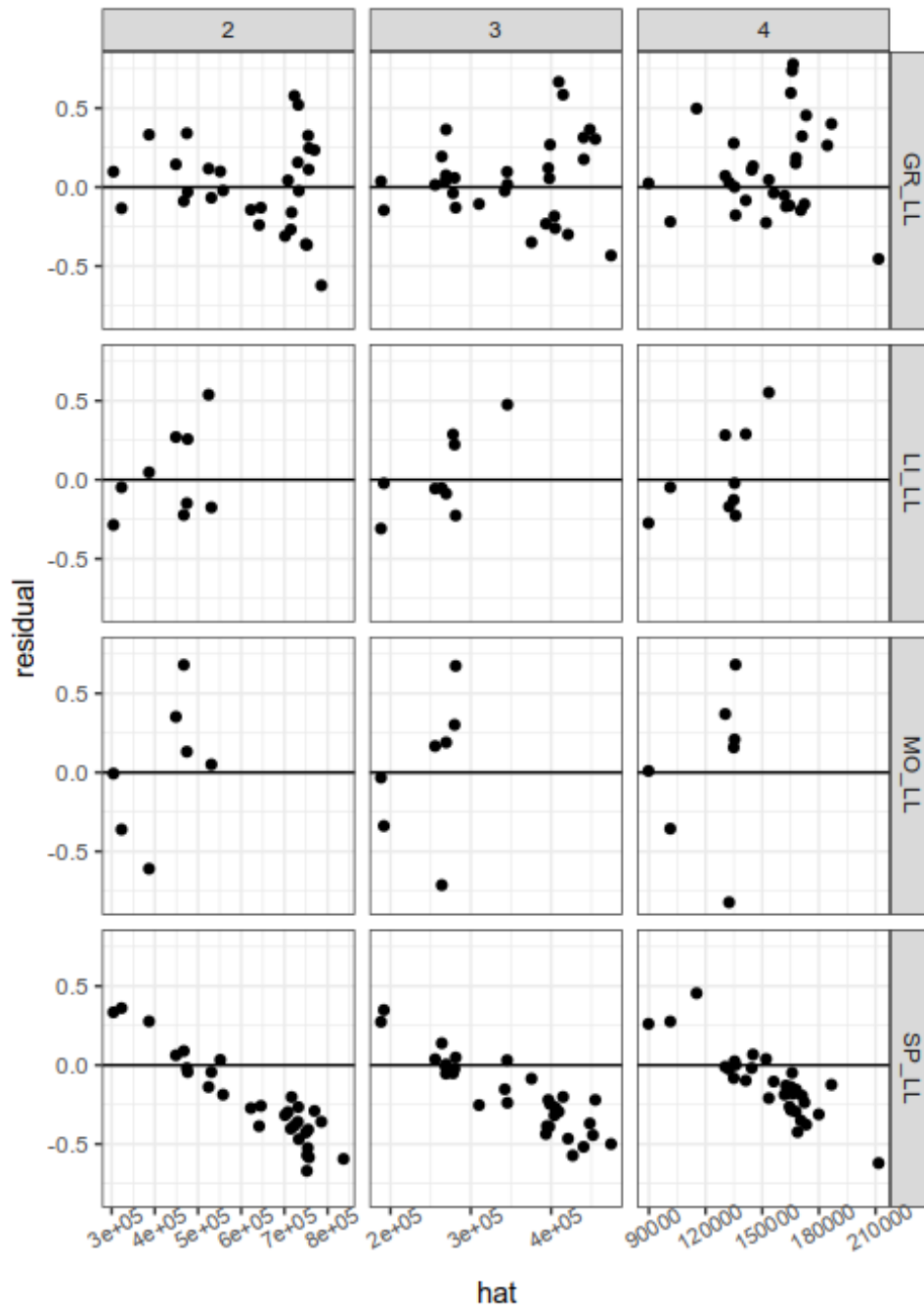


Figure 1. Residuals against fitted value for the base run.

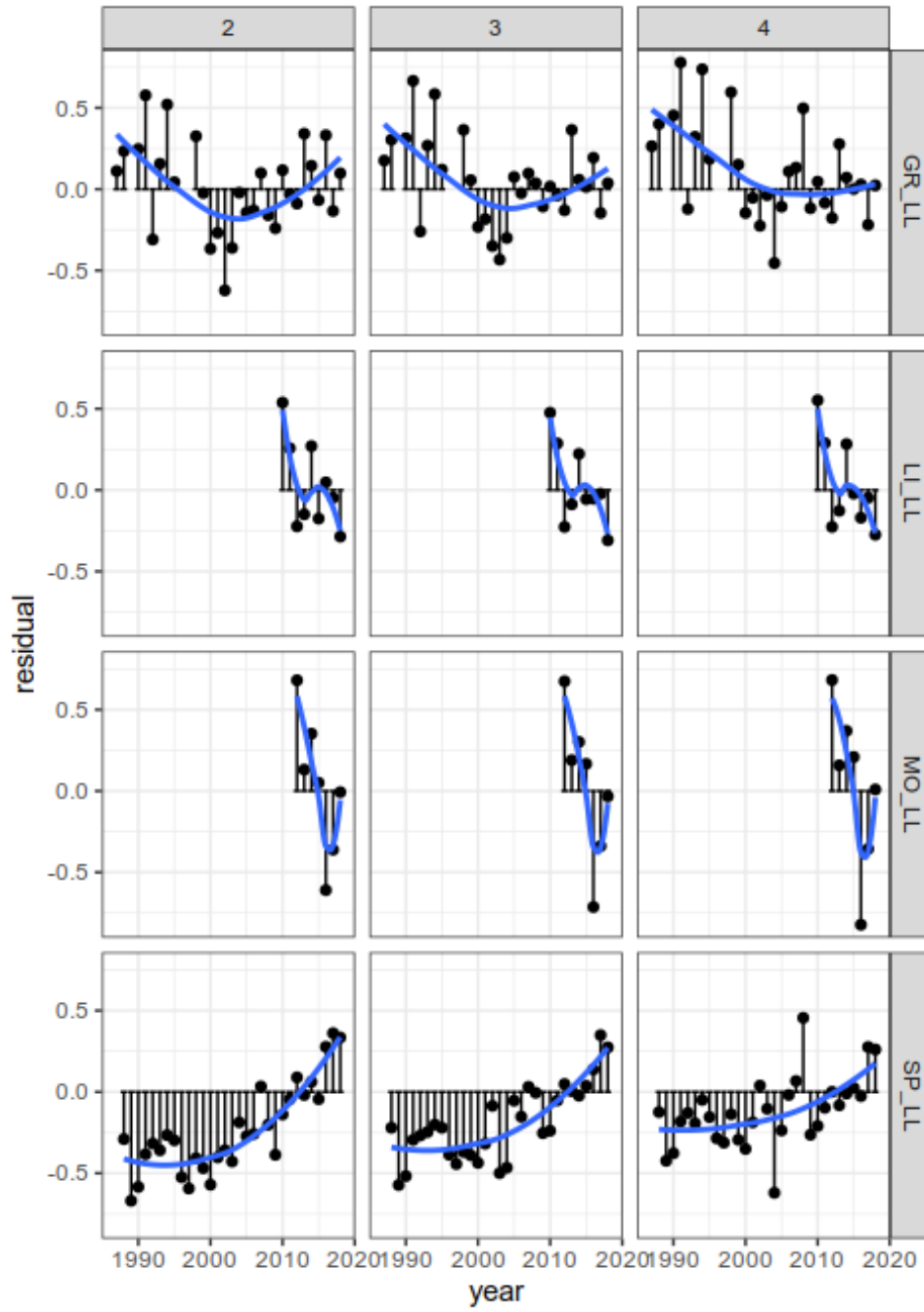


Figure 2. Residuals by fleet against year for the base run.

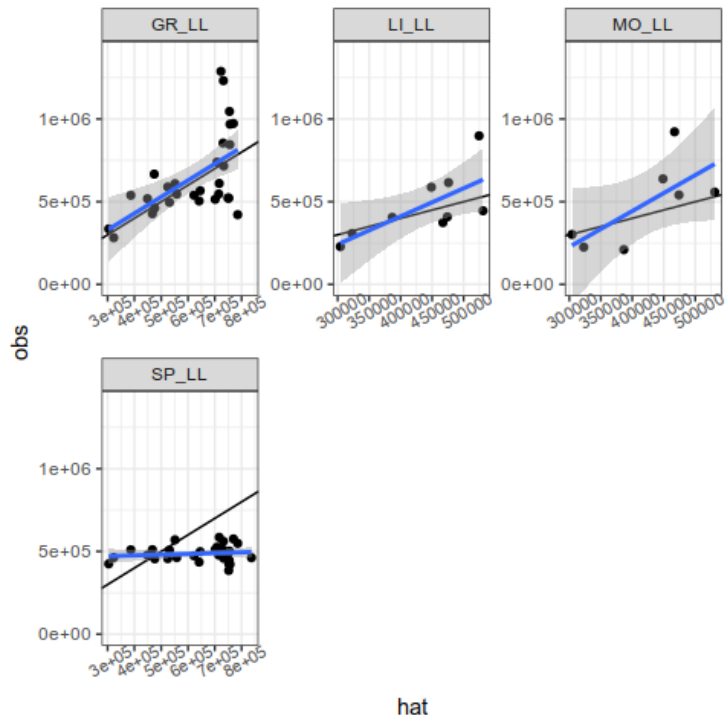


Figure 3. Calibration regression plots for age 2 for the base run. The blue line is a linear regression fitted to the residual pairs and the black line is the $y=x$ line. If the index is proportional to stock abundance, then the blue and black lines should coincide.

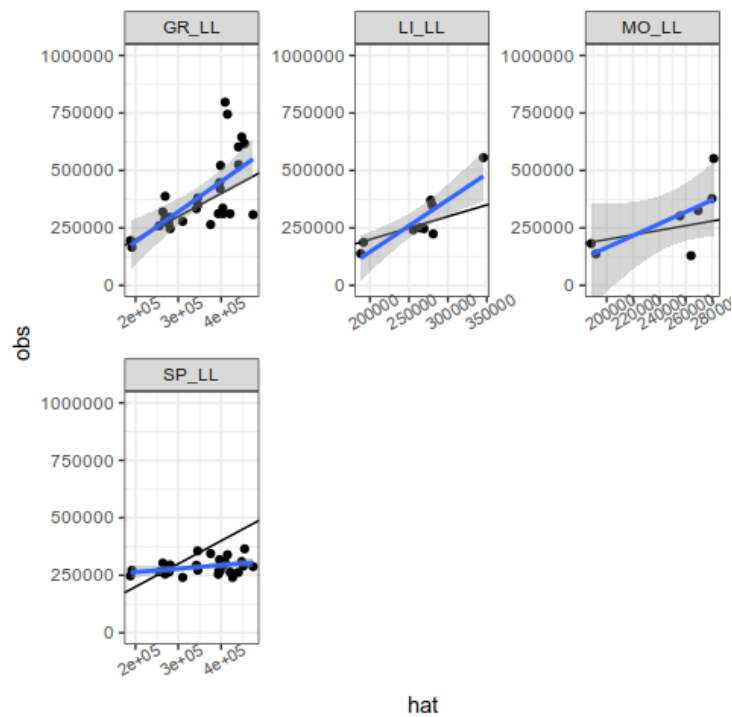


Figure 4. Calibration regression plots for age 3 for the base run. The blue line is a linear regression fitted to the residual pairs and the black line is the $y=x$ line. If the index is proportional to stock abundance, then the blue and black lines should coincide.

