

Informe de la reunión de ICCAT de 2023 de evaluación del stock de tiburón azul
(híbrida, Madrid, España, 17-21 de julio)

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

La reunión se celebró en Madrid, España, del 17 al 21 de julio de 2023. El relator del Grupo de especies de tiburones y presidente de la reunión, el Sr. Rodrigo Forselledo, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes (el Grupo). El Sr. Camille Manel, secretario ejecutivo de ICCAT, también dio la bienvenida a los participantes y les deseó éxito en la reunión. El presidente procedió a examinar el orden del día que fue adoptado sin cambios (**Apéndice 1**).

La lista de participantes se adjunta como **Apéndice 2**. La lista de documentos presentados a la reunión se adjunta como **Apéndice 3**. Los resúmenes de la presentación y del documento se incluyen como **Apéndice 4**. Los siguientes participantes actuaron como relatores:

<i>Secciones</i>	<i>Relator</i>
Punto 1.	N.G. Taylor
Puntos 2.1-2.6	N.G. Taylor, M. Braccini
Punto 3.1	B. Babcock, X. Zhang
Punto 3.2	H. Bowlby, G. Cardoso, D. Courtney
Punto 3.3	R. Sant'Ana, C. Fernández, M. Ortiz
Punto 3.4	L. Kell
Punto 4.1	B. Babcock, X. Zhang
Punto 4.2	G. Cardoso, D. Courtney, J. Rice, H. Bowlby
Puntos 4.3-4.4	R. Sant'Ana, C. Fernández, A. Kimoto, H. Bowlby
Punto 4.5	A. Kimoto, J. Rice
Punto 5.	M. Ortiz, A. Kimoto
Punto 6.	G. Díaz, R. Coelho, R. Forselledo
Punto 7.	C. Brown, R. Forselledo
Punto 8.	A. Domingo
Punto 9.	J.C. Báez
Punto 10.	N.G. Taylor

2. Resumen de los datos disponibles para la evaluación

2.1 Identidad del stock

El presidente revisó las decisiones tomadas sobre la estructura del stock en la [Reunión de preparación de datos sobre el tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023). Recordó al Grupo que los datos de marcado apoyaban un grado de mezcla bajo entre los stocks del norte y del sur y que los análisis genéticos apoyaban un grado de mezcla bajo entre los stocks del norte y del Mediterráneo. Sin embargo, el Grupo acordó que los datos no eran suficientes para apoyar la evaluación de los stocks del norte y del sur como población mixta. Para la evaluación del stock de 2023, el Grupo acordó mantener las designaciones de stock actuales. La evaluación del stock de 2023 se realizó únicamente para los stocks del norte y del sur.

2.2 Capturas

La Secretaría presentó las series actualizadas de capturas nominales. Los datos disponibles se publicaron en el Nextcloud de la reunión para que los revisaran los participantes, junto con un panel de control que permitía a los usuarios revisar y visualizar los datos disponibles. La Secretaría revisó también las tres series de capturas de las CPC que se facilitaron tras la [Reunión de preparación de datos sobre el tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023). Las revisiones fueron poco significativas, y las series de capturas para la evaluación siguieron siendo casi idénticas a las presentadas en la reunión de preparación de datos. Las diferencias entre las series de datos utilizadas en la modelación y los datos de capturas actualizados de Tarea 1 fueron inferiores al 0,5%. Por lo tanto, los datos de capturas utilizados para la modelación no se actualizaron para incluir estas revisiones. Los datos de capturas utilizados en la modelación se presentan en la **Figura 1**. En

la **Tabla 1** y la **Tabla 2** se presentan los datos de capturas del stock de tiburón azul del norte y del sur por flota.

El Grupo observó que las series de capturas del mar Mediterráneo siguen estando incompletas. Para permitir futuras evaluaciones de stock, se instó a las CPC que capturan/capturan de manera fortuita tiburones azules en el Mediterráneo a que presentaran sus datos, incluidos los datos históricos.

El documento SCRS/2023/121 resume la revisión y la actualización de los datos pormenorizados disponibles de captura y talla por flota hasta 2021. La mayoría de los datos presentados en el documento eran los que se habían aprobado durante la reunión de preparación de datos. Se señaló que aproximadamente el 99 % de las capturas de tiburón azul proceden de artes de palangre. A efectos de evaluación del stock, las flotas palangreras se agruparon en 10 flotas para el stock septentrional y en 11 para el stock meridional. La designación de la flota denominada "Otros" incluía todos los datos de capturas (incluidas las redes de cerco y de enmalle menores) que no se incluyen en las otras designaciones de las flotas principales.

Las series de capturas de tiburón azul (*Prionace glauca*) incluyen las series temporales de capturas reconstruidas utilizadas en la evaluación de stock de 2015. Las series temporales de capturas reconstruidas se consideran las mejores estimaciones de capturas para los stocks del norte y del sur. Se observaron diferencias considerables entre las capturas declaradas y las reconstruidas en los años anteriores a 2000 para el stock septentrional y antes de 2010 para el stock meridional. Después de los años 2000 y 2010 para los stocks del norte y del sur, respectivamente, las series temporales reconstruidas coinciden razonablemente bien con las series temporales de Tarea 1. Para la evaluación, se utilizaron las series temporales reconstruidas hasta 2013 y las series temporales de capturas de Tarea 1 comunicadas para todos los años posteriores (2014-2021).

El Grupo preguntó si las capturas estimadas en la [Sesión de evaluación del stock de tiburón azul de 2015](#) (Anón., 2016) se incluyeron en los datos de Tarea 1. En respuesta, se señaló que no estaban incluidos. Sin embargo, el plan articulado por las recomendaciones de la [Reunión de preparación de datos sobre tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023) consistía en enviar las series de capturas reconstruidas a las CPC como fecha tope el 31 de julio para su revisión y aprobación antes del 1 de septiembre de 2023. Las CPC que necesiten más tiempo pueden revisar y aprobar estas series de datos más tarde. Tras la aprobación de las CPC (o en caso de no haber respuesta), estas series reconstruidas se someterán posteriormente a la aprobación del Subcomité de estadísticas para su inclusión en los datos oficiales de Tarea 1.

El Grupo preguntó si las series temporales de capturas reconstruidas incluían los cambios realizados entre los stocks del norte y del sur por algunas CPC. En respuesta, se señaló que cuando las CPC habían facilitado series temporales actualizadas de las capturas, éstas se incluían. También se observó que existía cierto grado de solapamiento entre los datos de los observadores (es decir, los datos históricos) y los datos revisados de las CPC (es decir, los datos de Tarea 2). Para evitar duplicaciones, el Grupo acordó que los datos revisados de las CPC tenían prioridad.

2.3 Índices de abundancia

El presidente resumió los índices revisados por el Grupo en la [Reunión de preparación de datos sobre tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023). No se rechazó ninguno de los índices para utilizarse en la evaluación del stock. En la **Figura 2** se presentan los gráficos de los índices de abundancia estandarizados. En la **Tabla 3** y la **Tabla 4**, respectivamente, se muestran los índices disponibles de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para el stock de tiburón azul septentrional y meridional. En la reunión de preparación de datos, el Grupo también revisó un análisis de conglomerados que ofrecía una forma de agrupar los índices en grupos que representaban distintas hipótesis sobre la trayectoria de los stocks.

El Grupo preguntó acerca de las primeras series de palangre japonés (1971-1993) y las series históricas de estudios de investigación estadounidenses (1957-2000) que se utilizaron en la Sesión de evaluación del stock de tiburón azul de 2015. Estos índices no tenían que actualizarse y no se discutieron en la reunión de preparación de datos cuando se presentaron las otras series de CPUE.

2.4 *Biología*

El presidente resumió la información biológica que se acordó en la [Reunión de preparación de datos sobre tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023). Esto incluía la información utilizada en la [Sesión de evaluación del stock de tiburón azul de 2015](#) (Anón., 2016) y la información actualizada pertinente.

2.5 *Composiciones por talla*

En el documento SCRS/2023/121 también se revisaron las series temporales de composición por talla de las capturas. Se señaló que en la Sesión de evaluación del stock de tiburón azul de 2015, las CPC proporcionaron los datos de composición por talla en la reunión. En la reunión de preparación de datos, el Grupo acordó utilizar los datos históricos empelados en la evaluación del stock de tiburón azul de 2015 además de los datos adicionales proporcionados por las CPC, señalando que algunas CPC realizaron una revisión completa de la información facilitada sobre tallas. El documento ofrecía un resumen de los datos sobre tallas del tiburón azul por fuentes. Se anotó la distribución espacial de los datos de talla y también se presentó el número de muestras de tallas disponibles por sexo. Los datos sobre tallas se facilitaron a los modeladores tanto por sexos como por agregados. En Orden de prioridad: 1) las CPC que proporcionaron revisiones se utilizaron como fuente principal de datos de composición por tallas; 2) de datos de composición por tallas a partir de los datos de los observadores; y a continuación se utilizaron 3) los datos de talla de Tarea 2.

Se revisó la variabilidad de talla media por flota. Se observó que había menos variabilidad en la talla media por sexo cuando se disponía de esta información.

2.6 *Otros datos relevantes*

El documento SCRS/2023/115 ofreció un resumen de los resultados de la modelación de las distribuciones del ciclo vital para la inclinación y la tasa intrínseca de crecimiento. El Grupo se interesó por los posibles efectos de la dependencia de la densidad en las estimaciones de productividad, dado que no se consideraba que el stock estuviera mermado. En respuesta, se señaló que en el documento se afirmaba que los stocks de tiburón azul han estado expuestos a la pesca a lo largo de muchas décadas y que sus biomazas están probablemente muy lejos de sus niveles no explotados, por lo que las estimaciones de los parámetros aquí sólo deberían estar moderadamente influidas por la dependencia de la densidad, en caso de que así fuera. En consecuencia, la productividad derivada no debería ser muy diferente de la verdadera tasa de aumento intrínseca, o máxima.

El Grupo debatió la idoneidad de la inclinación estimada para el tiburón azul desde una perspectiva biológica, ya que las estimaciones parecían aproximarse a las de las especies de túnidos y de marlines. Se sugirió investigar la metodología y los valores de los parámetros resultantes.

En el documento SCRS/2023/116 se obtuvieron estimaciones de los parámetros del ciclo vital y de la inclinación a partir de [Fishlife](#). [Fishlife](#) combina los resultados de las bases de datos [Fishbase](#) y [Ransom Myers legacy](#). El documento concluía que las estimaciones de [Fishlife](#) sobre la tasa intrínseca de crecimiento y la inclinación no eran realistas.

El Grupo observó que no era de extrañar que las estimaciones de [Fishlife](#) sobre la productividad del tiburón azul fueran poco realistas. Es más probable que las estimaciones de [Fishlife](#) originen productividad para un tiburón *Carcharhinidae* genérico en lugar de para los tiburones azules específicamente, porque [Fishlife](#) es un método jerárquico basado en la taxonomía. Tras actualizarse las estimaciones de [Fishlife](#) utilizando las estimaciones publicadas de la matriz de Leslie, la distribución posterior actualizada proporcionó resultados más realistas.

3. *Métodos y otros datos pertinentes para la evaluación*

3.1 *Modelos de producción para continuar con la evaluación del stock de tiburón azul de 2015*

El documento SCRS/2023/126 utilizó el software y las entradas de la [Sesión de evaluación del stock de tiburón azul de 2015](#) (Anón., 2016), actualizando solo los datos de captura y CPUE, y descubrió que había

algunas diferencias en los resultados entre el software heredado de producción excedente bayesiano (BSP y BSP2), el código del muestreador Just Another Gibbs (JAGS) utilizado en 2015 y Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA) tanto para los stocks del norte como del sur.

El Grupo debatió estas diferencias y llegó a la conclusión de que probablemente no se debían a los distintos algoritmos, sino más bien a las diferencias en las estimaciones previas, la ponderación y el tratamiento del error de proceso. En particular, el software más antiguo utilizaba una distribución menos informativa para la biomasa no explotada K (uniforme en $\log(K)$), que no puede reproducirse exactamente en JABBA. La mayoría de las demás opciones de modelo podrían reproducirse en JABBA.