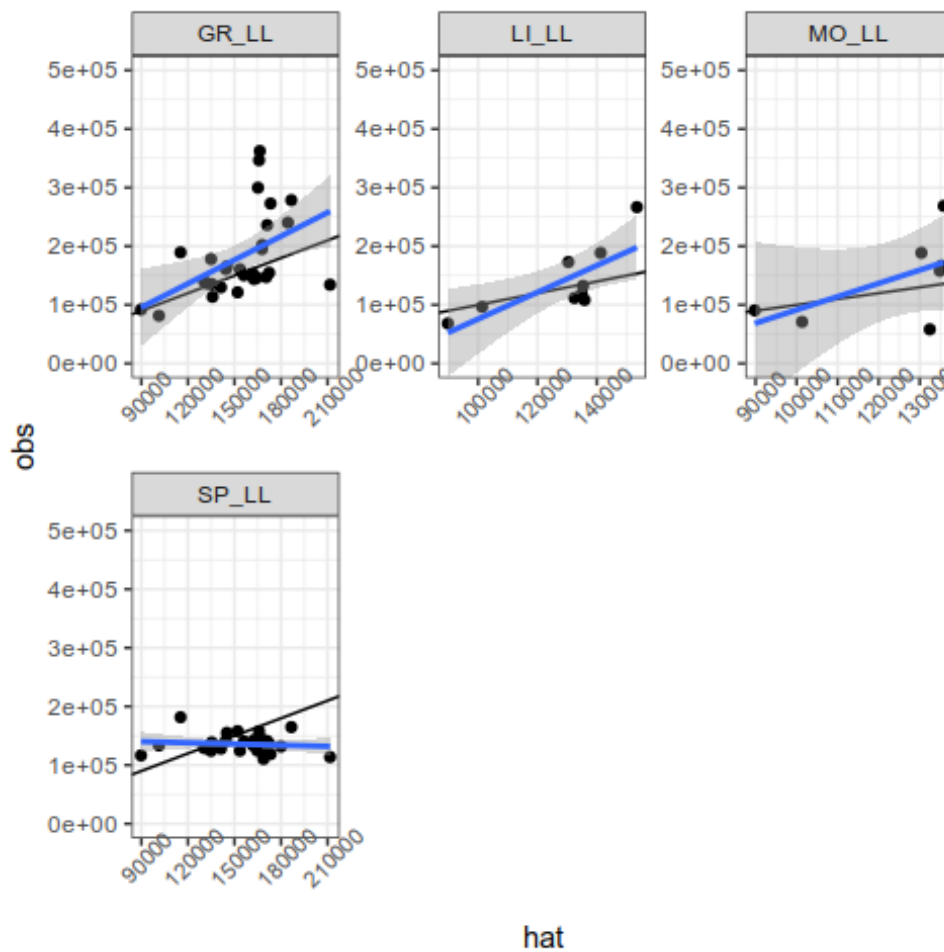


Figure 5. Calibration regression plots for age 4 for the base run. The blue line is a linear regression fitted to the residual pairs and the black line is the $y=x$ line. If the index is proportional to stock abundance, then the blue and black lines should coincide.

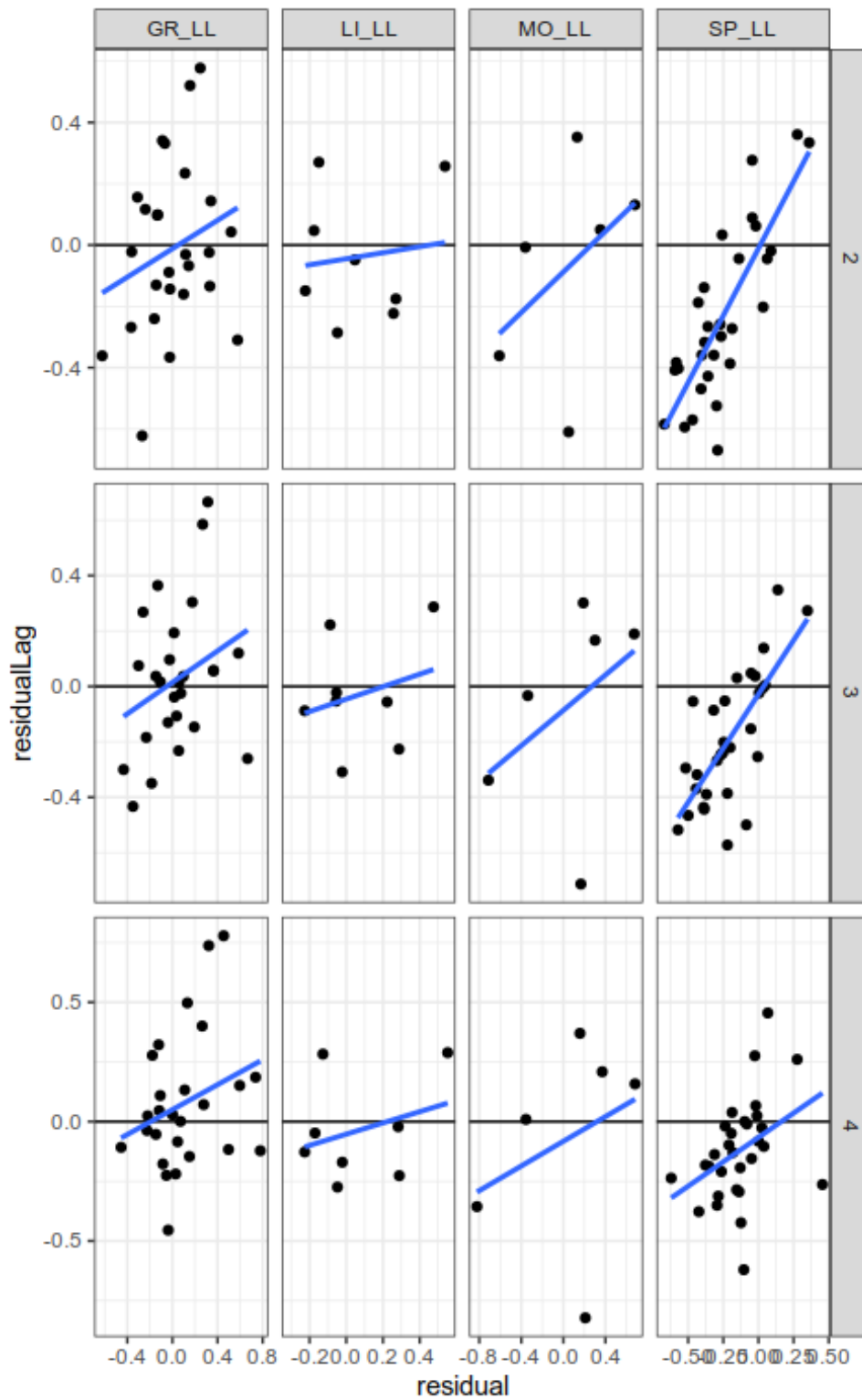


Figure 6. AR plots of lagged residuals for the base run. Blue line is the regression fitted to the data pairs. If residuals are uncorrelated then the slope of the regression should be 0.

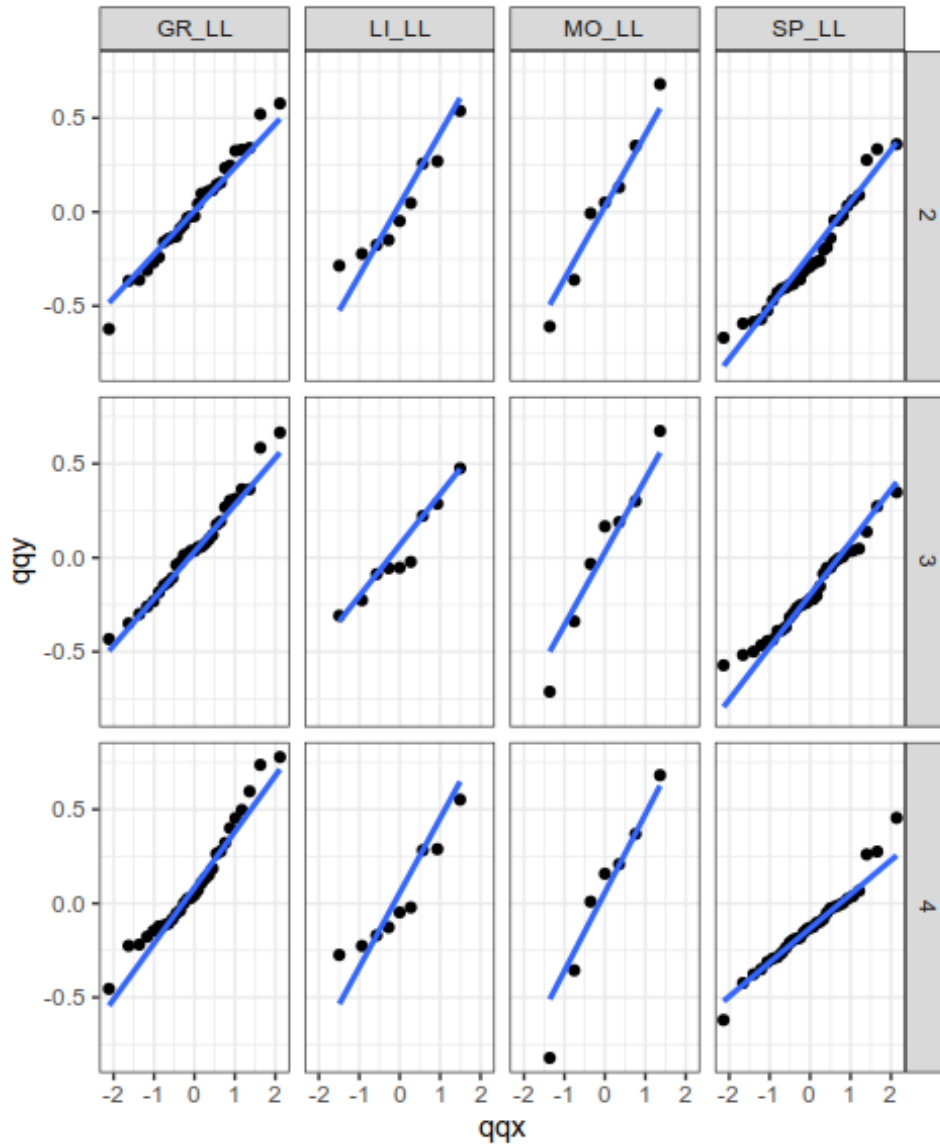


Figure 7. QQ plots to check for log normality (i.e. points and line should coincide) for the base run.

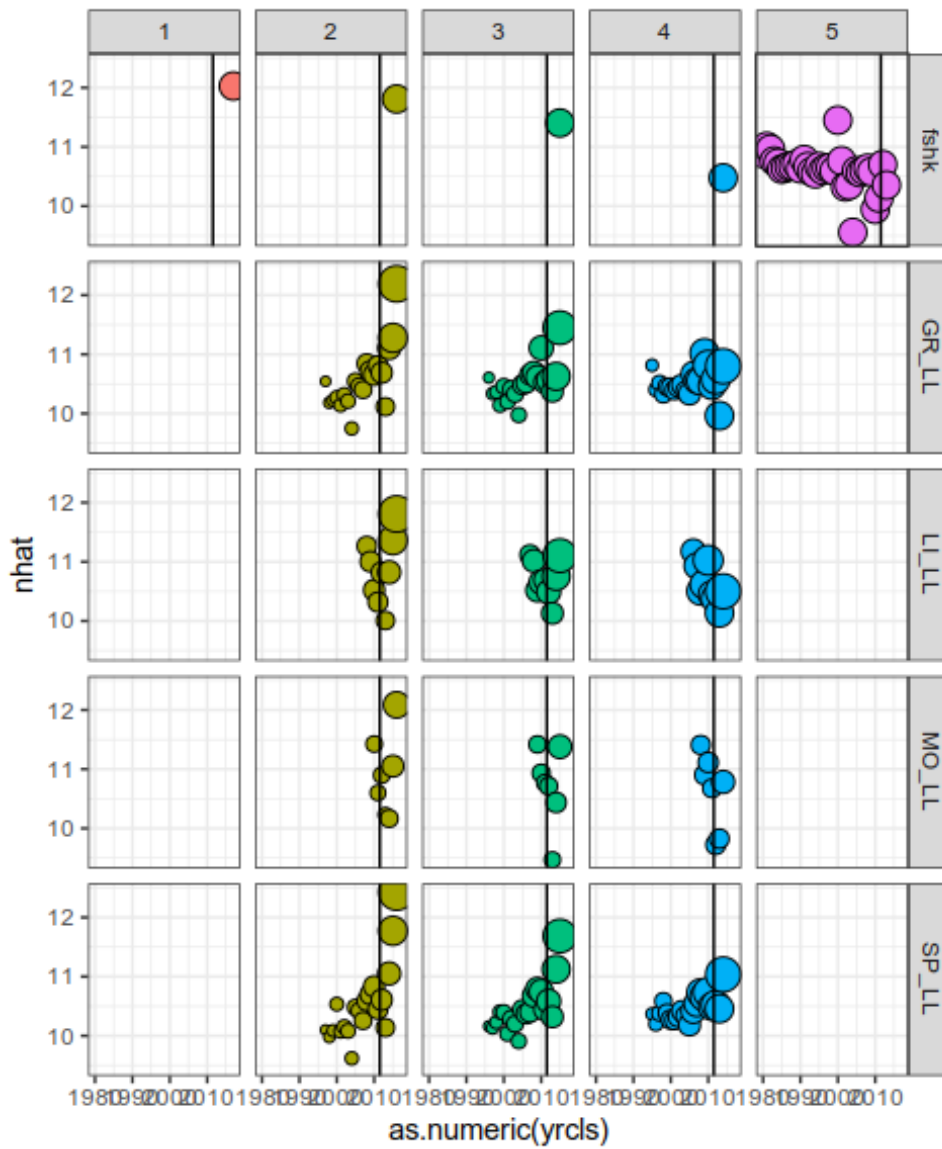


Figure 8. Weights for terminal year Ns for each CPUE observation and shrinkage to the mean $F(fshk)$ for the base run. The vertical line identifies the range used for shrinkage to age in the terminal ages. Points correspond to individual cohorts.

b. Discard run**Table 4.** Estimates of stock number-at-age for the discard run.

age	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0	1.2342e+06	1.2608e+06	1.2960e+06	1.2736e+06	1.2578e+06	1.2099e+06
1	9.9524e+05	1.0067e+06	1.0307e+06	1.0589e+06	1.0383e+06	1.0241e+06
2	7.1831e+05	7.2933e+05	7.5615e+05	7.6961e+05	7.5198e+05	7.5689e+05
3	4.3199e+05	4.2551e+05	4.4068e+05	4.5496e+05	4.2690e+05	4.4040e+05
4	1.9422e+05	1.9654e+05	1.8446e+05	1.8665e+05	1.6873e+05	1.7326e+05
5	9.3051e+04	1.0660e+05	1.0379e+05	9.2859e+04	8.4970e+04	8.0927e+04
6	4.6495e-01	2.2168e+00	1.7596e+00	1.9186e+00	1.2792e+00	5.1920e-01

age	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	1.2423e+06	1.2567e+06	1.2202e+06	1.2848e+06	1.4295e+06	1.3295e+06
1	9.8121e+05	1.0089e+06	1.0212e+06	9.9276e+05	1.0480e+06	1.1602e+06
2	7.2302e+05	7.0144e+05	7.3098e+05	7.3210e+05	7.0825e+05	7.5403e+05
3	4.0946e+05	4.0500e+05	3.9870e+05	4.1488e+05	3.9653e+05	3.9480e+05
4	1.6632e+05	1.6255e+05	1.7107e+05	1.6584e+05	1.6789e+05	1.6526e+05
5	7.9825e+04	7.9649e+04	8.0123e+04	8.6511e+04	7.6669e+04	8.5291e+04
6	1.0600e+01	1.1466e-01	1.0407e+00	1.0089e+00	1.3154e+00	3.8137e+03

age	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0	1.2911e+06	1.2961e+06	1.2142e+06	1.3392e+06	1.2602e+06	9.8803e+05
1	1.0885e+06	1.0535e+06	1.0479e+06	9.9211e+05	1.0964e+06	1.0297e+06
2	8.3687e+05	7.5517e+05	7.3375e+05	7.5298e+05	7.1558e+05	7.8692e+05
3	4.5211e+05	4.4824e+05	3.9797e+05	3.9393e+05	4.0462e+05	3.7624e+05
4	1.7998e+05	1.6520e+05	1.6777e+05	1.7058e+05	1.6216e+05	1.5251e+05
5	8.6852e+04	7.9837e+04	7.1112e+04	8.2665e+04	7.7683e+04	7.3183e+04
6	2.5437e+00	7.5144e-01	9.8488e-01	1.3551e+00	5.4182e-01	1.3865e+04

age	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	1.1021e+06	1.0707e+06	9.7041e+05	1.3209e+06	1.3947e+06	1.0717e+06
1	8.0893e+05	8.8846e+05	8.5994e+05	7.4076e+05	1.0792e+06	1.1280e+06
2	7.5016e+05	5.5920e+05	6.1818e+05	6.5042e+05	5.4117e+05	7.8049e+05
3	4.7576e+05	4.2172e+05	2.7005e+05	3.3894e+05	3.4918e+05	2.5980e+05
4	1.5660e+05	2.1255e+05	1.7287e+05	1.4522e+05	1.4232e+05	1.1842e+05
5	7.5040e+04	7.1531e+04	1.1866e+05	7.7781e+04	6.5026e+04	6.2664e+04
6	1.0347e+00	1.4962e+00	5.7857e-01	1.2411e+00	1.3141e+00	1.6382e+03

age	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	1.0340e+06	1.1289e+06	9.8426e+05	7.8385e+05	1.0782e+06	8.3685e+05
1	8.6933e+05	8.4657e+05	9.2362e+05	7.6178e+05	6.3975e+05	8.8260e+05
2	7.8098e+05	5.7365e+05	5.6602e+05	5.3152e+05	5.3587e+05	4.5098e+05
3	2.8736e+05	3.8168e+05	2.7195e+05	3.0145e+05	2.8763e+05	3.0096e+05
4	1.7203e+05	1.6102e+05	1.4279e+05	1.4192e+05	1.3423e+05	1.3330e+05
5	3.1571e+04	6.8922e+04	7.5002e+04	7.0175e+04	7.5455e+04	7.1796e+04
6	2.2850e+03	1.5430e+00	2.6183e-01	1.6989e+00	1.8414e+00	1.4985e+00

age	2015	2016	2017	2018
0	7.6740e+05	6.4841e+05	8.0051e+05	8.7248e+05
1	6.8515e+05	6.2830e+05	5.3087e+05	6.5506e+05
2	6.5964e+05	4.8466e+05	4.1899e+05	3.7207e+05
3	2.2358e+05	2.9183e+05	2.3144e+05	2.1363e+05
4	1.3903e+05	1.3570e+05	1.0019e+05	9.0753e+04
5	6.8908e+04	6.0675e+04	6.6368e+04	4.4249e+04
6	4.4352e+03	2.0470e+04	2.3355e+00	8.1960e-01

Table 5. Estimates of harvest-at-age for the discard run.

age	1985	1986	1987	1988	1989	1990
0	3.6919e-03	1.5087e-03	2.0751e-03	4.2897e-03	5.5152e-03	9.4803e-03
1	1.1086e-01	8.6216e-02	9.2098e-02	1.4228e-01	1.1610e-01	1.4816e-01
2	3.2361e-01	3.0380e-01	3.0803e-01	3.8934e-01	3.3503e-01	4.1437e-01
3	5.8752e-01	6.3586e-01	6.5910e-01	7.9190e-01	7.0177e-01	7.7375e-01
4	3.9988e-01	4.3856e-01	4.8634e-01	5.8692e-01	5.3475e-01	5.7494e-01
5	3.5546e-01	3.6611e-01	3.8639e-01	4.7761e-01	4.2191e-01	4.7780e-01
6	3.5546e-01	3.6611e-01	3.8639e-01	4.7761e-01	4.2191e-01	4.7780e-01
age	1991	1992	1993	1994	1995	1996
0	8.1094e-03	7.5180e-03	6.2382e-03	3.7251e-03	8.7748e-03	1.6182e-09
1	1.3565e-01	1.2222e-01	1.3284e-01	1.3770e-01	1.2921e-01	1.2667e-01
2	3.7955e-01	3.6493e-01	3.6639e-01	4.1317e-01	3.8442e-01	3.1152e-01
3	7.2383e-01	6.6182e-01	6.7719e-01	7.0468e-01	6.7525e-01	5.8554e-01
4	5.3630e-01	5.0745e-01	4.8179e-01	5.7151e-01	4.7725e-01	4.4330e-01
5	4.4383e-01	4.1410e-01	4.1455e-01	4.5676e-01	4.1653e-01	3.6676e-01
6	4.4383e-01	4.1410e-01	4.1455e-01	4.5676e-01	4.1653e-01	3.6676e-01
age	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0	3.3923e-03	1.2537e-02	2.0464e-03	1.2937e-05	2.0096e-03	6.5216e-09
1	1.6566e-01	1.6170e-01	1.3053e-01	1.2674e-01	1.3171e-01	1.1677e-01
2	4.2433e-01	4.4056e-01	4.2199e-01	4.2108e-01	4.4287e-01	3.0321e-01
3	8.0676e-01	7.8272e-01	6.4718e-01	6.8760e-01	7.7575e-01	6.7651e-01
4	6.1284e-01	6.4290e-01	5.0783e-01	5.8656e-01	5.9561e-01	5.0918e-01
5	5.0240e-01	5.0697e-01	4.2688e-01	4.5853e-01	5.0768e-01	4.2672e-01
6	5.0240e-01	5.0697e-01	4.2688e-01	4.5853e-01	5.0768e-01	4.2672e-01
age	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0	1.5458e-02	1.9247e-02	7.0041e-02	2.0814e-03	1.2224e-02	9.2943e-03
1	1.6920e-01	1.6271e-01	7.9246e-02	1.1395e-01	1.2410e-01	1.6763e-01
2	3.7594e-01	5.2789e-01	4.0096e-01	4.2204e-01	5.3381e-01	7.9918e-01
3	6.0574e-01	6.9179e-01	4.2037e-01	6.6775e-01	8.8131e-01	2.1226e-01
4	5.8358e-01	3.8292e-01	5.9865e-01	6.0346e-01	6.2029e-01	1.1220e+00
5	4.6966e-01	4.7799e-01	5.7839e-01	5.5081e-01	5.2639e-01	5.5253e-01
6	4.6966e-01	4.7799e-01	5.7839e-01	5.5081e-01	5.2639e-01	5.5253e-01
age	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	1.5045e-05	6.9921e-04	5.6230e-02	3.1339e-03	1.6575e-04	7.3432e-06
1	2.1571e-01	2.0256e-01	3.5257e-01	1.5176e-01	1.4966e-01	9.1175e-02
2	5.1595e-01	5.4641e-01	4.3003e-01	4.1406e-01	3.7693e-01	5.0163e-01
3	3.7919e-01	7.8319e-01	4.5036e-01	6.0903e-01	5.6907e-01	5.7227e-01
4	7.1469e-01	5.6404e-01	5.1041e-01	4.3171e-01	4.2575e-01	4.5984e-01
5	3.5652e-01	5.6413e-01	4.2346e-01	4.0519e-01	3.6357e-01	3.5588e-01
6	3.5652e-01	5.6413e-01	4.2346e-01	4.0519e-01	3.6357e-01	3.5588e-01
age	2015	2016	2017	2018		
0	1.0066e-10	3.7639e-08	5.1508e-04	4.7104e-03		
1	1.4618e-01	2.0516e-01	1.5545e-01	1.0716e-01		
2	6.1552e-01	5.3913e-01	4.7362e-01	4.6508e-01		
3	2.9933e-01	8.6905e-01	7.3618e-01	6.9124e-01		
4	6.2916e-01	5.1524e-01	6.1728e-01	5.5095e-01		
5	2.4454e-01	4.5336e-01	4.0227e-01	4.8793e-01		
6	2.4454e-01	4.5336e-01	4.0227e-01	4.8793e-01		