El Grupo también debatió las repercusiones de los errores de proceso en el software heredado BSP y en JABBA. Por un lado, la inclusión del error de proceso aumenta la flexibilidad del modelo para ajustarse mejor a los datos. Por otro lado, la inclusión de demasiados errores de proceso puede hacer que el estado del stock estimado no esté conectado con los datos y deteriorar la capacidad de predicción del modelo. El Grupo debatió los problemas de calidad de los datos, como las tendencias contradictorias de la CPUE debidas al pequeño tamaño de la muestra, la cobertura temporal-espacial limitada y los conflictos entre índices.

El Grupo reconoció el exhaustivo trabajo realizado con el software BSP heredado para esta especie a lo largo de los años. Sin embargo, JABBA es más fácil de aprender y proporciona diagnósticos y técnicas de evaluación del modelo necesarios para llevar a cabo evaluaciones modernas que puedan utilizarse en otras plataformas como Stock Synthesis III (SS3). Por tanto, el Grupo acordó no utilizar el software BSP heredado en esta evaluación ni en las futuras. En el futuro podrían añadirse a JABBA técnicas útiles disponibles en programas más antiguos, como una versión de tiempo continuo del modelo de producción o distribuciones previas adicionales.

Para seguir evaluando si las diferencias entre las evaluaciones del stock de tiburón azul de 2015 y 2023 se debían a diferencias en los datos de entrada del modelo o a los nuevos datos, se realizaron una serie de análisis de sensibilidad en JABBA. Para el sur, los resultados del análisis de sensibilidad mostraron que se había incluido la serie de abundancia relativa presentada por Japón en la evaluación del stock del tiburón azul de 2015 que no se había identificado para utilizarse en 2023. Este índice inicial no tuvo mucho impacto en la respuesta de los modelos bayesianos de producción excedentaria ajustados. La contribución de la inclusión de esta serie agregada dio lugar a un período inicial que fue un poco menos estable, sin embargo, a lo largo de la serie no se hicieron distinciones de los patrones ya observados (**Figura 3**).

Para el norte, se evaluaron varias series de sensibilidad. Hubo tres conjuntos de ejecuciones: a se refiere a Schaefer vs. Pella y a una distribución previa de K con bajo error de proceso; b se refiere a distintos años de inicio y a índices con un error de proceso estimado; y c se refiere a los ensayos pre datos post modelo (PMPD). Algunas ejecuciones utilizaron una distribución previa para B/K en el primer año del modelo que era lognormal (mediana=1, $sd=0,2$). Dos índices más antiguos, el índice temprano del palangre japonés y el US-Obs-Cru (Aires-da-Silva *et al.*, 2008), que no se incluyeron en el caso base, se incluyeron en algunas sensibilidades. Al igual que en la Evaluación del stock de tiburón azul de 2015, la serie US-Obs-Cru solo se utilizó hasta 1991, ya que a partir de 1992 otros índices incluían parte de la misma información. En algunos ensayos se utilizó un modelo de Schaefer, con la distribución previa del caso base o una distribución previa lognormal para K más amplia. El error de proceso se trató como valor fijo en un valor bajo ($\text{SigmaR}=0,01$) o estimado como en el caso base. Por lo demás, la ponderación de la CPUE y las distribuciones previas fueron las mismas que en el caso base. Todas las sensibilidades fueron coherentes entre sí, y con el caso base, al constatar que la población había disminuido por debajo de B_{RMS} en la década de 1990 antes de recuperarse hasta situarse en torno a B_{RMS} a mediados de la década de 2000 (**Figura 4**).

Para diagnosticar mejor las implicaciones de las distribuciones previas y de los datos de capturas para la evaluación en el norte, se presentaron dos ensayos de diagnóstico PMPD, como se hizo en la Evaluación del stock de tiburón azul de 2015, en las que el modelo se ejecutó con las mismas distribuciones previas y los mismos datos de capturas, pero sin datos de índice. Esto puede hacerse en JABBA introduciendo un único índice CPUE, con un punto de datos con un valor de 1,0, y un coeficiente de varianza (CV) fijo alto y desactivando las comprobaciones predictivas posteriores en el ajuste de JABBA. En las ejecuciones de diagnóstico PMPD se observó una disminución seguida de un aumento, lo que indica que esta tendencia se debe en gran medida a las grandes capturas de la década de 1980 y a la disminución de las capturas a finales

de la década de 1990 y principios de la década de 2000, en combinación con las distribuciones previas. Sin embargo, los datos del índice son necesarios para estimar la magnitud de la disminución y del aumento (**Figura 4**).

Las tendencias fueron muy similares en biomasa y mortalidad por pesca para todas las variaciones en los datos de entrada del modelo, tanto para el norte como para el sur, por lo que el grupo decidió utilizar únicamente el caso base de JABBA para las proyecciones y la estimación del estado. La coherencia de las sensibilidades con los casos base implica que los resultados son robustos frente a estas decisiones de modelación. En futuras evaluaciones, no será necesario iniciar la evaluación para el norte en 1957 ni incluir los índices de Japón de periodo temprano ni de US-Obs-Cru.

3.2 Modelos estructurados por edades basados en la talla: Stock Synthesis

SS3 para el norte

En el documento SCRS/2023/128 se presentó la versión preliminar del modelo de evaluación de stock utilizando Stock Synthesis (SS) para el tiburón azul del Atlántico norte, ajustándose a los datos de 1971 a 2022. Había 10 flotas y 8 índices de CPUE en los que las composiciones por talla de los índices se reflejaban en las capturas para dividir las extracciones por tallas. El modelo de dos sexos utilizó los parámetros del ciclo vital acordados en la [Reunión de preparación de datos sobre tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023), con unos CV iniciales fijados en el 10 % para la edad mínima y L_{INF} en el modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Los CV de las series de CPUE se determinaron utilizando el método de Francis en dos etapas. La inclinación de la función reproductor-recluta y la mortalidad natural fueron los valores medios de los 6 estimadores de ciclo vital del documento SCRS/2023/115.

Los ensayos iniciales del modelo tuvieron problemas de convergencia y no superaron los análisis de diagnóstico. Los ajustes a los índices de CPUE fueron relativamente pobres y el modelo no pudo resolver bimodalidades o discontinuidades abruptas en los datos de composición por tallas, lo que afectó a la estimación de los parámetros de selectividad.

Las principales revisiones del modelo SS para el norte influyeron en la composición de las capturas. Los datos estadounidenses de composición por tallas se sustituyeron por los utilizados en 2015. En la [Reunión de preparación de datos sobre tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023) se acordó que en el caso de las flotas para las que no se disponía de datos sobre composición por tallas, deben hacerse supuestos sobre la selectividad. En ese sentido, se supuso que los datos venezolanos de composición por tallas eran representativos de la flota de Belice. Del mismo modo, los datos de Taipei Chino se consideraron representativos de "otras" capturas. La selectividad para la mayoría de las flotas se fijó como logística. Los analistas señalaron que, con menos parámetros, se reduciría la varianza en las estimaciones de los parámetros.

Los CV de entrada de CPUE y los tamaños de muestra de composición por tallas para los modelos preliminares siguieron el método descrito en el documento SCRS/2023/128 y en sus citas. El método de ponderación aplicado al ensayo del caso de referencia del modelo final siguió el método descrito anteriormente para SS3 del sur. La desviación estándar media de cada serie $\log(\text{CPUE})$ es el máximo de las tres cantidades siguientes: 1) el valor medio calculado a partir de las comunicadas originalmente en los documentos de estandarización de la CPUE; 2) el error cuadrático medio (RMSE) de los residuos resultantes de un ajuste de LOESS a la serie $\log(\text{CPUE})$; y 3) el valor de 0,2.

Los analistas propusieron cambios adicionales para intentar mejorar el ajuste de los modelos a los datos. Entre estos cambios se incluía permitir una mayor variabilidad en el reclutamiento, aumentando σ_R de 0,28 a 0,38, y sustituir el valor fijo para la mortalidad natural por la mortalidad natural específica por edad calculada a partir de los análisis deterministas del ciclo vital (SCRS/2023/115).

Las estimaciones finales de las tasas de mortalidad natural instantánea (año-1) utilizadas en el modelo Stock Synthesis del Atlántico norte se obtuvieron con 6 métodos invariables del ciclo vital utilizados en las tablas de vida deterministas (comunicación personal, Enric Cortés, julio de 2023), tal y como se resume a continuación.

<i>Edad</i>	<i>Hembra</i>	<i>Macho</i>	<i>Media de machos y hembras</i>
0	0,212	0,239	0,226
1	0,200	0,222	0,211
2	0,193	0,213	0,203
3	0,188	0,208	0,198
4	0,185	0,205	0,195
5	0,182	0,202	0,192
6	0,180	0,201	0,190
7	0,179	0,199	0,189
8	0,177	0,198	0,188
9	0,176	0,197	0,187
10	0,175	0,197	0,186
11	0,175	0,196	0,185
12	0,174	0,196	0,185
13	0,173	0,196	0,185
14	0,173	0,195	0,184
15	0,173	0,195	0,184
16	0,172	0,195	0,184
17	0,172	0,195	0,183
18	0,172	0,195	0,183
19	0,171	0,195	0,183
20	0,171	0,194	0,183
21	0,171	0,194	0,183
22	0,171	0,194	0,183
23	0,171	0,194	0,182
24	0,171	0,194	0,182
25	0,170	0,194	0,182
26	0,170	0,194	0,182

Además, se propuso utilizar los mismos valores específicos por edad para ambos sexos antes de los 5 años y, a continuación, tasas de mortalidad específicas por sexo para edades más avanzadas. Todos los cambios introducidos en el modelo SS para el norte se hicieron secuencialmente.

Se realizó un análisis de fluctuación (10 iteraciones) de cada cambio secuencial en el modelo para ayudar a evaluar el comportamiento del modelo (**Figura 5**). En general, las fluctuaciones convergieron a la misma verosimilitud que el modelo y tuvieron el mismo ajuste, excepto el caso 3, que se eliminó de la consideración. La nueva formulación del caso base para SS en el norte incorporó los CV de la CPUE actualizados, los valores de los parámetros deterministas del ciclo vital, las series de mortalidad natural por edad y un σ_R mayor, tal y como se describe anteriormente. Esta formulación superó la fluctuación (30 iteraciones), por lo que el grupo revisó el diagnóstico del modelo.

El Grupo debatió los gráficos del perfil de verosimilitud de $\log R_0$ (no mostrados). Se observó que los datos de talla, en particular de la UE-España, son los que más influyen en el ajuste y, por tanto, en la escala de abundancia del modelo ajustado. Los perfiles de verosimilitud indicaron cierto conflicto entre los índices de CPUE y la composición por tallas, donde $\log R_0$ podría converger a un valor inferior si se ponderaran a la baja los datos españoles. Sin embargo, el Grupo decidió que los perfiles de verosimilitud no son necesariamente un diagnóstico para la aceptación o el rechazo del modelo, sino más bien un diagnóstico utilizado para explorar cómo interactúan las distintas informaciones en el modelo.

En la **Figura 6** se muestran los ajustes a las series temporales de índices para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis de tiburón azul del Atlántico norte. En la **Figura 7** se muestran los ajustes a las series temporales de tallas agregadas para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis de tiburón azul del norte. Los residuos de la mayoría de los índices de CPUE no se distribuyeron aleatoriamente, siendo esto consecuencia del conflicto entre estos índices y la información de las composiciones de tallas. Sin embargo, los residuos conjuntos (**Figura 8**) estaban centrados en cero y no existía un patrón retrospectivo generalizado en una eliminación de 5 años. Los analistas observaron que, en relación con el caso base del documento SCRS/2023/128, este modelo es mucho más estable. Los valores finales de los parámetros de Stock Synthesis se muestran en la **Tabla 5**.

El Grupo debatió la tendencia decreciente de las desviaciones del reclutamiento trazadas a partir de 100.000 extracciones obtenidas con la distribución lognormal multivariada (MVLN) (**Figura 9** y Sección 4, a continuación) en relación con el aumento previsto de las series temporales de resultados de la reproducción desde 2010 (fecundidad del stock reproductor (SSF), véase la Sección 4). En el caso de una especie productiva, puede resultar difícil detectar una respuesta en el reclutamiento tras un aumento o una disminución de los resultados de la reproducción. En futuros trabajos se podría explorar el equilibrio entre selectividad y variabilidad del reclutamiento en el modelo SS.

Se observó que la selectividad logística fija para los datos de tamaño portugueses influía bastante en el ajuste del modelo. Estos datos son significativamente bimodales debido a que el esfuerzo se concentra en zonas con distribuciones de tallas de tiburón azul notablemente distintas. Se recomendó dividir el índice de CPUE y la composición por tallas en dos componentes para futuras evaluaciones.