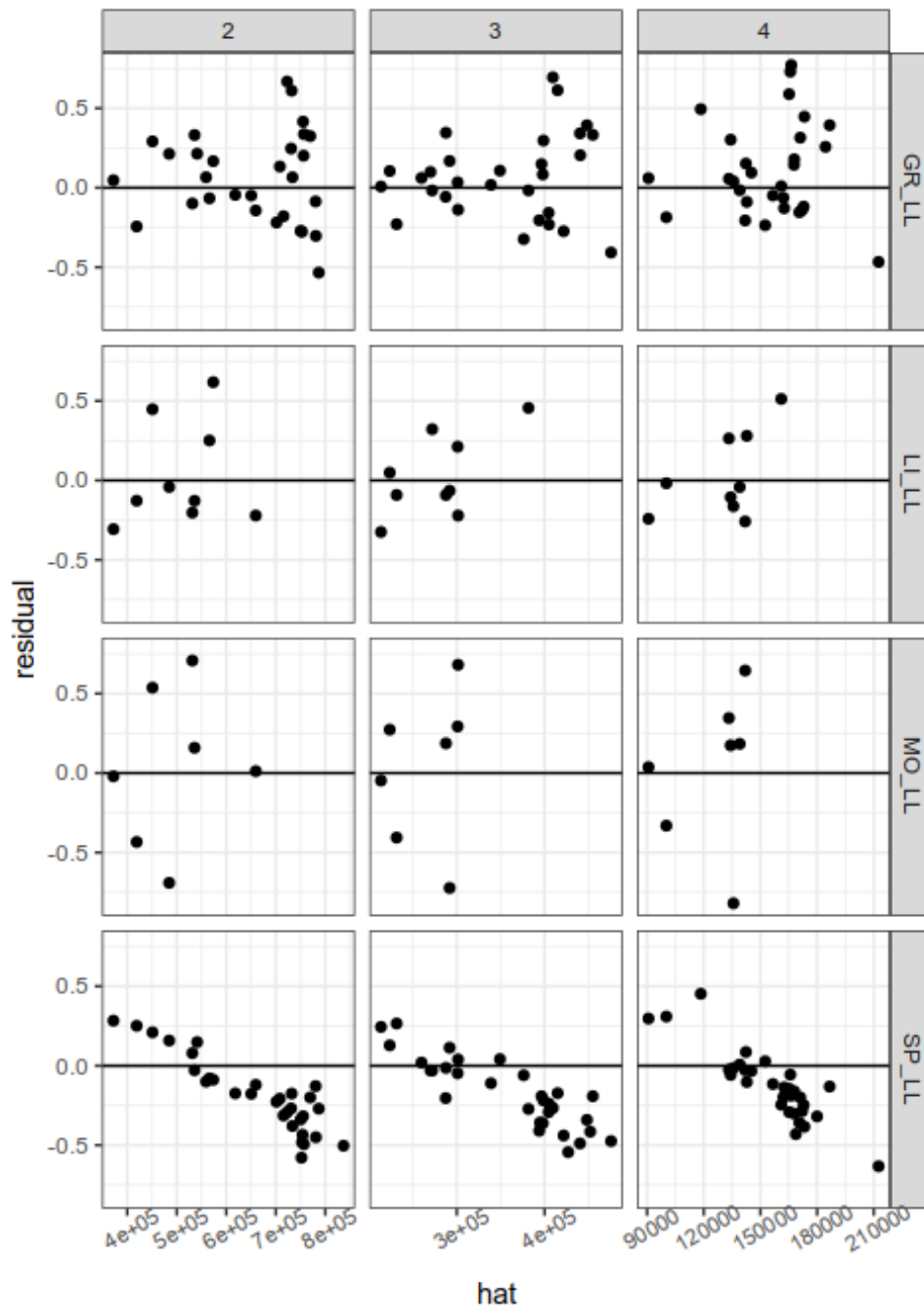


Figure 9. Residuals against fitted value for the discard run.

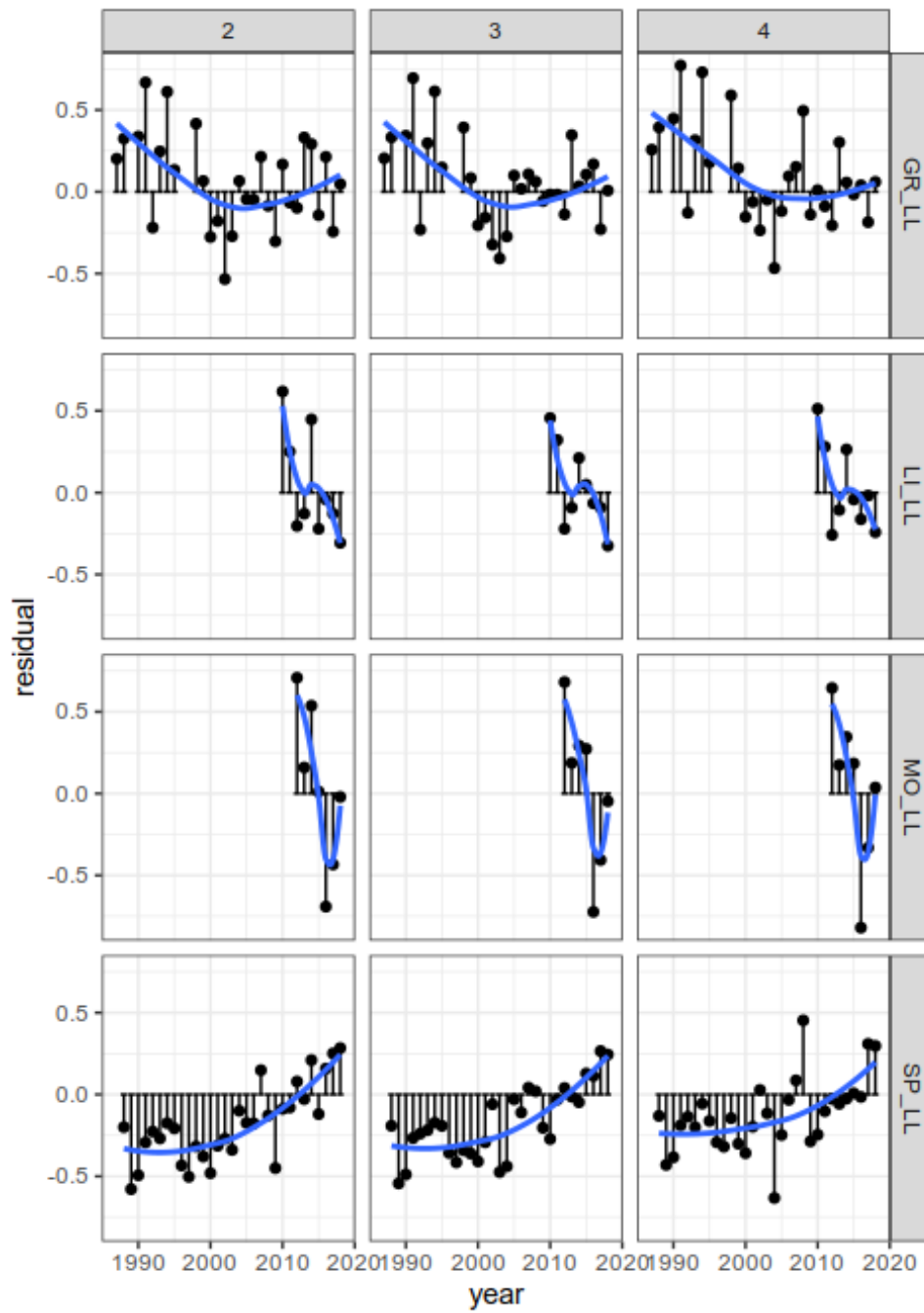


Figure 10. Residuals by fleet against year for the discard run.

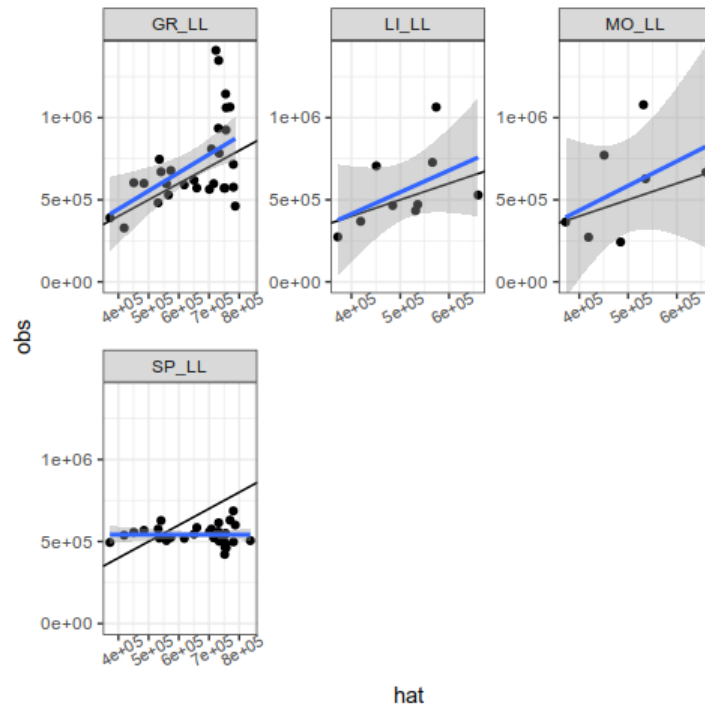


Figure 11. Calibration regression plots for age 2 for the discard run. The blue line is a linear regression fitted to the residual pairs and the black line is the $y=x$ line. If the index is proportional to stock abundance, then the blue and black lines should coincide.

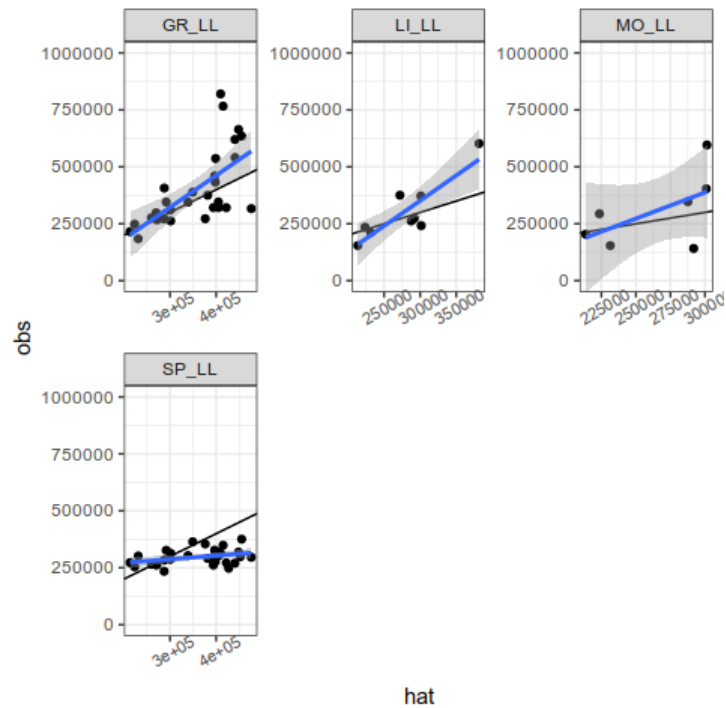


Figure 12. Calibration regression plots for age 3 for the discard run. The blue line is a linear regression fitted to the residual pairs and the black line is the $y=x$ line. If the index is proportional to stock abundance, then the blue and black lines should coincide.

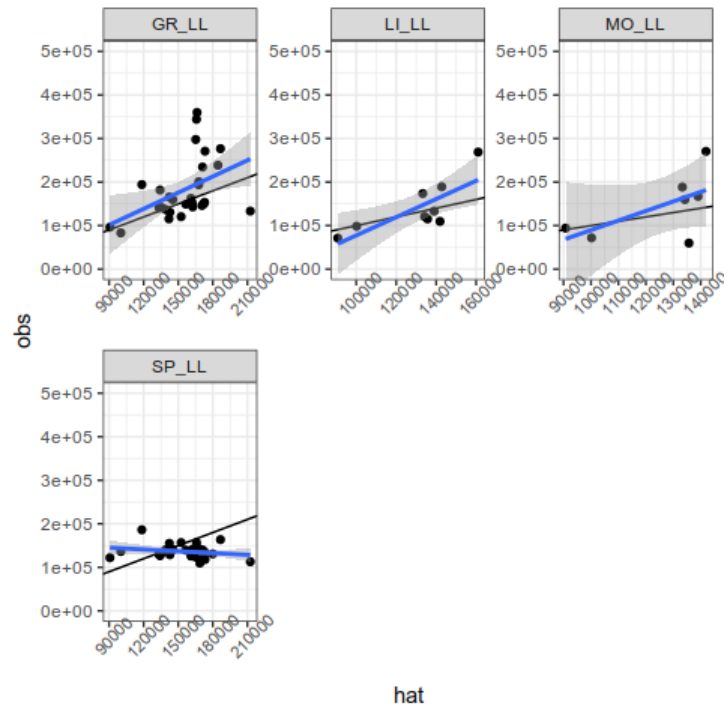


Figure 13. Calibration regression plots for age 4 for the discard run. The blue line is a linear regression fitted to the residual pairs and the black line is the $y=x$ line. If the index is proportional to stock abundance, then the blue and black lines should coincide.