Se debatió sobre el aumento de σ_R de 0,28 a 0,38. Los analistas aclararon que el valor fijo actual (0,38) se obtiene de forma iterativa a partir del valor estimado en el modelo y se corresponde bien con una evaluación sobre el tiburón azul del International Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean (ISC) utilizando el valor 0,4. Aunque el valor es menor que el utilizado en esta evaluación para el sur (0,5), otros supuestos biológicos son diferentes, por lo que es difícil determinar si serían directamente comparables.

El caso de referencia que se acordó utilizar para el modelo Stock Synthesis para el Atlántico norte muestra estabilidad en la verosimilitud logarítmica con diferentes valores de partida (**Figura 5**). El gradiente final del modelo fue inferior al objetivo de 0,0001, y se consideró aceptable para la convergencia del modelo, sobre todo porque la solución era estable en diferentes valores de los parámetros iniciales. El análisis de fluctuación del caso de referencia del modelo final indicó que los 100 ensayos del modelo sometido a ligeras variaciones convergieron, sin que ninguno de ellos diera lugar a un valor total de estimación de la verosimilitud negativa inferior en relación con el ensayo base (163,87 unidades de verosimilitud), y pocos ensayos del modelo dieran lugar a valores totales de estimación de verosimilitud negativa superiores (**Figura 5**).

Por tanto, el Grupo observó que el modelo sometido a ligeras variaciones fue robusto frente a los valores iniciales de los parámetros y no dio pruebas de que el modelo convergiera a mínimos locales de la función objetivo en lugar de al mínimo global. El modelo mostró ajustes aceptables en términos generales a los índices (**Figura 6**) y a la composición por tallas de todas las flotas pesqueras (**Figura 7**). El gráfico de residuos conjuntos se distribuyó aleatoriamente para los ajustes de talla (RMSE = 8,9 %), y para los índices sin patrón aparente (RMSE = 49,4 %) (**Figura 8**). Las desviaciones estimadas de la curva stock-reclutamiento (es decir, las desviaciones del reclutamiento) indicaron una variabilidad elevada en el reclutamiento interanual (**Figura 9**), con tendencias decrecientes en las desviaciones hacia el final de la serie temporal.

Cuatro de los seis valores residuales de composición por talla y tres de los ocho valores residuales del índice superaron la prueba de ensayos (**Figura 10**), como se muestra a continuación (el resaltado en rojo indica un valor $p < 0,05$ en la prueba de ensayo).

Stock Synthesis para el tiburón azul del Atlántico norte (valores de prueba de ensayos)

	Índice (S1-S8) y flota (F1-F10)	Ensayos.p	Prueba	Sigma3.lo	Sigma3.hi	Tipo
1	S1_ESP-LL-N	0,012	Fallido	-0,19185	0,191849	CPUE
2	S2_JP-LL-N	0	Fallido	-0,53304	0,533039	CPUE
3	S3_CTP-LL-N	0,272	Aprobado	-0,71705	0,71705	CPUE
4	S4_US-Obs-E	0,011	Fallido	-0,93773	0,937733	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0,358	Aprobado	-0,61067	0,610672	CPUE
6	S6_VEN-LL	0	Fallido	-1,9459	1,945901	CPUE
7	S7_POR-LL-N	0,017	Fallido	-0,30599	0,305995	CPUE
8	S8_MOR-LL	0,728	Aprobado	-0,85162	0,851624	CPUE
9	F1_EU-ESP	0,292	Aprobado	-0,11964	0,119641	LEN
10	F2_JPN	0,042	Fallido	-0,16278	0,162777	LEN
11	F3_CTP	0,01	Fallido	-0,1666	0,166595	LEN
12	F4_USA	0,063	Aprobado	-0,09921	0,099213	LEN
13	F5_VEN	0,11	Aprobado	-0,25229	0,252295	LEN
14	F7_CPR	No aplicable	Excluido	No aplicable	No aplicable	LEN
15	F10_EU-POR	0,552	Aprobado	-0,31647	0,316472	LEN

Un análisis retrospectivo eliminando hasta cinco años de datos de CPUE a partir del último año de evaluación dio como resultado que los valores de rho de Mohn estimados para la fecundidad del stock (-0,06) y F/F_{RMS} (0,15) se encontraban dentro del rango aceptable de -0,15 y 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2017) (**Figura 10**). El análisis retrospectivo no mostró ninguna desviación significativa de los valores estimados anteriormente para la fecundidad del stock y F/F_{RMS} (**Figura 11**).

La validación cruzada de la simulación retrospectiva con el mismo rango de años eliminados de las series de CPUE y la predicción de los valores de CPUE eliminados con 1 año de antelación dio como resultado valores de error medio absoluto escalado (MASE) inferiores a 1 en cuatro de los seis índices y en dos de las cinco composiciones por talla, y dos de los cinco valores MASE presentados cercanos a 1 (**Figura 12**), como se muestra a continuación (el resaltado en rojo identifica los valores MASE de simulación retrospectiva superiores a uno; lo que indica que una predicción con 1 año de antelación basada en un desarrollo aleatorio ingenuo fue más precisa que una procedente del modelo para esas series de CPUE).

Stock Synthesis de tiburón azul del Atlántico norte (valores MASE de simulación retrospectiva)

	Índice (S1-S8) y flota (F1-F10)	MASE	N.eval	Tipo
1	S1_ESP-LL-N	2,285448	5	CPUE
2	S2_JP-LL-N	0,731159	5	CPUE
3	S3_CTP-LL-N	0,8464	5	CPUE
4	S4_US-Obs-E	No aplicable	0	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0,734588	5	CPUE
6	S6_VEN-LL	No aplicable	0	CPUE
7	S7_POR-LL-N	4,896361	5	CPUE
8	S8_MOR-LL	0,840892	5	CPUE
9	F1_EU-ESP	1,364499	5	LEN
10	F2_JPN	0,89983	4	LEN
11	F3_CTP	1,089446	2	LEN
12	F4_USA	No aplicable	0	LEN
13	F5_VEN	No aplicable	0	LEN
14	F7_CPR	2,905658	2	LEN
15	F10_EU-POR	0,81585	4	LEN

En la **Tabla 5** se muestra una lista de los parámetros del modelo, que incluye los valores estimados y sus errores estándar asintóticos asociados, los valores iniciales de los parámetros, los valores mínimos y máximos, las distribuciones previas, si se han utilizado, y si el parámetro se ha fijado o estimado.

A raíz de lo discutido y señalado en la [reunión de preparación de datos de tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023) se realizó un análisis de sensibilidad para el stock del norte con SS3 considerando el modelo de crecimiento por marcado y comparando los resultados con el modelo de crecimiento vertebral utilizado para el caso base. Debido a las limitaciones de tiempo en la reunión de evaluación del stock de tiburón azul de 2023, el análisis de sensibilidad se llevó a cabo sin estimar los valores de mortalidad natural de acuerdo con los parámetros de crecimiento por marcado. Para comparar ambos modelos, debería considerarse en futuros trabajos revisar el análisis de sensibilidad con una actualización de la información sobre mortalidad natural.

SS3 del sur

En el documento SCRS/2023/120 se presentaba una versión preliminar del modelo de evaluación de stock utilizando Stock Synthesis (SS) para el tiburón azul (*Prionace glauca*) del Atlántico sur, que incluye la configuración inicial del modelo, las definiciones de la flota, la selectividad y la parametrización. El documento proponía un caso de referencia del modelo de dos sexos de 1971 a 2021 con ocho flotas en funcionamiento ajustado a la composición por tallas y cuatro índices de abundancia. Los parámetros del ciclo biológico se establecieron en función del sexo, de acuerdo con las recomendaciones de la reunión de preparación de datos. Los diagnósticos de las configuraciones propuestas del modelo demostraron una convergencia rápida y estable, buenas retrospectivas y soluciones aceptables en distintos valores de partida. Se propuso una matriz de incertidumbre de ocho modelos considerando dos conjuntos de parámetros de crecimiento, dos vectores M por edad resultantes y cuatro valores de inclinación. Además, se presentó un conjunto completo de diagnósticos de modelo para el modelo de referencia y estimaciones de biomasa del stock reproductor (SSB) y de reclutamiento en toda la matriz de incertidumbre.

Tras la presentación, el Grupo planteó algunas dudas sobre los ajustes de la composición por tallas y cuestionó la fijación de parámetros de selectividad. Los modeladores indicaron que el modelo no convergía si se dejaba a SS3 estimar libremente todos los parámetros de selectividad.

El Grupo también señaló que la realización de diagnósticos de simulación retrospectiva con una eliminación de siete u ocho años podría dar lugar a distintas capacidades de predicción de los modelos.

Para responder a las preocupaciones planteadas por el Grupo, los modeladores propusieron actualizar el caso inicial cambiando los parámetros de crecimiento y el vector M por edad por sexo por un único conjunto combinado de parámetros de crecimiento y de vector M por edad para machos y hembras. Se siguieron debatiendo los parámetros de crecimiento del tiburón azul del Atlántico sur y el Grupo acordó utilizar el modelo de Joung *et al.* (2017). Este estudio se basó en el mayor tamaño de las muestras, un rango de tallas más amplio y una cobertura geográfica más extensa, los parámetros utilizados fueron $L_{inf} = 291,8$ cm FL (transformado a partir de TL), $k = 0,13$ años⁻¹ y $t_0 = -1,29$. Además, el Grupo acordó utilizar el vector M por edad de la Tabla 3 del documento SCRS/2023/115. El Grupo también decidió utilizar el valor medio de inclinación de 0,8 que figura en el documento SCRS/2023/115.

Tras presentar la versión actualizada del modelo y buscar la forma de mejorar los ajustes a los índices, el Grupo debatió los bloques temporales propuestos para los índices BR&UY, JPN y CH-TP, y el cambio de los parámetros de M por edad basados en la mediana de M estimada en el documento SCRS/2023/115. Este último cambio se propuso basándose en la observación de una mortalidad natural elevada y poco realista a la edad de 0 años (0,9). El nuevo vector M por edad se probó en el modelo y no se observaron cambios sustanciales.

Los modeladores propusieron un bloque temporal para tres de los índices de abundancia basándose en los diagnósticos del modelo. El Grupo destacó la necesidad de determinar si existía información que respaldara el uso de bloques temporales en las series estandarizadas de CPUE. Científicos nacionales de Brasil y Uruguay señalaron que, para sus flotas, las capturas de tiburón azul han adquirido una importancia económica. En el caso del índice de Japón, se observó que la ratio de comunicación para el tiburón azul y los tiburones en general (SCRS/2023/049) cambió sustancialmente de 2006 a 2007.

Tras las presentaciones de los diagnósticos (prueba de ensayos, gráficos de residuos conjuntos, estimaciones de error medio absoluto escalado (MASE), análisis retrospectivo y valores del criterio de información de Akaike (AIC)) para dos escenarios: con un bloque temporal para los índices BR&UY y para los índices JPN. Los resultados mostraron que utilizar un bloque temporal para ambos índices (BR&UY y JPN) mejoraba el ajuste del modelo a los datos.

El Grupo acordó un escenario para el caso de referencia utilizando la última configuración del modelo y el bloque temporal presentados para los índices BR&UY y JPN (BSH_S_ATL_R012). El Grupo preguntó si el índice Taipei Chino también indicaba un posible bloque temporal, los científicos nacionales indicaron que no se habían observado cambios importantes en la pesquería, sin embargo, como se mencionó durante la reunión de preparación de datos, el valor del índice para el año 2020 muestra un pico alto en la serie, atribuido al aumento de las capturas de tiburones de pequeño tamaño. El Grupo acordó no incluir un bloque de tiempo para este índice.

El Grupo aceptó el caso de referencia. El caso de referencia del modelo Stock Synthesis muestra estabilidad en la verosimilitud logarítmica con diferentes valores de partida (**Figura 13**). El diagnóstico de fluctuación indicó que el modelo converge en un mínimo global. El componente de gradiente máximo del modelo era $7,23827e-05$ y el modelo tenía una matriz hessiana de definición positiva.