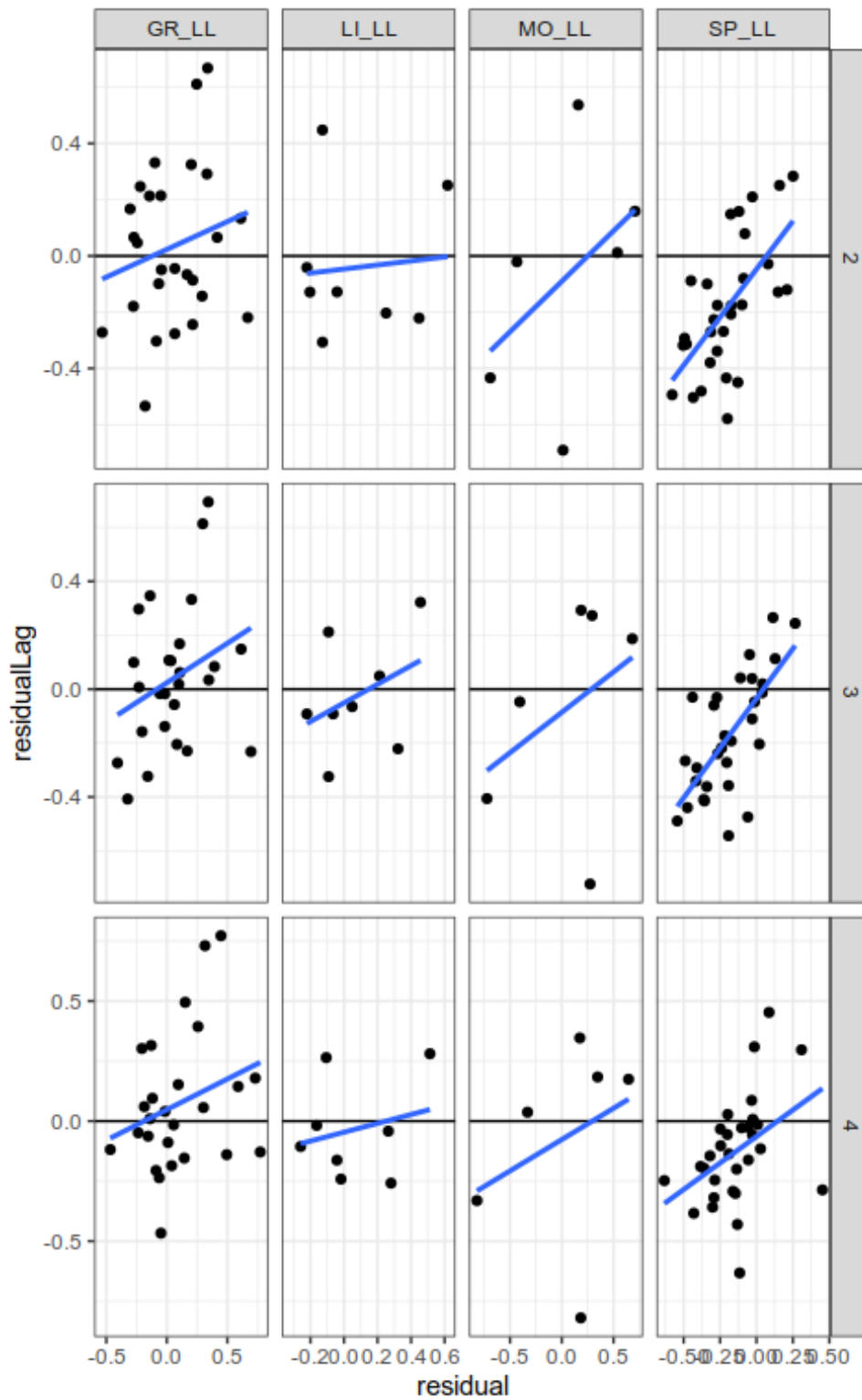


Figure 14. AR plots of lagged residuals for the discard run. The blue line is the regression fitted to the data pairs. If residuals are uncorrelated then the slope of the regression should be 0.

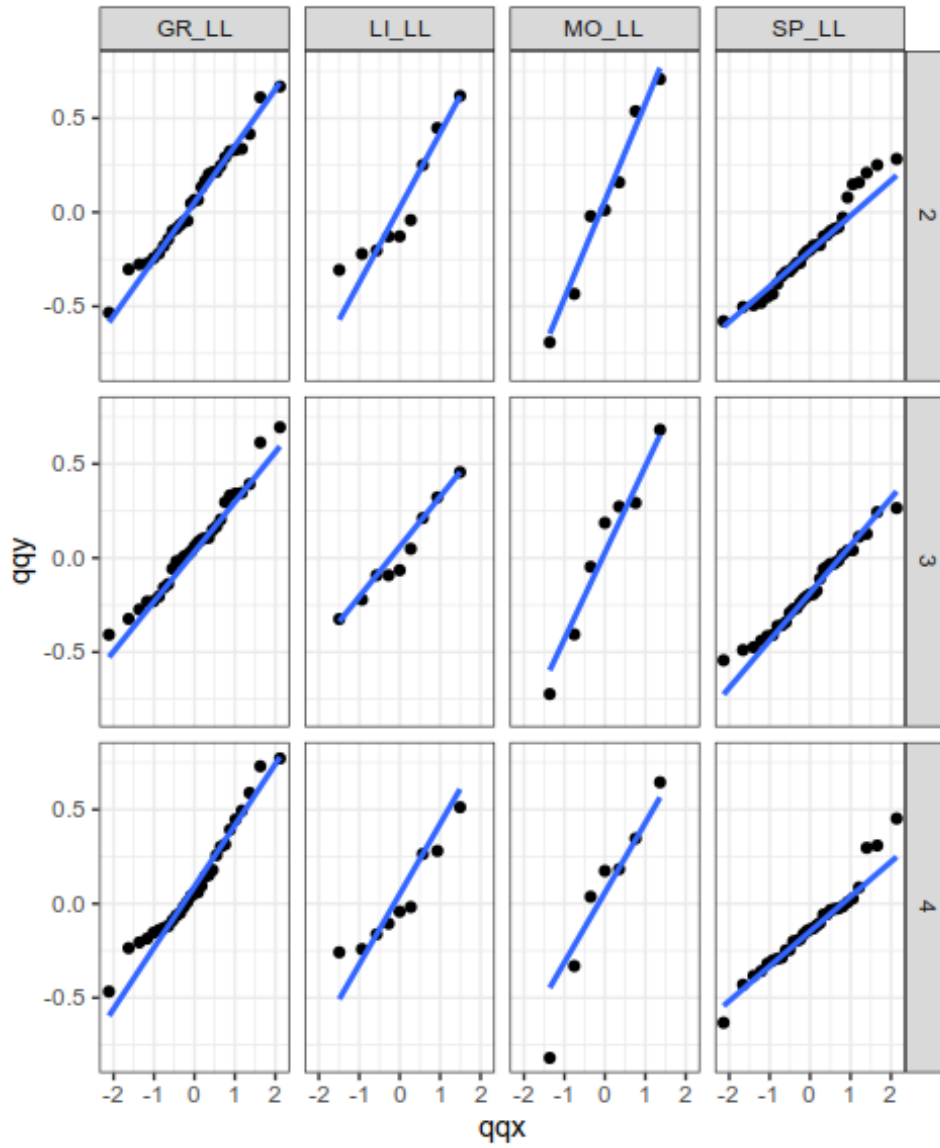


Figure 15. QQ plots to check for log normality (i.e. points and line should coincide) for the discard run.

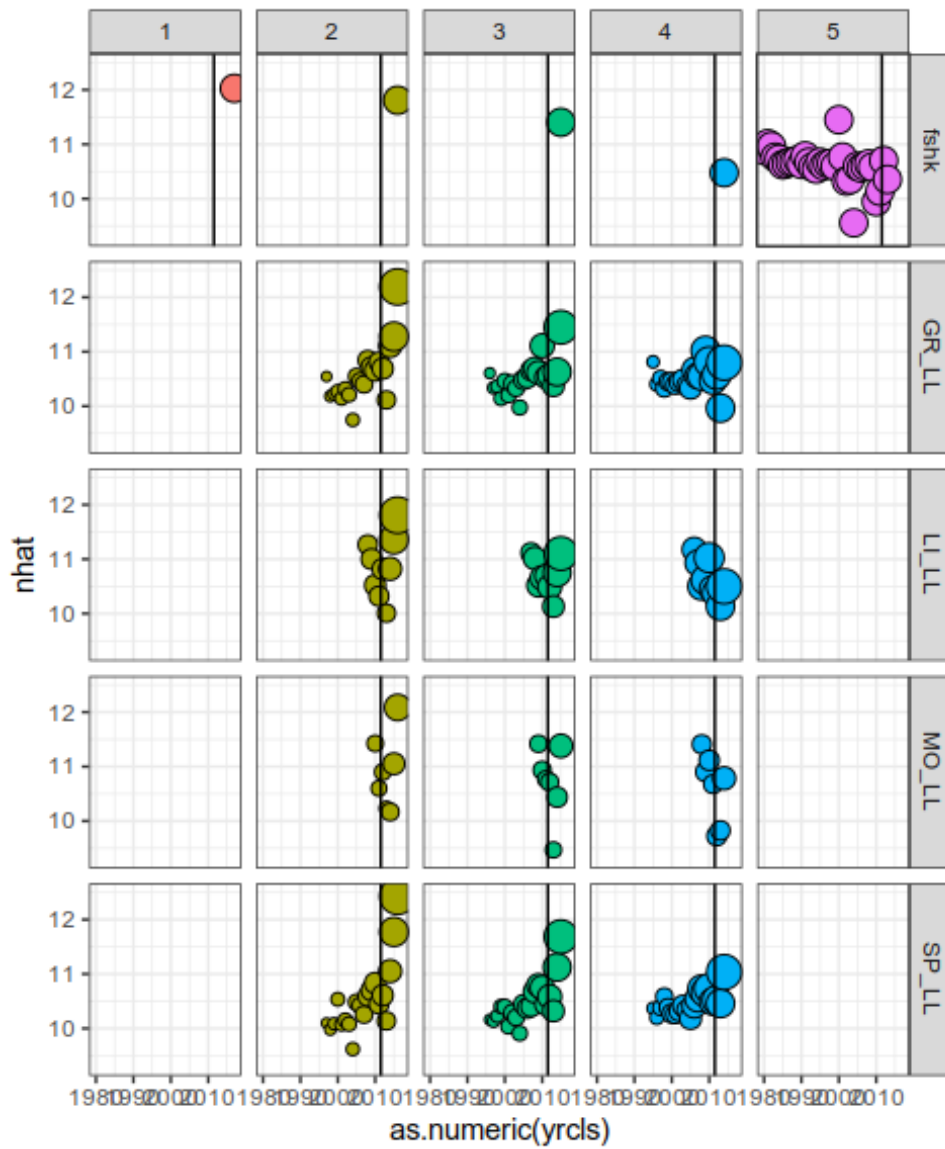


Figure 16. Weights for terminal year Ns for each CPUE observation and shrinkage to the mean $F(fshk)$ for the discard run. Vertical line identifies the range used for shrinkage to age in the terminal ages. Points correspond to individual cohorts.