El modelo de referencia mostró en términos generales ajustes aceptables a los índices (**Figura 14**) y a la composición por tallas de todas las flotas pesqueras (**Figura 15**). Los patrones residuales de los índices y los ajustes de talla fueron en general buenos. Las desviaciones estimadas de la curva stock-reclutamiento (es decir, las desviaciones del reclutamiento) indicaron una gran variabilidad en el reclutamiento interanual (**Figura 16**), con desviaciones negativas al principio de la serie temporal y un patrón aleatorio después de 1998 hasta el final de la serie temporal. El gráfico de residuos conjuntos mostró que los residuos se distribuían aleatoriamente para los ajustes de talla (RMSE = 8,6 %) y mostraban un patrón con residuos negativos al principio, positivos en la mitad y negativos al final de la serie temporal para los ajustes a los índices (RMSE = 24,9 %) (**Figura 17**). Las ocho composiciones por talla y cuatro de los seis índices pasaron la prueba de ensayos (**Figura 18**). Los valores rho de Mohn estimados para SSB (-0,05) y F (0,13) se encontraban dentro del rango aceptable de -0,15 y 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2017) (**Figura 19**). El análisis retrospectivo no mostró ningún patrón patológico. En cuanto a la simulación retrospectiva, dos de cuatro índices y cuatro de ocho composiciones por talla tienen valores MASE inferiores a 1, y tres de ocho valores MASE se acercaban a 1 (**Figura 20**).

Los parámetros del modelo figuran en **Tabla 6**. Se incluyen los valores estimados y sus errores estándar asintóticos asociados, los valores iniciales de los parámetros, los valores mínimos y máximos, las distribuciones previas, si se han utilizado, indicado si el parámetro se ha fijado o se ha estimado.

El Grupo revisó el perfil de verosimilitud de R0. El perfil indicaba que había tendencias contradictorias en los datos de índices y de composición por tallas. Estos conflictos no se consideraron suficientes para rechazar el uso del modelo. El gráfico del perfil de verosimilitud está en **Figura 21**.

La serie temporal estimada de SSB para el caso de referencia indicó que el stock disminuyó significativamente desde finales de la década de 1980 hasta principios de la década de 2000, y luego siguió disminuyendo a un ritmo lento hasta principios de la década de 2010 (**Figura 22**). Presentó un discreto aumento hasta finales de la década de 2010 y un nuevo descenso hasta 2021 (**Figura 22**).

3.3 JABBA – Norte

En el documento SCRS/2023/124 se presentó un resumen de los ajustes preliminares del modelo de producción excedente bayesiano JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico norte. Tal y como se acordó en la [Reunión de preparación de datos de tiburón azul de 2023 \(Anón., 2023\)](#), el periodo de evaluación fue de 1971 a 2021. Los ensayos de JABBA se realizaron con cinco configuraciones diferentes de un modelo dinámico de biomasa Pella-Tomlinson; las cinco configuraciones correspondían a diferentes distribuciones previas de los parámetros r y m . Se aplicaron dos procedimientos diferentes de ponderación de datos a los índices de abundancia (series de CPUE estandarizadas) utilizados para ajustar el modelo, uno de los cuales se basaba directamente en el método sugerido por Courtney *et al.*, 2017, mientras que el otro incluía un componente de varianza adicional para cada serie de índice de abundancia, estimado en la evaluación de stock en JABBA. Se realizaron ensayos incluyendo todas las series de CPUE aceptadas en la reunión de preparación de datos (escenario "todos"). También se evaluaron otros cuatro escenarios correspondientes a los distintas agrupaciones de CPUE indicadas en la reunión de preparación de datos. En

total, se realizaron $5 \times 2 \times 5 = 50$ ensayos de JABBA. Este documento presentó resultados detallados para el escenario "Todos" y ofreció una comparación de resultados entre los 50 ensayos. El escenario "Todos", y la mayoría del resto de ensayos JABBA realizados en el documento, estimaron que la tasa de captura había sido inferior al objetivo (H_{RMS}) en los últimos años y que el stock se encuentra actualmente en torno al B_{RMS} .

El Grupo reconoció y agradeció a los autores el exhaustivo trabajo realizado para preparar la reunión de evaluación. El Grupo comentó las opciones de ponderación alternativas y las debatió con o sin el parámetro adicional en el modelo JABBA para la varianza asociada a cada índice. Los modeladores indicaron que el parámetro adicional permitirá al modelo mejorar el ajuste a cada índice si mejora estadísticamente la verosimilitud global.

El Grupo preguntó por la distribución previa para la capacidad de transporte K . Los modeladores indicaron que, a falta de información adicional, se había decidido utilizar directrices generales con un valor de distribución previa estimado en 8^* para la captura máxima histórica (1971-2021) (443.864 t) con un CV del 100 %. La distribución posterior de K estimada por el modelo tiene una varianza menor en relación con la distribución previa inicial, lo que indica que hay información en los datos que permitió al modelo estimar K .

El Grupo también comentó el concepto general de ponderación de índices, señalando que durante la reunión de preparación de datos se recomendó seguir las directrices del Grupo de trabajo sobre métodos de evaluación de stocks (WGSAM) para asumir un CV mínimo fijo para todos los índices, y si el CV de estandarización de la CPUE estimado era superior a 0,2 utilizar ese valor. Los modeladores indicaron que se ejecutó un escenario que utilizaba CV de entrada, y un escenario alternativo que utilizaba un esquema de ponderación similar a la reponderación interna de Stock Synthesis, y un escenario adicional que permitía al modelo estimar un parámetro adicional de varianza del índice. En general, los resultados preliminares indicaron que las principales diferencias en los resultados de los modelos están asociadas a las series de CPUE, lo que se muestra de manera más clara al comparar los índices de las pesquerías objetivo con los de las pesquerías no objetivo.

El Grupo preguntó por la distribución previa B_{1971}/K inicial. El modelador aclaró que esta distribución previa se eligió suponiendo que en 1971 ya se estaba llevando a cabo cierta explotación pesquera, pero sin tener información adicional o auxiliar, se decidió utilizar una distribución previa Beta con media de 0,7 y un $CV=0,2$.

El documento SCRS/2023/127 presentó un resumen de los ajustes preliminares del modelo de producción excedente bayesiano JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico sur. Los distintos escenarios se basaron en los parámetros de ciclo vital, en la inclinación y en la ponderación del modelo. Los escenarios basados en valores más conservadores de inclinación (0,5) fueron más pesimistas que los demás.

El Grupo reconoció y agradeció a los colaboradores el exhaustivo trabajo realizado para preparar la reunión de evaluación.

3.4 Otros métodos

En el documento SCRS/2023/122 se presentó el trabajo realizado en respuesta a la Recomendación de 2021 de que el Grupo de especies de tiburones debería "Considerar, junto con el WGSAM, métodos alternativos de evaluación de stock (según Kell, 2021b, otros documentos del SCRS y la bibliografía sobre pesquerías)". El documento ofrece información detallada sobre un estudio de caso de tiburón azul basado en la presentación realizada en la [Reunión intersesiones de 2022 del Grupo de especies de tiburones](#) (en línea, 16-18 de mayo de 2022) y el WGSAM en 2022, tras lo cual se pidió a los autores que elaboraran directrices para el uso de la simulación retrospectiva como parte de la selección, el rechazo, la ponderación y la ampliación de modelos en conjuntos (Anón., 2022). El estudio de caso se basa en la evaluación JABBA de tiburón azul (SCRS/2023/124), pero los métodos también son aplicables a las evaluaciones integradas de stock. También se debatieron ejemplos de diagnósticos, ponderación de conjuntos y evaluación de la capacidad de establecer previsiones, por ejemplo, del Centro para el Avance de la Metodología de Evaluación de la Población (CAPAM), otras OROP e ICES. Los diagnósticos pueden utilizarse para desarrollar un caso base o la mejor evaluación (por ejemplo, Carvalho *et al.*, 2022) o para ponderar conjuntos (ICES, 2023).

Una vez elaborado un caso base, debe desarrollarse un análisis de sensibilidad, en el que se considere un conjunto limitado de escenarios, es decir, ensayos de robustez, que incluyan las incertidumbres más importantes. Hay diferentes maneras de elegir los escenarios a tener en cuenta, por ejemplo, a través de la

búsqueda de información (Leach *et al.*, 2014). A continuación, pueden utilizarse para evaluar la solidez del asesoramiento basándose en un caso base e identificar las necesidades de investigación. En cambio, en un análisis de incertidumbre la intención es cuantificar la probabilidad de los resultados derivados basándose en la incertidumbre de las entradas. Cuando existe una gran incertidumbre sobre la estructura del modelo y los conjuntos de parámetros fijos pueden utilizarse. Un problema con un conjunto es si la elección de escenarios no es única o no es representativa. Por lo tanto, los procedimientos adoptados para la selección, el rechazo y la ponderación de los escenarios afectan, por lo tanto, a la solidez del asesoramiento y, al desarrollar conjuntos, el esquema de ponderación debe especificarse previamente. Dado el tiempo disponible en la reunión, no fue posible desarrollar dicho conjunto.

El conjunto de diagnósticos estándar está disponible en las plataformas JABBA y SS3. Estos diagnósticos se aplicaron y revisaron para los modelos considerados en esta evaluación. El siguiente paso podría ser utilizar las evaluaciones de stock de tiburón azul para seguir desarrollando herramientas de validación de modelos, evaluar la capacidad de las evaluaciones para clasificar el estado del stock y realizar previsiones sobre el stock. Estos elementos podrían aplicarse en un marco común y estar disponibles para la próxima evaluación de tiburones.

4. Resultados del estado del stock

Para todos los modelos, los CV de los índices de CPUE se reponderaron, previo debate en el Grupo. El método de ponderación aplicado para los ensayos finales, tanto para los stocks del norte como para los del sur, utilizó como desviación estándar media de cada serie $\log(\text{CPUE})$ el máximo de las tres cantidades siguientes: 1) el valor medio calculado a partir de los comunicados originalmente en los documentos de estandarización de la CPUE; 2) el RMSE de los residuos resultantes de un ajuste de LOESS a la serie $\log(\text{CPUE})$; y 3) el valor de 0,2.

4.1 Modelos de producción

Los ensayos de sensibilidad realizados para continuar con la evaluación del stock de tiburón azul de 2015 fueron similares al caso base tanto en el Atlántico norte como en el Atlántico sur. Por lo tanto, no se realizaron más análisis y estos modelos no se incorporaron al gráfico conjunto de Kobe para evaluar el estatus ni se utilizaron en las proyecciones de población.

4.2 Stock Synthesis

Estimaciones del modelo Stock Synthesis de tiburón azul del Atlántico norte

Las series temporales de los resultados del stock reproductor, reclutamiento y mortalidad por pesca (medidas como tasas instantáneas de mortalidad por pesca para todas las flotas combinadas) se representan en las **Figuras 23, 24 y 25**, respectivamente. El tamaño del stock reproductor en la relación stock-reclutamiento se modelizó como fecundidad del stock reproductor (SSF), y se calculó como la suma del número de hembras por edad (expresado en miles) multiplicado por la producción anual de crías por parte de las hembras por edad (crías macho y hembra, suponiendo una proporción 1:1 de crías macho y hembra) al principio de cada año civil. La serie temporal estimada de SSF para el caso de referencia indicó que el stock mantuvo un tamaño de stock reproductor relativamente estable y luego disminuyó gradualmente desde mediados de la década de 1980 hasta aproximadamente 2005, seguido de un aumento durante el resto de la serie temporal (**Figura 23**).

Se estimaron periodos de reclutamientos más bajos para los años 2002 y 2019 (**Figura 24**), sin embargo, los reclutamientos ligeramente más bajos de los años 90 combinados con el aumento de los desembarques dieron lugar a la tendencia decreciente de la biomasa entre 1990 y 2000. El reclutamiento en años anteriores a 1990 sigue exactamente la relación de reclutamiento del stock.

La mortalidad por pesca total anual estimada para todas las flotas combinadas (F) se calculó con la opción 4 = verdadero de SS3. F para el intervalo de edades (0-28) está en relación con la mortalidad por pesca obtenida por SS3 en el RMS de equilibrio en las mismas unidades. En general, F aumentó de forma constante hasta 1995 (**Figura 25**), seguido de un descenso hasta 2007, tras lo cual la mortalidad por pesca estimada aumentó y luego disminuyó en los últimos años.

Se presentó al Grupo un diagnóstico del modelo de producción estructurado por edades (ASPM) que mostró que el modelo tenía coherencia interna entre las capturas y las series de CPUE utilizadas en el análisis.

Se utilizó el enfoque lognormal multivariante (MVLN) para desarrollar el gráfico de fase de Kobe para el modelo Stock Synthesis de tiburón azul del Atlántico norte. La aparente falta de correlación negativa clara entre F relativo y biomasa relativa (B) se debatió como un problema potencial que debía explorarse. No estaba claro si esto se debía a diferencias entre la simulación Markov Chain Monte Carlo (MCMC) y el muestreo del MVLN, a un problema en la extracción del MVLN o a un problema con el ajuste del modelo.

En respuesta, un subgrupo comenzó a investigar el enfoque MVLN para el modelo Stock Synthesis de tiburón azul del Atlántico norte. El subgrupo observó que la verdadera densidad de la distribución de MVLN puede quedar oscurecida al trazar puntos superpuestos. Puede resultar más claro a partir de un mayor número de réplicas o de un gráfico de contorno de la densidad de puntos. También se señaló que la diferencia entre MVLN y MCMC puede no ser necesariamente una cuestión metodológica. Sin embargo, la falta de correlación negativa entre F y B en la matriz de Hessian estimada parece poco común para un modelo de evaluación. Durante la próxima reunión del SCRS sobre especies de tiburones, que se celebrará los días 20 y 21 de septiembre de 2023, podrá presentarse, si está disponible, un documento del SCRS que resuma cualquier entendimiento o recomendación consensuada que se haya obtenido de la revisión de esta solicitud específica por parte del subgrupo.

Estimaciones del modelo Stock Synthesis del tiburón azul del Atlántico sur

Las series temporales de los resultados del stock reproductor, las estimaciones de reclutamiento y la mortalidad por pesca (medida como tasas instantáneas de mortalidad por pesca para todas las flotas combinadas) se representan en las **Figuras 22, 26 y 27**, respectivamente. La serie temporal estimada de los resultados de la reproducción para el caso de referencia indicó que la población disminuyó rápidamente desde finales de la década de 1980 hasta principios de la década de 2000, y luego siguió disminuyendo a un ritmo más lento hasta principios de la década de 2010 (**Figura 22**). Presentó un discreto aumento hasta finales de la década de 2010 y un nuevo descenso hasta el final de la serie temporal en 2021 (**Figura 22**).

Se estimaron reclutamientos significativamente fuertes para los años 2008, 2012 y 2013. Los reclutamientos de 2012 y 2013 (**Figura 26**) dieron lugar a un aumento de la biomasa en la década de 2010 (**Figura 28**). La disminución de los reclutamientos a finales de la década de 2010, combinada con el aumento de los desembarques, dio lugar a la tendencia decreciente de la biomasa en los años terminales del modelo.

La mortalidad por pesca se estimó como la suma de la totalidad de las F por flota, (F apical), dividida por la F_{RMS} calculada en las mismas unidades. En general, F aumentó de forma constante desde la década de 1990 hasta principios de 2010, y alcanzó el máximo de la serie en 2011 ($F=1,33$) (**Figura 27**). Tras un ligero descenso, F volvió a aumentar en los años terminales del modelo, alcanzando un valor de 1,16 en 2021 (**Figura 27**).

4.3 Resultados del estado del stock a partir del modelo JABBA

Stock del norte

El Grupo revisó los ajustes actualizados de JABBA al stock del norte. El método de reponderación de los CV de la CPUE dio como resultado valores medios de 0,2 para los índices español, portugués, japonés y marroquí, de 0,29 y 0,28 para las dos series estadounidenses, y de 0,64 y 0,97 para las series de Taipéi Chino y Venezuela, respectivamente. La variabilidad interanual de la desviación estándar de la serie $\log(CPUE)$ se mantuvo como en los documentos originales de estandarización de la CPUE, lo que dio como resultado los valores anuales que se muestran en la **Figura 28**, que se utilizaron como datos de entrada para la evaluación JABBA del stock del norte. Además, se estimó un término adicional, añadido a la varianza, como parte de la evaluación del stock en JABBA para cada serie de CPUE.

El Grupo acordó que el caso de referencia JABBA para el stock del Atlántico norte se basara en el parámetro del ciclo vital proporcionado en Cortés y Taylor (SCRS/2023/115). Para r (mediana de distribuciones previas = 0,39 y CV = 0,31) y m (mediana de distribución previa = 1,5 y CV = 0,31) se obtuvieron distribuciones previas lognormal que se aproximaban al rango de valores identificados como más

probables a partir de ese documento. También se utilizó una distribución previa log-normal para K , como exige JABBA, con valor de mediana "por defecto" = $8 \cdot \max(\text{capturas observadas de 1971-2021}) = 443864$ t y un CV grande=1, para que sea relativamente poco informativo. Para el índice de estabilidad de la población (PSI) se utilizó una distribución beta con media=0,7 y CV=0,2, donde PSI corresponde a $B(1971)/K$. Se permitieron desviaciones estocásticas de error de proceso en torno al modelo dinámico de producción de excedentes en todos los años, con un valor de CV fijo muy pequeño (0,01) para el periodo 1971-1991 y un valor de CV estimado para los años 1992 y posteriores, cuando comenzaron las series de CPUE utilizadas para ajustar el modelo. El CV de las series de capturas se fijó en 0,01.

Se ofreció un conjunto de diagnósticos siguiendo a Carvalho *et al.* (2021): convergencia del modelo, ajuste a los datos, coherencia del modelo (patrón retrospectivo) y capacidad de predicción a través de la validación cruzada retrospectiva (Kell *et al.*, 2016; 2021a).

Los resultados de las pruebas de convergencia MCMC y el examen visual de los diagramas de seguimiento MCMC mostraron que este modelo tiene propiedades de convergencia adecuadas. En la **Figura 29** se muestran las distribuciones previa y posterior marginales para r y m , que son muy similares, mientras que para K , la distribución posterior mucho más estrecha que la previa, lo que indica que hay información en los datos de entrada sobre K . El error de proceso estimado muestra algunos periodos continuados de años con valores estimados positivos o negativos (**Figura 30**), sin que haya una tendencia obvia que se aparte de cero cuando se considera toda la serie temporal.

El ajuste a los ocho índices de CPUE se presenta en la **Figura 31**, junto con los residuos y los resultados de la prueba de ensayos para los residuos, que sólo superaron tres de los ocho índices de CPUE. Las estadísticas de bondad de ajuste indicaron un RMSE elevado, estimado en un 52,8 % (**Figura 32**). Los residuos sugieren conflictos de datos originados por distintas tendencias en los índices de CPUE, especialmente en los últimos años, a partir de 2015 (**Figura 31**).

En un análisis retrospectivo, en el que se eliminaron hasta cinco años de datos de CPUE a partir del último año de evaluación, se mostraron desviaciones mínimas respecto al modelo completo (**Figura 33**). Los valores estimados de ρ de Mohn se situaron dentro del intervalo aceptable de -0,15 y 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2017) y fueron bajos tanto para B/B_{RMS} como para F/F_{RMS} , lo que indica que el patrón retrospectivo es insignificante. La validación cruzada de la simulación retrospectiva con el mismo rango de años eliminados de las series de CPUE y la predicción de los valores de CPUE eliminados con 1 año de antelación dio como resultado valores estadísticos MASE superiores a 1 para la mayoría de las series de CPUE, lo que indica que una predicción con 1 año de antelación basada en un desarrollo aleatorio ingenuo fue más precisa que una predicción procedente del modelo para esas series de CPUE (**Figura 34**). Sin embargo, cuando se calcularon los intervalos predictivos posteriores para las observaciones de CPUE teniendo en cuenta también su error de observación asociado (CV), tras eliminar los últimos 5 años de la serie de CPUE, los intervalos predictivos posteriores correspondientes abarcaban los valores de CPUE observados, incluidos los de los últimos 5 años que se habían excluido al ajustar el modelo (**Figura 35**). Los análisis jackknife de los índices de CPUE, ajustando el modelo excluyendo una serie de CPUE cada vez, indicaron que las series de CPUE portuguesa y japonesa son las que más influyen en los resultados del modelo (**Figura 36**).

El Grupo convino en que, aunque los diagnósticos no eran especialmente buenos, los resultados obtenidos de las distintas formulaciones del modelo JABBA debatidas en la reunión eran coherentes y debían ser informativos para incluirlos en los consejos de ordenación. Los resultados sugieren que el caso de referencia del modelo final es estable y proporciona ajustes razonablemente robustos a los datos.

Las tendencias del stock anuales finales se resumen en la **Figura 37**. La biomasa muestra una tendencia decreciente desde la década de 1990 hasta principios de la década de 2000, luego aumenta lentamente hasta 2016 y disminuye ligeramente a partir de entonces (panel superior izquierdo). La mortalidad por pesca fue inicialmente baja en la década de 1970, pero aumentó a lo largo de la década de 1980 y se mantuvo en valores similares hasta 2015, para descender posteriormente (panel superior derecho).

Los resúmenes de los cuantiles de la distribución posterior para los parámetros y las cantidades de ordenación de interés se presentan en la **Tabla 7**. La estimación del RMS es de 33.822 t (31.085 t – 36.465 t) y la mediana posterior marginal para B_{RMS} es de 120.012 t (83.682 t - 176.399 t). La estimación de la mediana de F_{RMS} es de 0,28 (0,18 – 0,42).

El modelo final estimó valores medios de $B_{2021}/B_{RMS} = 0,96$ (95 % CI: 0,71-1,35) y $F_{2021}/F_{RMS} = 0,68$ (95 % CI: 0,47-0,91), estos datos se presentan en la **Tabla 7**.

También se realizaron análisis de sensibilidad para explorar el impacto de incorporar la encuesta temprana de EE. UU. y los índices japoneses tempranos y comenzar el modelo en 1957, en consonancia con la Evaluación del stock de tiburón azul de 2015. Los análisis mostraron que las conclusiones no eran sensibles al año de partida ni a la inclusión de los dos índices de CPUE adicionales. El Grupo acordó utilizar como caso de referencia el modelo a partir de 1971 y los índices de CPUE acordados en la [Reunión de preparación de datos sobre tiburón azul de 2023](#) (Anón., 2023).

Stock del sur

El Grupo acordó que el caso de referencia JABBA para el stock del Atlántico sur debería basarse en los parámetros del ciclo vital presentados por Cortés y Taylor (SCRS/2023/115) y utilizar todas las CPUE, con bloqueos temporales en dos de ellas (véase la sección 3.3). Se ofreció un conjunto de diagnósticos siguiendo a Carvalho *et al.* (2021): convergencia del modelo, ajuste a los datos, coherencia del modelo (patrón retrospectivo) y capacidad de predicción a través de la validación cruzada retrospectiva (Kell *et al.*, 2016; 2021a). Además, se facilitaron análisis jack-knife.

Los resultados de las pruebas de convergencia MCMC y el examen visual de los diagramas de seguimiento muestran que este modelo tiene una convergencia adecuada y un nivel de estabilidad elevado. En la **Figura 38** se muestran las distribuciones posteriores marginales y las densidades de las distribuciones previas. La ratio de la mediana de la distribución previa y la distribución posterior (PPMR) para r fue cercana a 1, lo que indica, como era de esperar, que la distribución posterior está muy influenciada por la distribución previa. Las bajas ratios de varianza de la distribución previa con respecto a la distribución posterior resultante (PPVR) para K indicaban que los datos de entrada ofrecían más información sobre K . Las desviaciones estimadas del error del proceso muestran una tendencia creciente en los últimos años (**Figura 39**), lo que podría indicar que la productividad del stock ha sido superior a la media en este período más reciente. Aunque esta tendencia es notable, los intervalos de credibilidad estimados para esta cantidad contenían siempre cero a lo largo de toda la serie temporal. En la **Tabla 8** se muestran los valores de CV estimados en el modelo.

En la **Figura 40** se muestran las series temporales de CPUE observada (círculo, datos de entrada) y prevista (línea continua) del caso de referencia JABBA del tiburón azul del Atlántico sur. Cinco de los seis índices de CPUE superaron la prueba de ensayos (**Figura 40**, panel derecho) con una bondad de ajuste razonable y una estimación de RMSE elevada del 23,2 % (**Figura 41**). Los patrones residuales sugieren conflictos de datos originados por tendencias opuestas en los índices de CPUE, especialmente en los últimos siete años (2015-2021). Más concretamente, el índice de palangre UE-España muestra una tendencia creciente, mientras que el índice de palangre de Japón muestra un patrón decreciente en los últimos años (**Figura 41**). Además, la elevada variación observada en el índice de Taipei Chino de los últimos años de la serie temporal (por ejemplo, residuos más elevados de toda la serie temporal) también contribuyó a obtener este patrón.