A4A FINAL RUNS

1. Introduction

The final runs of the Mediterranean Swordfish, using statistical catch-at-age method a4a, are presented in the current document. Following the recommendation of the Group, the assessments assumed a constant natural mortality considered adequate to assess the status of the stock. The Group requested for two final a4a runs, assuming constant mortality vector with and without discards. The final runs took into consideration an additional standardized CPUE index, the one of the Ligurian surface longliners, expressed in biomass.

2. Materials and Methods

The final a4a runs used CAA data from 1985 to 2018 and five standardized CPUE biomass indices were considered. The first run assumed a constant mortality vector $M = 0.2$, while the second assumed also a constant M including discards estimates as derived from the SCRS/2020/028. The six CPUE indices are: Greek longliners (SCRS/2020/021), Moroccan longliners (SCRS/2020/026), Spanish longliners (SCRS/2020/043), Ligurian longliners (SCRS/2020/027), Sicilian longliners (SCRS/2014/105) and the historical Ligurian surface longliners (SCRS/2014/112) as suggested by the Group. All indices were considered representative of ages 2 – 4. The standardized CPUE indices are shown in **Figure 1**.

The same final model setup was applied in the two runs and the structure of submodels can be found in **Table 1**. Age plus group was set to 5 and the F range was set to ages 2 – 4.

3. Results

The results among the runs were considered similar, besides the estimated recruitment in recent years where the discards run estimation was a bit higher. A downward trend in the residuals, begging in the mid-1990s is present in both runs. Moreover, the uncertainty around estimates of the recruitment appeared high in both cases at the end of the time series. The trajectory of SSB revealed a slight declining trend and after the mid-2000s fluctuated around 7,500 t. The results of the two final runs are plotted in **Figures 2** and **3**. Diagnostic tests were performed for both CAA and standardized CPUE indices residuals and are presented in **Figures 4 - 7**. A negative pattern in the recruitment residuals is present in both runs, where it should be noted that this was probably the result of lack of a tuning index for age 0. Quantile – quantile plots for both CAA and standardized CPUE indices showed some heavy tails in the recruitment and are presented in **Figures 8** and **9**. Retrospective analysis conducted for both cases did not show any particular pattern, except some discrepancies that were observed for recruitment. The retrospective analysis for each run is presented in **Figures 10** and **11**. MCMC runs were performed for the two final runs as an alternative to the maximum likelihood estimation (MLE) that is being used as a default estimation procedure in the assessment. The plots comparing maximum likelihood estimation and MCMC are presented in **Figures 12** and **13**. Comparisons of the results between the two approaches are presented in **Figure 14**. For the estimation of biological reference points, a Beverton Holt Stock Recruitment relationship was assumed. Given the lack of sufficient data, an empirical relationship with high steepness value was developed. The reference points values along the final year's estimation for the SSB and F are presented in **Table 2**.

Table 1. Sub-models set up for the final a4a runs assuming constant M and discards run. ~1 stands for the constant model while ~s() are thin plate regression splines.

F-at-age F	~s(year, k = 17) + s(age, k = 3)
Recruitment R	~s(year, k = 15)
Catchability Q	~1 for GG_LL, SP_LL, SI_LL ~s(year, k = 3) for MO_LL ~s(year, k = 3) for LI_LL ~s(year, k = 9) for LI_SUR
Observation Variance of the catch σ^2	~s(age, k = 3)
Observation Variance of the indices τ^2	~1 for all indices
Initial age structure N	~s(age, k = 3)

Table 2. Biological reference points and terminal values for F and SSB for the two a4a final runs.

Estimates	Constant M	Discards
F_{2018}	0.536	0.702
SSB	7312	6332
MSY	14548	13783
F_{MSY}	0.383	0.375
B_{MSY}	45862	43513
F/F_{MSY}	1.397	1.871
B/B_{MSY}	0.500	0.518

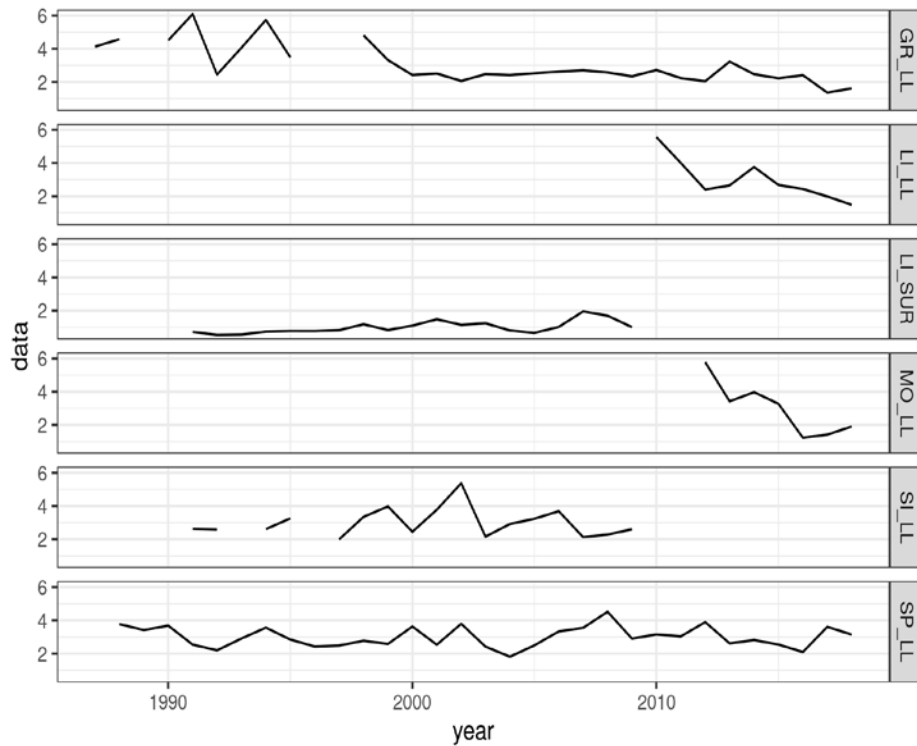


Figure 1. Time series of scaled standardized CPUE indices by fleet: GR_LL = Greek longline, SP_LL = Spanish longline, MO_LL = Moroccan longline, LI_LL = Ligurian longline, SI_LL = Sicilian longline. LI_SUR = Ligurian Surface longline.

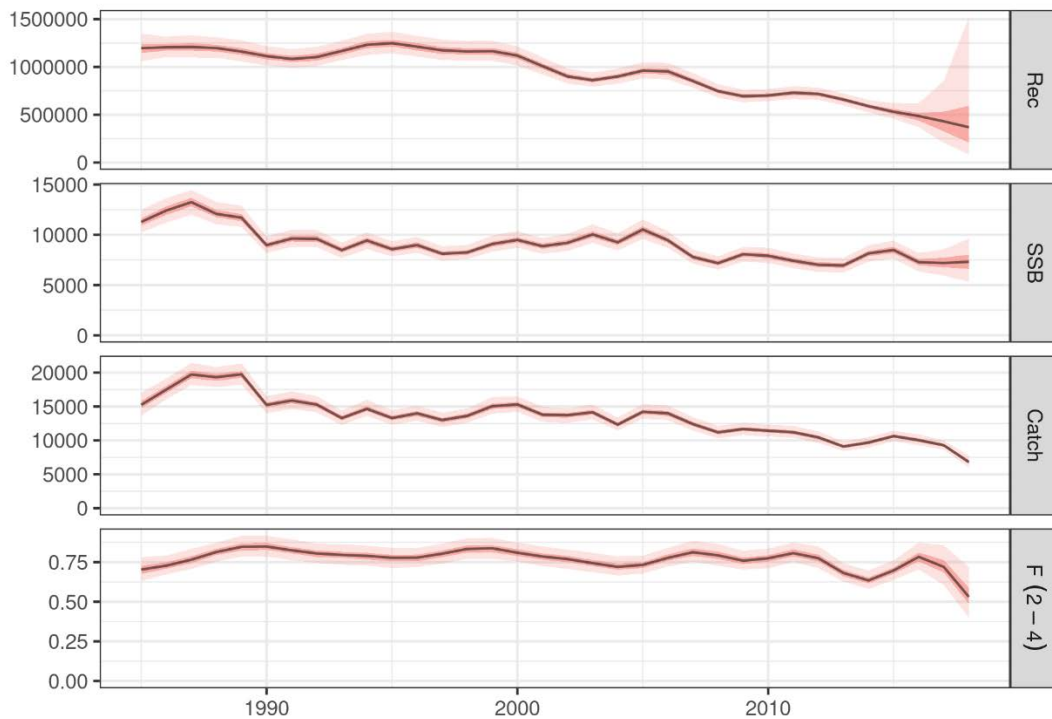


Figure 2. Estimated time series for the Constant M run. 50% and 90% CIs.

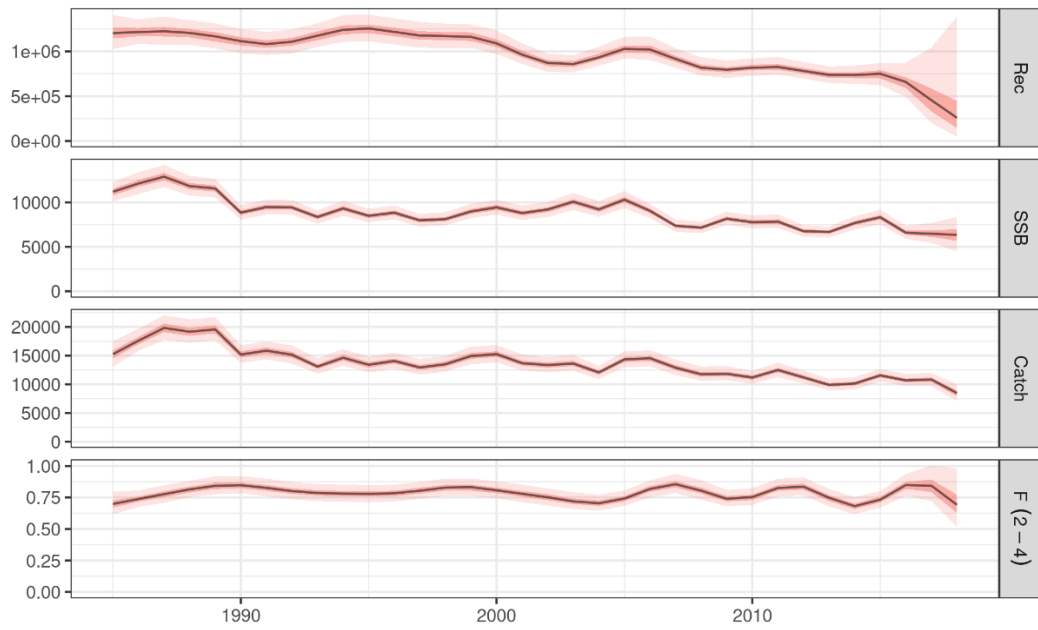


Figure 3. Estimated time series for the Discards run. 50% and 90% CIs.