Un análisis retrospectivo de ocho años muestra algunas desviaciones del modelo completo para las estimaciones de F , B y F/F_{RMS} (**Figura 42**) con los valores ρ de Mohn de 0,29, -0,22 y 0,23, respectivamente. El ρ de Mohn estimado para estas cantidades quedó fuera del intervalo aceptable de -0,15 y 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2017). En general, los patrones retrospectivos están influidos por el conflicto entre los índices de abundancia, principalmente por la fuerte influencia del valor del índice de Taipei Chino de 2020, que es casi dos veces superior a todos los valores que se emplean en esta evaluación. El autor del índice recordó al Grupo que la flota faenó en 2020 en zonas de pesca distintas a las habituales y con una cobertura de observadores inferior debido a la pandemia de COVID, y que la flota capturó una cantidad significativa de tiburones azules de pequeño tamaño, lo que resultó en una CPUE elevada en el número (Anón., 2023).

Para B/B_{RMS} , error de proceso y RMS, los valores de ρ de Mohn (-0,1, -0,01 y -0,08, respectivamente) indicaron que el patrón retrospectivo era insignificante para estas cantidades. Los resultados de la validación cruzada de simulación retrospectiva indicaron que el índice de palangre de Brasil-Uruguay y el índice de Taipei Chino tienen una buena capacidad de predicción (**Figura 43**). Los análisis Jackknife de los

índices de CPUE indicaron que todos los índices influyen en la forma de la función de producción de excedentes y en las trayectorias de B/B_{RMS} and F/F_{RMS} , especialmente en el periodo comprendido entre mediados de la década de 1990 y finales de la década de 2000 (**Figura 44**).

Los resultados sugieren que el modelo final es estable y proporciona ajustes razonables a los datos. Los resúmenes de los cuantiles de la distribución posterior para los parámetros y las cantidades de ordenación de interés se presentan en la **Tabla 8**. La estimación del RMS es de 29.299 t (23.128 t – 47.758 t) y la mediana de la distribución posterior marginal para B_{RMS} fue de 135.211 t (91.781 t- 225.806 t). La estimación de la mediana de F_{RMS} era de 0,22 (0,15 - 0,32).

En general, la mediana de la B_{RMS} estimada se mantuvo por encima de 1,0 en todos los años evaluados (**Figura 45**). La trayectoria de B/B_{RMS} mostró una tendencia relativamente estable durante dos décadas desde 1971 y descendió entre 2,0 y 1,2 aproximadamente en la década siguiente, desde finales de los ochenta hasta mediados de los noventa. La biomasa estimada se mantuvo en torno a 1,2 hasta mediados de la década de 2000, antes de aumentar ligeramente y estabilizarse en torno a 1,5 en la década de 2010. En los últimos años, tras las elevadas capturas recientes, las estimaciones mostraron una tendencia a la baja, pero se mantuvieron por encima del nivel de B_{RMS} .

La mediana de la F/F_{RMS} estimada fue inferior a 1,0 en todos los años evaluados (**Figura 46**). Mostró un lento aumento hasta finales de los ochenta, seguido de un gran incremento (de 0,2 a 0,7) desde finales de los ochenta hasta mediados de los noventa, impulsado principalmente por el aumento de las capturas. Tras este pico a finales de los 90, la F/F_{RMS} fluctuó ligeramente entre 0,6 y 0,8 hasta principios de la década de 2010. La mortalidad por pesca disminuyó repentinamente pasando de 0,8 a alrededor de 0,5 y 0,6 a principios de la década de 2010, pero luego volvió a aumentar rápidamente al nivel histórico más alto.

El modelo final estimó valores medios de $B_{2021}/B_{RMS} = 1,41$ (95 % CrI: 0,93-1,87) y $F_{2021}/F_{RMS} = 0,82$ (95 % CrI: 0,39-1,47), respectivamente.

4.4 Otros métodos

En la reunión, no se presentaron resultados finales de ningún otro método de evaluación, a excepción de los que se enumeran a continuación.

4.5 Síntesis de los resultados de las evaluaciones

El Grupo debatió en profundidad sobre varios temas relacionados con cómo desarrollar el asesoramiento científico para ambos stocks, como de qué manera abordar las incertidumbres asociadas a la evaluación de stock, de qué manera ponderar escenarios, etc. El Grupo acordó centrarse en el desarrollo de un modelo de evaluación de stock lo mejor posible y coherente desde el punto de vista interno y, en consecuencia, decidió no implementar un enfoque de matriz del modelo. El Grupo consideró que un enfoque de matriz podría ayudar a cuantificar algunas de las incertidumbres del modelo; sin embargo, todas las tareas relacionadas con la ejecución de una matriz de incertidumbre estructural no pudieron llevarse a cabo durante la reunión. Reconociendo la importancia de los métodos y enfoques de ponderación de los modelos, el Grupo consideró que se trata de una característica común de todas las evaluaciones de stock, señalando que, en general, el SCRS utiliza por defecto una ponderación igual de los modelos aceptados, pero remitió el debate al WGSAM para futuras directrices.

Stock del norte

El Grupo revisó los resultados de JABBA y de Stock Synthesis y debatió cómo elaborar asesoramiento científico y recomendaciones de ordenación para el stock de tiburón azul del Atlántico norte. El Grupo comparó los resultados entre los modelos (**Figura 46** y **Tabla 9**). Las trayectorias y estimaciones de F/F_{RMS} fueron similares entre los modelos, y el intervalo de credibilidad del caso de referencia de JABBA cubrió completamente el intervalo de confianza del caso de referencia de Stock Synthesis en todo el periodo. Las trayectorias de B/B_{RMS} fueron similares, pero las estimaciones de Stock Synthesis se situaron por encima de las de JABBA hasta la década de 2000. A partir de entonces, las tendencias y las estimaciones de B/B_{RMS} se hicieron más similares, con un solapamiento completo de la incertidumbre asociada a estas estimaciones.

El Grupo observó que los conflictos en los índices de abundancia afectaban al desempeño del modelo en ambas plataformas y que aún hay margen de mejora en el modelo Stock Synthesis. El Grupo acordó que, para la evaluación de stock de tiburón azul del norte, el asesoramiento científico se basará en los resultados combinados de los casos de referencia de JABBA y de Stock Synthesis con la misma ponderación. También se acordó que las proyecciones del stock se realizarían para cada plataforma asumiendo escenarios de capturas constantes a partir de 2024 y que se combinarían posteriormente para producir las matrices de estrategia de Kobe II.

Se señaló que el SCRS acordó comunicar la biomasa o biomasa reproductora del stock al final del año y la correspondiente mortalidad por pesca que se aplicó durante todo el año. Por lo tanto, en los resultados de la evaluación, SSB/SSB_{RMS} de Stock Synthesis da estimaciones de biomasa a finales de año. No obstante, se observó que JABBA elabora las estimaciones de la ratio de B a principios de año a partir de la comprobación de códigos. El Grupo recomendó que los modeladores (a través del WGSAM) confirmen el calendario de resultados asociado con la biomasa y la mortalidad por pesca correspondiente tanto en JABBA como en Stock Synthesis para garantizar una comparación y combinación adecuadas de los resultados, ya que esto afectará a la mayoría de las evaluaciones de ICCAT para todas las especies.

Las series temporales conjuntas de B relativa y F relativa y el diagrama de fase de Kobe se construyeron con 100.000 iteraciones basadas en el enfoque de Monte-Carlo multivariante lognormal (MVLN) para el caso de referencia de Stock Synthesis y 100.000 muestras MCMC del caso de referencia de JABBA. Los resultados conjuntos (**Figura 47**) mostraron que la trayectoria de B/B_{RMS} se mantuvo estable en el nivel históricamente más alto (en torno a 2,0) hasta mediados de la década de 1980, seguido de un descenso continuo hasta el nivel históricamente más bajo (en torno a 0,7) a principios de la década de 2000, en respuesta al aumento de las capturas y la mortalidad por pesca. A continuación, la biomasa aumentó gradualmente hasta alcanzar el nivel de B_{RMS} a mediados de la década de 2010 y se mantuvo en torno a los niveles de B_{RMS} a finales del año de evaluación 2021. La trayectoria de F/F_{RMS} fue similar al historial de capturas. Mostró un rápido aumento en la década de 1980 hasta situarse por encima de F_{RMS} y fluctuó entre 1,0 y 1,5 hasta 2018. Las estimaciones desde 2019 fueron inferiores a F_{RMS} respondiendo a una disminución de las capturas en los últimos años. El RMS conjunto fue de 32.689 t (media geométrica de ambos modelos, con un rango de intervalo de confianza del 95 % de 30.403 - 36.465 t).

Los resultados combinados indican que el stock se encuentra en el nivel de RMS ($B_{2021}/B_{RMS} = 1,00$, con un intervalo de confianza del 95 %: 0,75-1,31) y no está experimentando sobrepesca ($F_{2021}/F_{RMS} = 0,70$ con un intervalo de confianza del 95 %: 0,50-0,93). El diagrama de fase de Kobe indica que hay un 49,6 % de probabilidades de que el stock se sitúe actualmente en el cuadrante amarillo del diagrama de Kobe, un 49,7 % de probabilidades de que se sitúe en el cuadrante verde y menos de un 1 % de posibilidades de que se sitúe en los cuadrantes rojo o naranja (**Figura 48**).

Stock del sur

El Grupo revisó los resultados del caso de referencia de JABBA y de Stock Synthesis y comparó los resultados entre los modelos para el stock de tiburón azul del Atlántico sur (**Figura 49** y **Tabla 10**). La mediana de las trayectorias de B/B_{RMS} mostraron que el stock no ha estado por debajo del nivel de B_{RMS} durante todo el periodo considerado en la presente evaluación para ambos modelos. Ambos modelos mostraron una tendencia decreciente de B/B_{RMS} en la década de 1990 con respecto a la biomasa virgen, y las estimaciones posteriores a la década de 2000 oscilaron entre 1,0 y 1,5. Aunque las trayectorias fueron diferentes, los límites de confianza se solaparon en la mayoría de los años. Se observó que la magnitud de las estimaciones antes de la década de 2000 difería en gran medida entre modelos (alrededor de 2,0 para JABBA y 3,5 para Stock Synthesis en la década de 1970).

Las trayectorias de F/F_{RMS} fueron similares entre modelos, pero la magnitud de las estimaciones fue mayor en Stock Synthesis desde mediados de la década de 2000. En general, las estimaciones de F/F_{RMS} se situaron por debajo de 1,0, excepto en algunos años con grandes capturas que dieron lugar a diferencias entre los modelos en la predicción del estado del stock en los años más recientes. La estimación de JABBA para 2021 se situaba por debajo de F_{RMS} , mientras que la estimación de Stock Synthesis se situaba por encima de F_{RMS} . Sin embargo, los límites de confianza de ambos modelos se solapaban completamente, con una incertidumbre mucho mayor indicada por los resultados de JABBA.

El Grupo consideró que ambos modelos mostraban ajustes y diagnósticos razonables del modelo, por lo que acordó combinar los modelos JABBA y SS3 a la hora de evaluar el estado del stock y elaborar proyecciones. Las series temporales conjuntas y el diagrama de Kobe se elaboraron con 15.000 iteraciones basadas en el enfoque de Monte-Carlo multivariante lognormal (MVLN) para el caso de referencia de Stock Synthesis y 15.000 muestras MCMC del caso de referencia de JABBA. Los resultados combinados (**Figura 50**) mostraron que la trayectoria de B/B_{RMS} se mantuvo estable en el nivel históricamente más alto (por debajo de 3,0) hasta finales de la década de 1980, seguido de un descenso continuo hasta el nivel históricamente más bajo (en torno a 1,3) a mediados de la década de 2000. Desde entonces, las estimaciones se mantuvieron relativamente estables entre 1,3 y 1,5. La trayectoria de F/F_{RMS} fue como el historial de capturas, mostrando un aumento continuo gradual desde finales de la década de 1980 hasta el nivel históricamente más alto en 2011 (1,14). Las estimaciones se situaron por debajo de F_{RMS} a mediados de la década de 2010, pero volvieron a aumentar hasta alcanzar el nivel de F_{RMS} en los años más recientes. El RMS conjunto estimado fue de 27.711 t (media geométrica de ambos modelos, con un rango de intervalo de confianza del 95 % de 23.128 – 47.758 t).

Los resultados combinados indican que el stock no está sobrepescado ($B_{2021}/B_{RMS} = 1,29$, con un intervalo de confianza del 95 %: 0,89-1,81), pero está experimentando sobrepesca ($F_{2021}/F_{RMS} = 1,03$, con un intervalo de confianza del 95 %: 0,45 – 1,55). Un diagrama de fase de Kobe conjunto (**Figura 51**) muestra que hay un 46,5 % de probabilidades de que el stock se sitúe actualmente en el cuadrante naranja del diagrama de Kobe, un 44,7 % de probabilidades de que se sitúe en el cuadrante verde y un 8,02 % de probabilidades de que se sitúe en el cuadrante rojo, con menos de un 1 % de probabilidades de que se sitúe en el cuadrante amarillo.

El Grupo debatió las diferentes formas de distribución de las iteraciones en los diagramas de Kobe para JABBA y Stock Synthesis en los stocks de tiburón azul del norte y del sur (**Figura 51**). Se observó que los modelos de producción excedente (JABBA) estiman menos parámetros del modelo y tienden a mostrar una correlación mucho mayor entre F y B en comparación con los modelos estructurados por edad (Stock Synthesis), que estiman un mayor número de parámetros. El Grupo se preguntó si no hay correlación en los resultados de Stock Synthesis o si el enfoque MVLN no tiene en cuenta la correlación de los parámetros. El Grupo acordó que esto se investigará mejor ejecutando proyecciones MCMC estocásticas en Stock Synthesis y comparándolas con proyecciones equivalentes del enfoque MVLN, y que este trabajo se realizará en el periodo intersesiones.

5. Proyecciones

El Grupo acordó llevar a cabo proyecciones estocásticas del estado del stock basándose en los casos de referencia seleccionados de JABBA y Stock Synthesis para los stocks de tiburón azul del Atlántico norte y sur, dando la misma ponderación a cada plataforma de modelos. Por falta de tiempo, el Grupo acordó realizar las proyecciones estocásticas después de la reunión.

Dado que no se disponía de las comunicaciones oficiales de capturas nominales de Tarea 1 de tiburón azul para 2022, el Grupo sugirió revisar las comunicaciones oficiales de capturas en la reunión del Grupo de especies de tiburones de septiembre de 2023 para evaluar si los supuestos de captura de 2022 para ambas proyecciones del stock necesitan ser perfilados. La Secretaría de ICCAT se coordinará con el presidente a principios de septiembre de 2023 para realizar esta revisión.

Tiburón azul del Atlántico norte

Configuración de la proyección:

- Establecer 23.418 t (captura media de 2019-2021 en las capturas nominales de Tarea 1) como la mejor estimación de las capturas previstas para 2022 y 2023. Esto incluye las estimaciones preliminares de EE. UU. de capturas de tiburón azul del norte para 2022 de 37 t facilitadas por científicos nacionales durante la reunión.
- 11 escenarios de capturas futuras constantes para los periodos comprendidos entre 2024 y 2033, como se indica a continuación: 0, 20.000 a 40.000 t con un intervalo de 2.500 t; y 32.689 t el nivel estimado de RMS combinado.
- 100.000 iteraciones en ambos modelos.

- Para Stock Synthesis, utilizar una media de tres años (2019-2021) para la distribución de captura futura por flota y su selectividad correspondiente.
- Para Stock Synthesis, aplicar el enfoque multivariante lognormal (MVLN) para las proyecciones estocásticas.
- Para Stock Synthesis, los valores futuros de reclutamiento (más allá del año 2019) se tomaron directamente de la relación stock-reclutamiento.
- Para JABBA, muestrear las distribuciones posteriores para todos los parámetros, incluidos los parámetros principales (r y K), los parámetros de error de observación y de error de proceso.

Resultados de la proyección:

En la **Figura 52** se presentan las tendencias anuales de las proyecciones estocásticas de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} relativas del estado actual combinado del stock de tiburón azul del Atlántico norte. La **Tabla 11** muestra el porcentaje de ensayos de proyección del modelo para los que el nivel de biomasa cayó por debajo del 20 % de B_{RMS} . Los resultados indicaron que unas capturas futuras constantes iguales o superiores a 35.000 t llevarían al stock a niveles bajos de biomasa considerados de alto riesgo y no sostenibles a largo plazo. Se estimaron las matrices de estrategia de Kobe II (**Tabla 12**), que muestran la probabilidad de que no se esté produciendo sobrepesca ($F \leq F_{RMS}$), de que el stock no esté sobrepescado ($B \geq B_{RMS}$) y la probabilidad conjunta de que el stock se sitúe en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (es decir, $F \leq F_{RMS}$ y $B \geq B_{RMS}$). El RMS en equilibrio se estimó en 32.689 t.

Las proyecciones estocásticas (**Figura 52**) indicaron que unos niveles de captura constantes futuros (2024 y siguientes) de 32.689 t (RMS) mantendrán el stock de tiburón azul del Atlántico norte por encima de la B_{RMS} de referencia y por debajo del punto de F_{RMS} con una probabilidad del 50 % o superior (es decir, en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (**Tabla 12c**)) al final del periodo de proyección (10 años; 2033). No obstante, existe un periodo de transición en las proyecciones (2025 - 2029) en el que, mientras se pesque en el nivel de RMS, el stock tendrá una menor probabilidad de situarse en el cuadrante verde (46 %). Este periodo de transición refleja la estructura por edad y las tendencias de reclutamiento medio previstas recientes, en particular a partir de los resultados del modelo Stock Synthesis.

Si se mantienen las capturas actuales (media de 2019-2021) de unas 23.500 t, se espera que el stock permanezca en el cuadrante verde del diagrama de fase de Kobe durante todo el periodo de proyección con una probabilidad del 50 % o superior. Lo mismo ocurre con los niveles de captura que no superan las 27.500 t anuales (**Tabla 12c**).

Tiburón azul del Atlántico sur

Configuración de la proyección:

- Establecer 34.983 t (captura media de 2019-2021 en Tarea 1) como la mejor estimación de las capturas previstas para 2022 y 2023.
- 10 escenarios de capturas constantes futuras: 0; 15.000 - 32.500 t con un intervalo de 2.500 t; y el nivel estimado de RMS conjunto de 27.711 t (media geométrica de las estimaciones combinadas de JABBA y Stock Synthesis).
- 15.000 iteraciones en ambos modelos.
- Para Stock Synthesis, utilizar una media de tres años (2019-2021) para la distribución de captura futura por flota y su selectividad correspondiente.
- Para Stock Synthesis, aplicar el enfoque multivariante lognormal (MVLN) para las proyecciones estocásticas.
- Para Stock Synthesis, los valores futuros de reclutamiento (más allá del año 2019) se tomaron directamente de la relación stock-reclutamiento estimada en el modelo, excluyendo los últimos tres años (2019-2021) de desviaciones del reclutamiento.
- Para JABBA, muestrear las distribuciones posteriores para todos los parámetros, incluidos los parámetros principales (r y K), los parámetros de error de observación y de error de proceso.

Resultados de la proyección:

En la **Figura 53** se presentan las tendencias anuales de las proyecciones estocásticas de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} relativas del estado actual combinado del stock de tiburón azul del Atlántico sur. La **Tabla 13** muestra el

porcentaje de ensayos de proyección del modelo para los que el nivel de biomasa cayó por debajo del 20 % de B_{RMS} . Los resultados indicaron que unas capturas futuras constantes iguales o superiores a 30.000 t llevarían al stock a niveles bajos de biomasa y se consideraron de alto riesgo y no sostenibles a largo plazo. Se estimaron las matrices de estrategia de Kobe II (**Tabla 14**), que muestran la probabilidad de que no se esté produciendo sobrepesca ($F \leq F_{RMS}$), de que el stock no esté sobrepescado ($B \geq B_{RMS}$) y la probabilidad conjunta de que el stock se sitúe en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (es decir, $F \leq F_{RMS}$ y $B \geq B_{RMS}$). El RMS en equilibrio se estimó en 27.711 t.

Las proyecciones estocásticas (**Figura 53**) indicaron que un nivel de captura constante futuro (2024 y siguientes) de 27.711 t (RMS) mantendrá el stock de tiburón azul del Atlántico sur por encima de la B_{RMS} de referencia y por debajo del punto de F_{RMS} con una probabilidad del 50 % o superior (es decir, en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (**Tabla 14c**)) al final del periodo de proyección (10 años; 2033).

Si se mantienen las capturas actuales (media de 2019-2021) de unas 35.000 t, se prevé que la biomasa del stock disminuya rápidamente. Las extracciones a este nivel no son sostenibles a largo plazo, con riesgo de caer por debajo del 20 % del nivel de referencia estimado de B_{RMS} en pocos años. Sólo las capturas iguales o inferiores al RMS (27.711 t) mantendrán el stock en el cuadrante verde del diagrama de Kobe.

6. Recomendaciones

6.1 Investigación y estadísticas

Recomendaciones sin implicaciones financieras

Considerando la necesidad de reducir la incertidumbre en las evaluaciones de stock de las especies de tiburones pelágicos afectadas por las pesquerías de ICCAT y teniendo en cuenta la [Recomendación de ICCAT que sustituye a la Recomendación 16-13 para mejorar la revisión del cumplimiento de las medidas de conservación y ordenación relacionadas con los tiburones capturados en asociación con las pesquerías de ICCAT \(Rec. 18-06\)](#), así como otras recomendaciones anteriores que convierten en obligatoria la presentación de datos de tiburones de Tarea 1 y Tarea 2, el Grupo una vez más recomienda encarecidamente que las CPC faciliten las estadísticas correspondientes, incluidas las estimaciones de descartes (vivos y muertos), de todas las pesquerías que son competencia de ICCAT, lo que incluye las pesquerías artesanales y de recreo, y en la medida de lo posible no de ICCAT, que capturan estas especies. El Grupo considera que una premisa básica para evaluar correctamente el estado de cualquier stock es contar con una base sólida para estimar las extracciones totales.

Como resultado de los cambios en los requisitos de comunicación de datos a lo largo del tiempo, aún quedan importantes lagunas en los datos históricos sobre tiburones en la base de datos de ICCAT. Por lo tanto, el Grupo reitera nuevamente sus recomendaciones anteriores de que los científicos nacionales revisen los catálogos de información del SCRS para identificar las lagunas en los datos sobre tiburones y presenten los datos que faltan a la Secretaría para cumplir los requisitos de ICCAT en materia de comunicación de datos. El Grupo recomienda que los científicos nacionales de aquellas CPC que en el pasado han comunicado datos sobre tiburones como parte de un complejo de especies exploren la posibilidad de volver a presentar los datos a nivel de especie.

El Grupo recomienda que las CPC que capturan tiburón azul en el Mediterráneo faciliten los datos requeridos de Tarea 1 sobre capturas nominales (incluyendo estimaciones de descartes vivos y muertos) y los datos de talla y de captura y esfuerzo de Tarea 2, incluyendo series temporales históricas. Además, el Grupo también recomienda que las CPC aumenten sus esfuerzos para recoger muestras biológicas de tiburón azul en el mar Mediterráneo.

El Grupo recomienda que se promuevan las actividades del Grupo de trabajo *ad hoc* sobre coordinación de la información sobre mercado del SCRS y que los científicos nacionales hagan más hincapié en las actividades de mercado convencional de tiburones.

El Grupo recomienda que el Grupo de trabajo del SCRS sobre métodos de evaluación de stock (WGSAM) revise y recomiende la comunicación adecuada de la referencia temporal de la biomasa y la mortalidad por pesca. De manera más específica, si la biomasa que debe considerarse debería ser la estimada al final o al

principio del año para el que se facilita la mortalidad por pesca correspondiente. Esto debería confirmarse para los modelos de evaluación de stock comúnmente utilizados (por ejemplo, JABBA, Stock Synthesis).

El Grupo también recomienda que se realicen nuevos esfuerzos sobre la posibilidad de que los permisos de CITES se expidan directamente a ICCAT con fines de muestreo biológico e investigación.

Reconociendo las dificultades de recoger, introducir desde el mar y compartir muestras biológicas de especies incluidas en CITES, el Grupo recomienda que el SCRS y la Comisión insten a las CPC a explorar mecanismos para facilitar los permisos dentro de las CPC para introducciones desde el mar y para enviar muestras entre CPC.