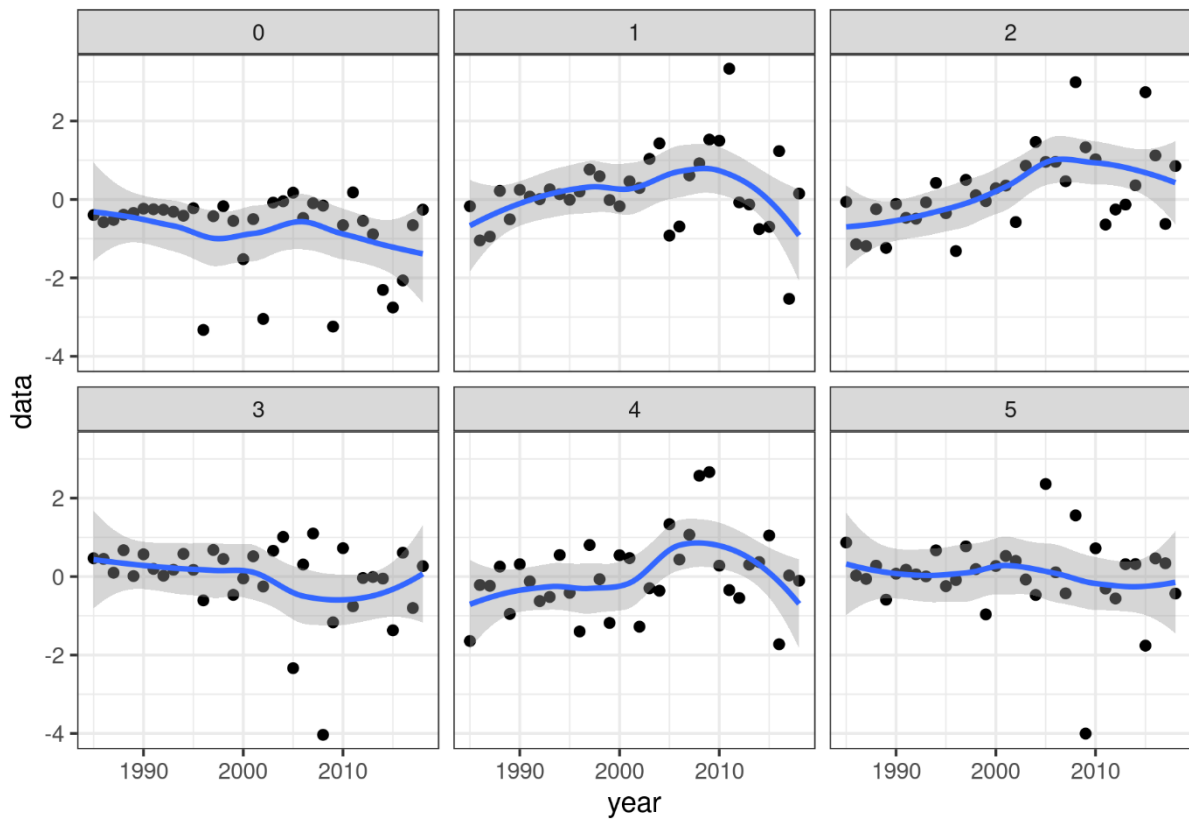


Figure 4. Standardized residuals for catch numbers for Constant M run.

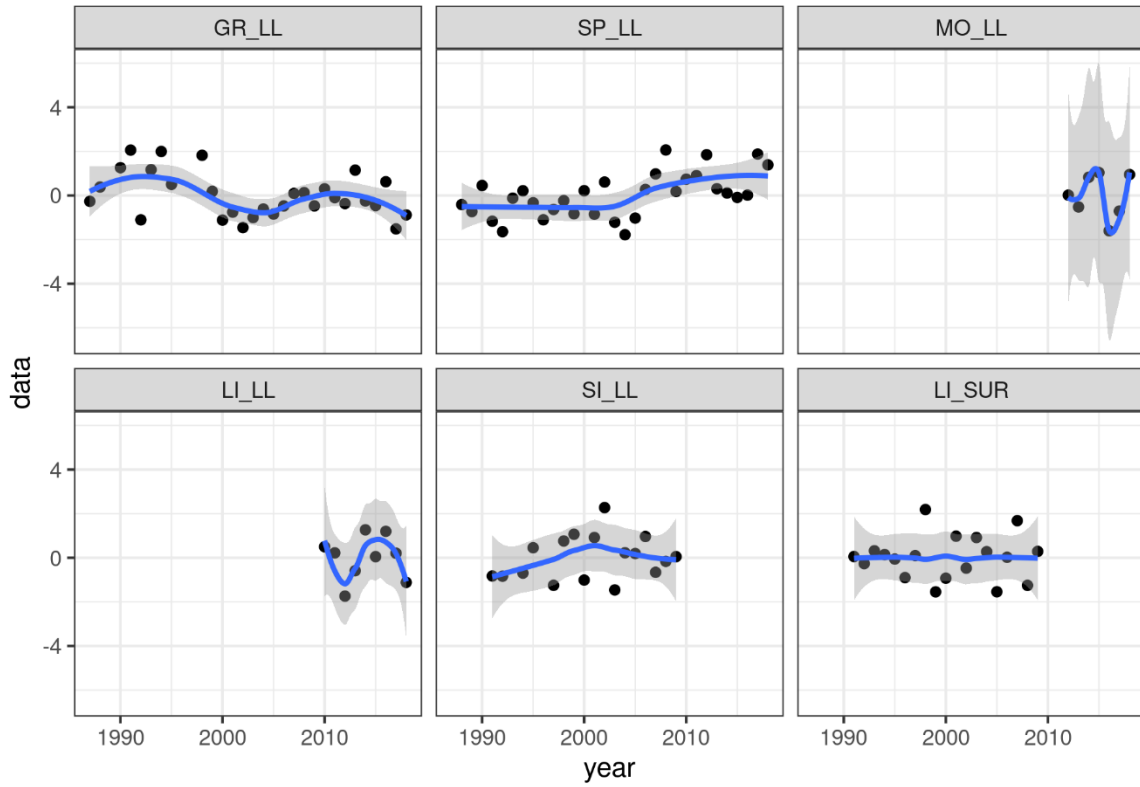


Figure 5. Standardized residuals for biomass indices for Constant M run.

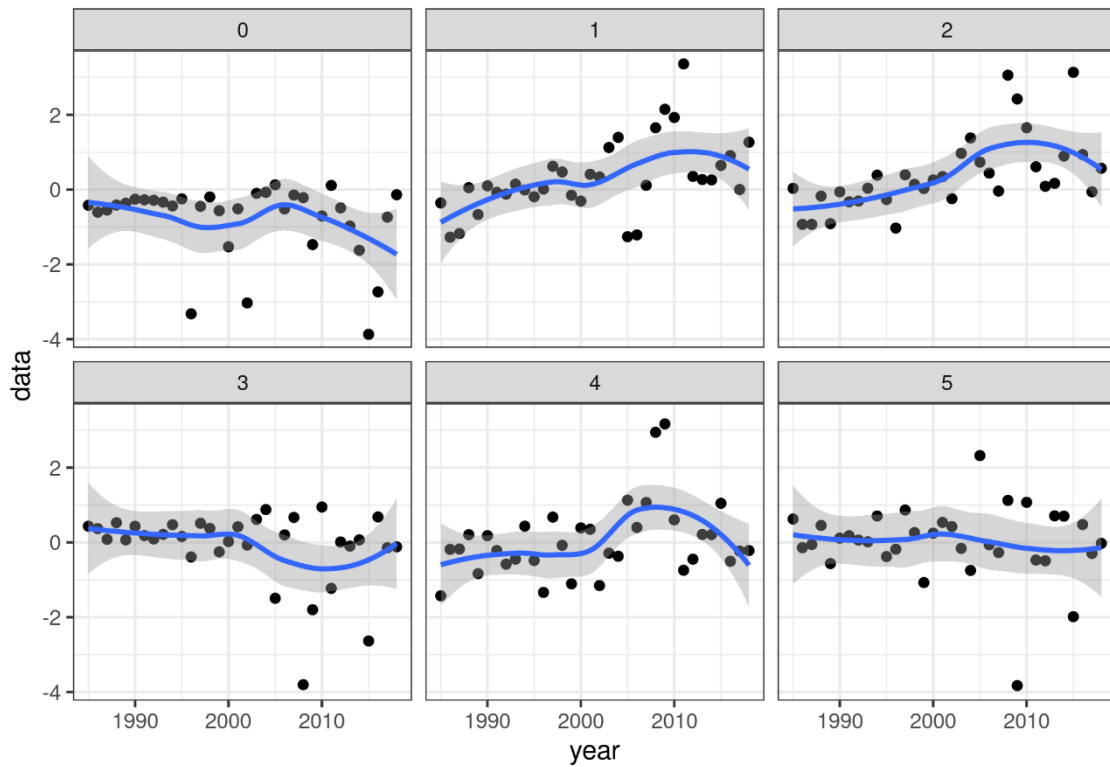


Figure 6. Standardized residuals for catch numbers for Discards run.

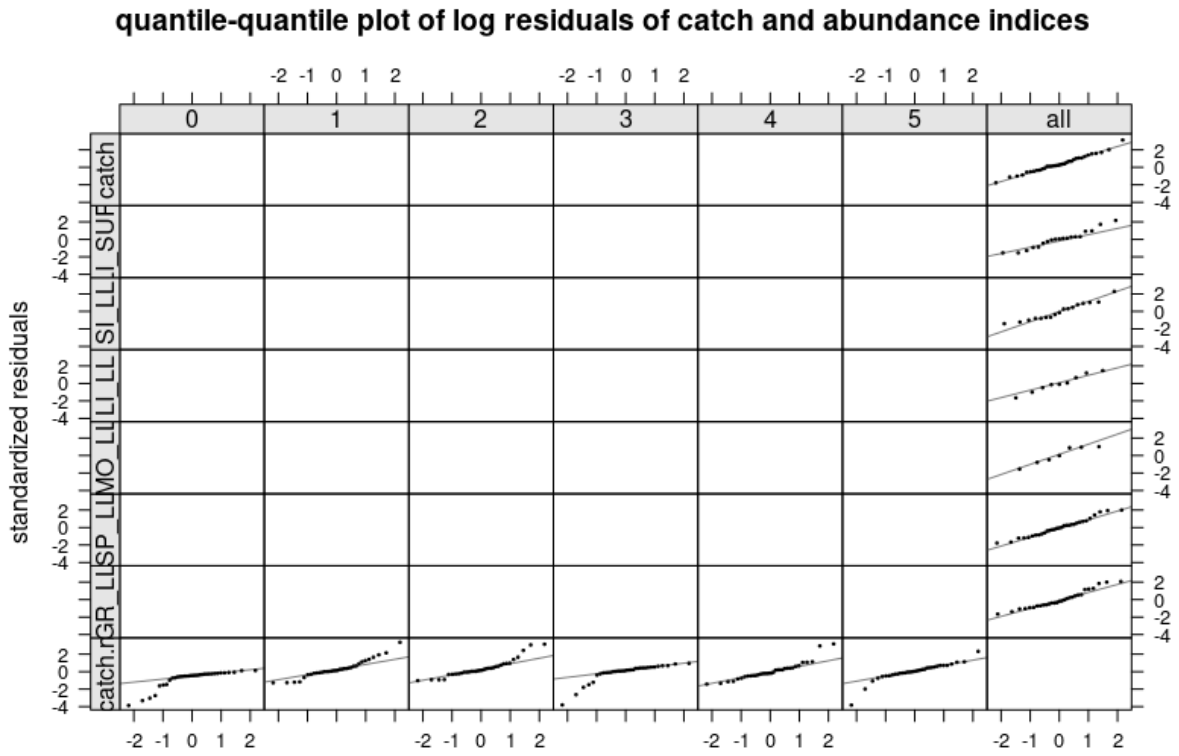


Figure 9. Quantile - quantile plots for catch numbers and biomass indices for Discards run.

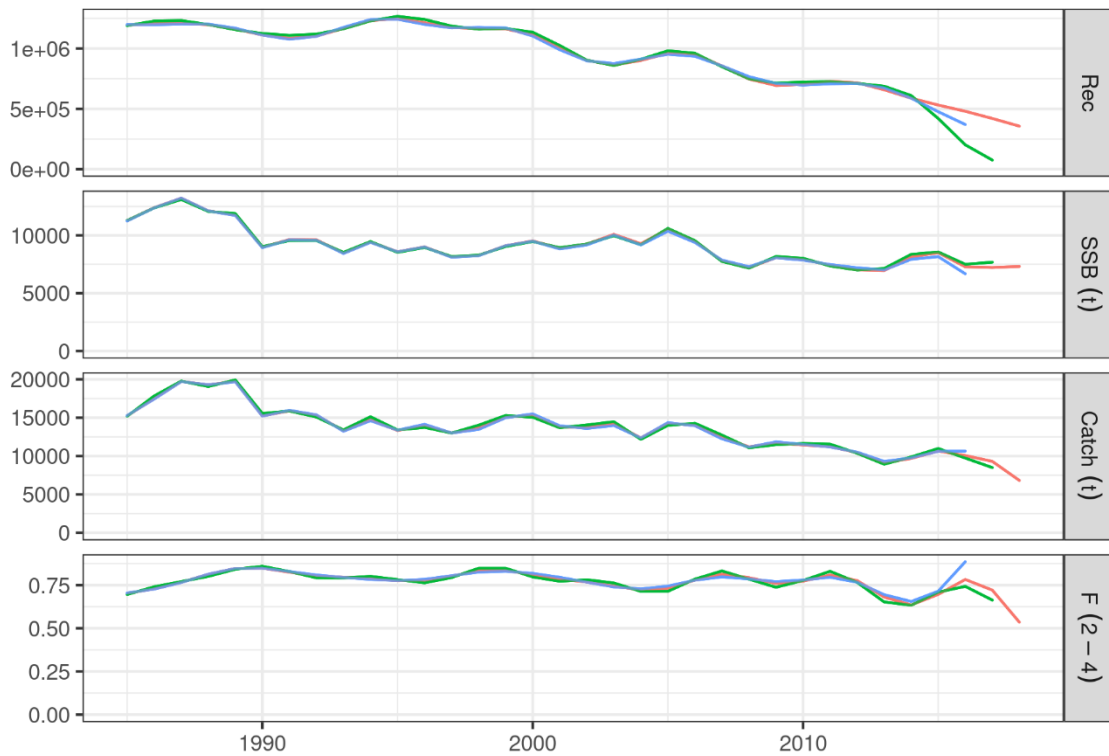


Figure 10. Retrospective plots for Constant M run.

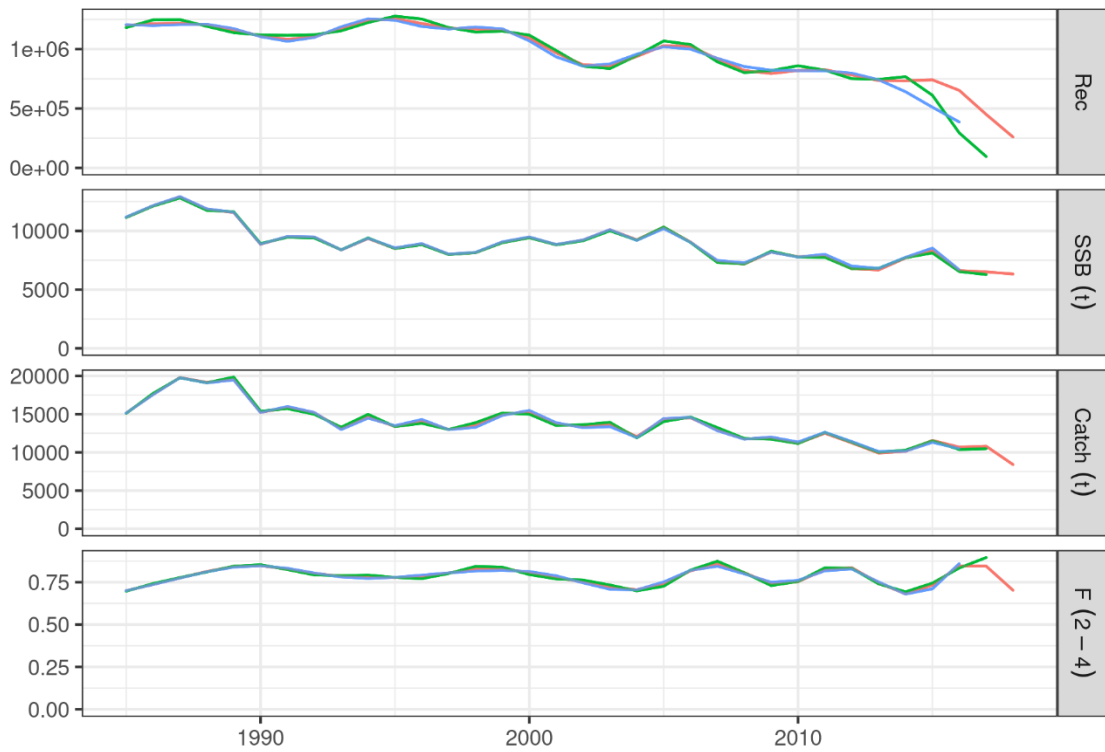


Figure 11. Retrospective plots for Discards run.

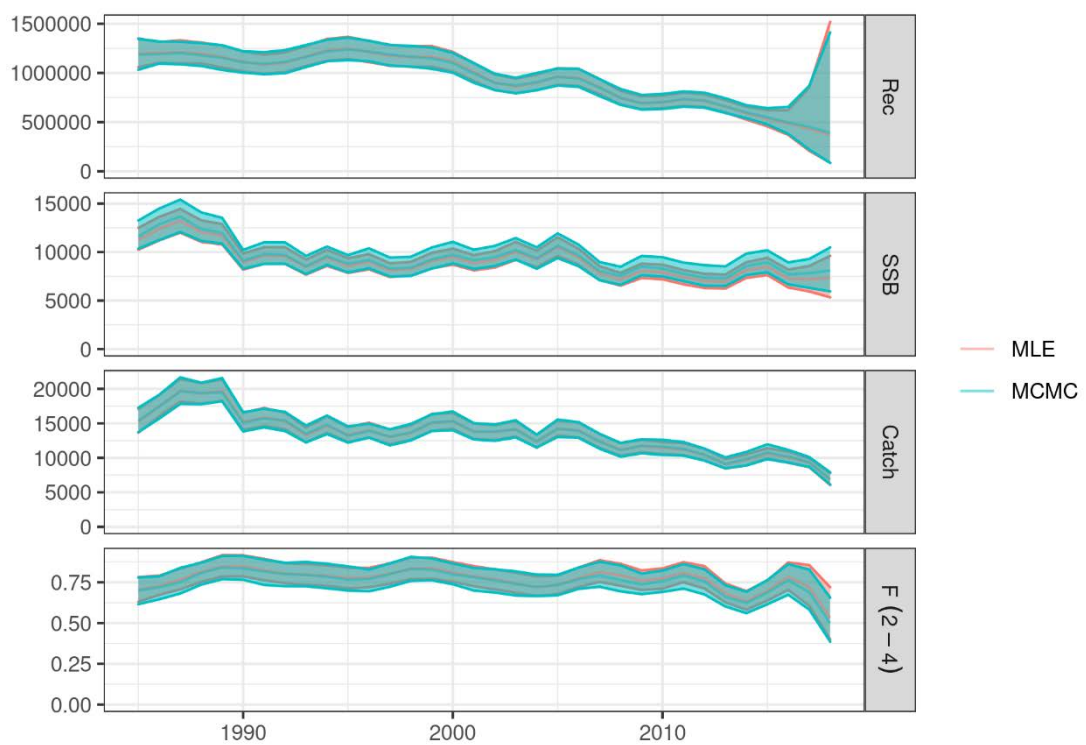


Figure 12. Comparative plot between MLE fit and MCMC for Constant M run.

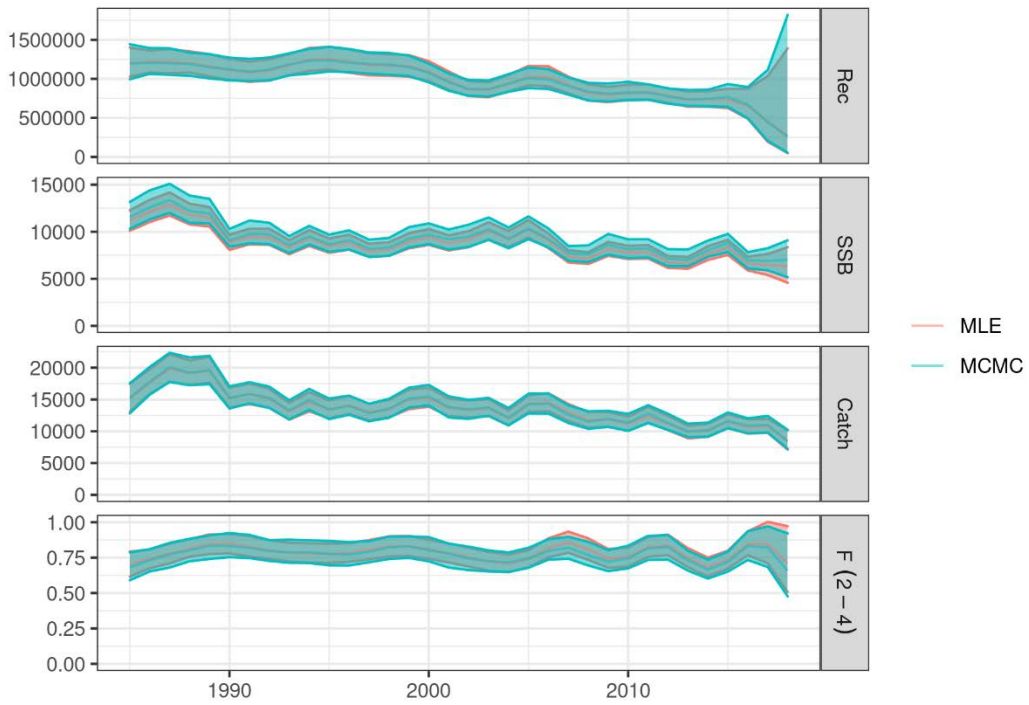


Figure 13. Comparative plot between MLE fit and MCMC for Discards run.

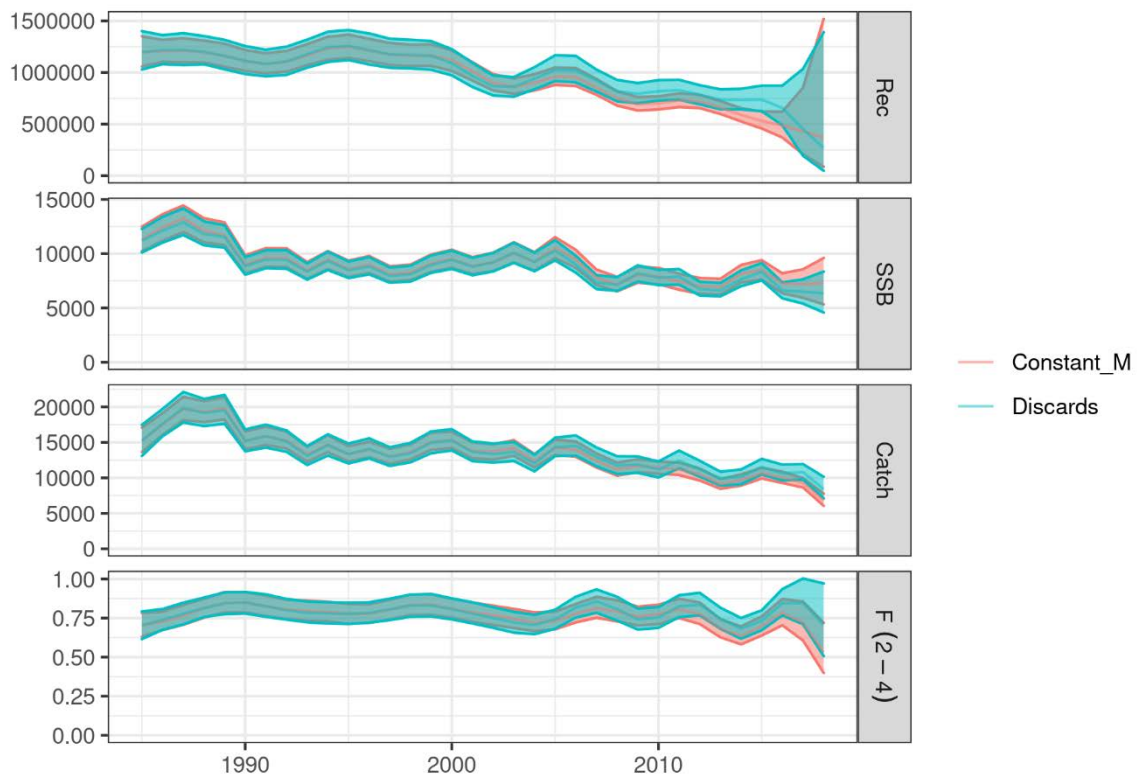


Figure 14. Comparative plot between Constant M run and Discards.