El Grupo recomienda que, si es posible, un representante de ICCAT asista a la Septuagésima séptima reunión del Comité permanente de CITES, que se celebrará del 6 al 10 de noviembre de 2023, para identificar algunas de las dificultades que está experimentando ICCAT en la concesión de permisos.

El Grupo recomienda explorar la posibilidad de utilizar las evaluaciones de tiburón azul para seguir desarrollando herramientas de validación de modelos, evaluar la capacidad de las evaluaciones para estimar el estado del stock y realizar previsiones sobre el stock. Podrían aplicarse en un marco común y estar disponibles para futuras evaluaciones de stock.

Recomendaciones con implicaciones financieras

El Grupo recomienda que la Secretaría adquiera y ponga a disposición de los Grupos de especies del SCRS recursos informáticos de alto rendimiento en la nube para realizar tareas como diagnósticos estándar, ensayos MCMC, proyecciones estocásticas y matrices de incertidumbre.

6.2 Ordenación

Las recomendaciones de ordenación se desarrollarán en la reunión del Grupo de especies de tiburones.

7. Respuestas a la Comisión

Durante la reunión, se revisó la lista de respuestas a la Comisión. La mayoría de estas respuestas corresponden a la conservación del marrajo dientuso, [Recomendación de ICCAT sobre la conservación del stock de marrajo dientuso del Atlántico norte capturado en asociación con pesquerías de ICCAT \(Rec. 21-09\)](#) (stock del norte) y [Recomendación de ICCAT sobre la conservación del stock de marrajo dientuso del Atlántico sur capturado en asociación con pesquerías de ICCAT \(Rec. 22-11\)](#) (stock del sur). Se señaló que la mayoría de las respuestas no podían desarrollarse antes del 31 de julio de 2023, fecha límite para la presentación de datos de Tarea 1 y Tarea 2 correspondientes al año 2022. El Grupo acordó trabajar en el periodo intersesiones para preparar las respuestas utilizando la misma metodología aplicada durante la reunión del Grupo de especies de tiburones de 2022. También se señaló que, dada la similitud de estas dos recomendaciones, algunas respuestas se aplicarían a ambas.

8. Programa de recopilación de datos e investigación sobre tiburones (SRDCP)

Se presentaron al Grupo las actividades y las conclusiones del taller de ICCAT sobre el Programa de recopilación de datos e investigación sobre tiburones (SRDCP), que se celebró del 13 al 15 de julio de 2023. La principal conclusión del taller se incluirá en un documento del SCRS que se preparará antes de la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2023 (SCRS/2023/138). Las tareas realizadas en el marco de este proyecto incluían: edad y crecimiento, movimientos genéticos y utilización del hábitat, mortalidad posterior a la liberación, estudios de reproducción, mejora de la información disponible para las evaluaciones de población, así como otras actividades. Se debatieron las dificultades a las que se enfrenta el programa y las posibles formas de superarlas. También se debatieron los pasos futuros para la segunda fase del programa, lo que incluye las nuevas especies de elasmobranquios que se incluyeron recientemente como parte del Convenio de ICCAT, los avances en la información disponible sobre tiburones pelágicos no incluidos en el SRDCP, las actividades que deben continuarse y las nuevas actividades que deben incluirse.

Con el fin de establecer las líneas generales de la siguiente fase del SRDCP, y continuando con lo realizado previamente en 2013, el Grupo acordó desarrollar un análisis de las lagunas de datos para orientar la investigación y la recopilación de datos en los próximos años antes de la reunión plenaria del SCRS en 2023. Esto incluirá todas las especies de elasmobranchios altamente migratorias que ahora forman parte del Convenio de ICCAT.

Teniendo en cuenta que el 92 % de las especies de tiburones del Convenio de ICCAT están actualmente incluidas en la lista de CITES, otros debates se centraron en la necesidad de una mayor flexibilidad y unos mecanismos más eficientes para la recopilación y el intercambio de muestras de especies incluidas en CITES. Los participantes del taller consideraron crucial este aspecto, ya que muchas de las tareas en el marco del SRDCP requieren la recopilación y el intercambio de muestras biológicas y, por lo tanto, el éxito de muchas de las tareas del SRDCP depende de la capacidad de recopilar las muestras de esas especies de tiburones pelágicos actualmente incluidas en el Apéndice II de CITES. Por consiguiente, el asesoramiento que el Grupo de especies de tiburones y el SCRS puedan proporcionar a la Comisión depende de la continuación de esos estudios.

Durante el taller, también se consideró necesario promover las actividades del Grupo de trabajo *ad hoc* sobre coordinación de la información sobre marcado de ICCAT. El Grupo recomendó que los científicos insistieran más en las actividades de marcado convencional de tiburones.

Tras la presentación sobre el taller del SRDCP, la mayor parte de los debates se centró en las consecuencias de la inclusión de especies de tiburones en la lista de CITES y las correspondientes dificultades para importar muestras de aguas internacionales y compartirlas entre científicos de distintos países. Se volvió a señalar que muchas de esas dificultades pueden ser resueltas por las autoridades nacionales de CITES, pero la realidad es que en la práctica no ha sido así. En el debate del taller se citaron ejemplos de casos reales en los que sencillamente no es posible realizar un muestreo.

También se señaló que en el pasado el Grupo de especies de tiburones, con el apoyo de la Secretaría, el SCRS y el presidente de la Subcomisión 4, contactó con CITES para debatir la posibilidad de tener permisos especiales de muestreo expedidos directamente a ICCAT, así como otras OROP de tiburidos que estén desarrollando una investigación biológica sobre tales especies. Esto serviría sobre todo para resolver la compleja cuestión de las "introducciones desde el mar", es decir, la introducción de muestras procedentes de aguas internacionales en países nacionales. Se señaló que el Comité permanente de CITES se reunirá en noviembre de 2023, y que debatirá varios aspectos relacionados con los permisos, incluidos el muestreo científico y las introducciones desde el mar. Lo ideal sería que algunas CPC que también son parte de CITES enviaran una propuesta solicitando que el Comité permanente de CITES abriera un debate sobre estos puntos; dicha documentación debe enviarse a CITES antes de septiembre.

9. Otros asuntos

El documento SCRS/2023/123 proporciona un análisis exploratorio de las capturas de tiburón azul por parte de la flota palangrera española que opera en aguas del Mediterráneo occidental. Los autores utilizan los datos de los cuadernos de pesca para proporcionar información básica sobre las capturas de tiburón azul, el esfuerzo pesquero y los distintos tipos de artes utilizados por la flota, que varían en la profundidad de pesca, el número de anzuelos utilizados, la estacionalidad y las zonas de pesca en función de la especie objetivo. Los datos de los observadores muestran que las capturas y la CPUE nominal del tiburón azul (estimada como el número de ejemplares capturados por cada mil anzuelos) cambian en función del tipo de arte, produciéndose los valores más altos en los palangres de superficie y los más bajos en los palangres de fondo y semipelágicos dirigidos al pez espada. Además, existen diferencias espaciales en las CPUE nominales observadas que muestran que la costa sureste de España es una zona potencial de altos valores de CPUE nominal de tiburón azul. Asimismo, los ejemplares de tiburón azul de mayor tamaño se capturaron en las flotas de palangre semipelágico y de fondo dirigidas al pez espada. Pueden realizarse otros análisis sobre las tendencias espaciotemporales de las CPUE, así como la estimación de índices anuales de abundancia y/o capturas totales.

El Grupo debatió las diferencias entre cada tipo de arte de palangre. Tienen diferentes especies objetivo (por ejemplo, atún blanco, atún rojo, bacoreta o pez espada), profundidad de pesca, zonas y temporadas, así como diferentes configuraciones (número y tamaño de los anzuelos, grosor del nailon o si éste está

trenzado o no), entre otras. Todos estos factores pueden influir potencialmente en la capturabilidad del tiburón azul.

El Grupo también observó que, aunque las CPUE nominales eran diferentes entre los distintos tipos de arte de palangre, estas diferencias no parecían ser sustanciales. Sin embargo, no se realizaron análisis estadísticos formales para comprobar si las diferencias eran significativas.

El Grupo observó que los resultados del palangre de superficie dirigido al atún rojo deberían interpretarse con cautela, ya que los observadores de esta flota controlaron muy pocas mareas y lances.

El Grupo preguntó si el tiburón azul se considera una especie comercial o de captura fortuita. El tiburón azul en la pesquería palangrera española del Mediterráneo es una especie de captura fortuita y, aunque se vende en el mercado local, los pescadores no las retienen ni desembarcan en grandes cantidades debido al problema de conservar la carne a bordo hasta que los buques regresan a puerto. La carne de tiburón azul requiere un proceso de refrigeración y un equipo especiales de los que no disponen los buques que faenan en el Mediterráneo, que suelen ser más pequeños que los españoles que operan en el Atlántico. Por este motivo, el tiburón azul suele descartarse, salvo los ejemplares que se capturan en los últimos lances antes de regresar al puerto base.

El Grupo preguntó por las capturas de tiburón azul en otros artes, como la red de cerco, en el Mediterráneo español. Actualmente, no se dispone de información sobre capturas en otros artes, pero es algo que puede explorarse en el futuro. El Grupo convino en que sería muy útil actualizar la información sobre capturas de otras pesquerías y de todas las CPC del Mediterráneo.

Los científicos españoles han realizado muestreos biológicos de tiburón azul en proyectos anteriores, pero actualmente no se están llevando a cabo actividades de muestreo. No obstante, se puede volver a realizar un muestreo biológico si es necesario. El Grupo convino en que sería muy útil actualizar la información sobre el ciclo vital en el mar Mediterráneo.

El Grupo anima a las CPC a presentar sus datos sobre tiburón azul del Mediterráneo. El Grupo recomienda la presentación de todos los datos estadísticos biológicos y pesqueros relativos al tiburón azul del Mediterráneo, incluidas las diferentes flotas pesqueras y artes de pesca.

Debido a las actuales limitaciones de datos que impiden realizar evaluaciones de stock de tiburón azul del Mediterráneo, el Grupo debatió el posible uso de metodologías alternativas como la evaluación del riesgo ecológico (ERA), el análisis de productividad y susceptibilidad (PSA) o la evaluación de la sostenibilidad de los efectos de la pesca (SAFE).

Dadas las limitaciones de tiempo, se acordó que las secciones 4 y 5 de este informe se adoptarían por correspondencia de acuerdo con el siguiente calendario: 1) El borrador inicial se enviará a los participantes de la reunión por correo electrónico el 9 de agosto de 2023; 2) a continuación, los participantes dispondrán de un plazo para revisarlo y enviar comentarios al presidente hasta el 16 de agosto.

El Grupo también acordó preparar con antelación proyectos de documentos para la reunión del Grupo de especies de tiburones de septiembre, incluidas las actualizaciones del resumen ejecutivo sobre tiburón azul, las respuestas a la Comisión y el plan de trabajo sobre tiburones.

10. Adopción del informe y clausura

El Grupo no pudo terminar las secciones 4 y 5 en la reunión. Estas debían adoptarse por correspondencia tras la reunión. El presidente dio las gracias a todos los participantes por su duro trabajo durante la reunión. La reunión fue clausurada.

Referencias

- Anonymous. 2016. Report of the ICCAT 2015 Blue Shark Stock Assessment Session (Lisbon, Portugal, 27-31 July 2015). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72 (4): 866-1019.
- Anonymous. 2022. Report of the 2022 ICCAT Intersessional Meeting of the Sharks Species Group (Online, 16-18 May 2022). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79 (4): 61-132.
- Anonymous. 2023. Report of the ICCAT 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Hybrid/Olhão, Portugal, 17-21 April 2023). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 80 (4): 1-82.
- Aires-da-Silva A.M., Hoey J.J., Gallucci V.F. 2008. A historical index of abundance for the blue shark (*Prionace glauca*) in the western North Atlantic. Fisheries Research, 92: 41-52. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.12.019>.
- Carvalho F., Punt A.E., Chang Y.J., Maunder M.N., Piner K.R. 2017. Can diagnostic tests help identify model misspecification in integrated stock assessments? Fisheries Research, 192: 28-40. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.09.018>.
- Carvalho F., Winker H., Courtney D., Kapur M., Kell L., Cardinale M., Schirripa M., Kitakado T., Yemane D., Piner K.R., Maunder M.N., Taylor I., Wetzel C.R., Doering K., Johnson K.F., Methot R.D. 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments. Fisheries Research, 240: 105959. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.105959>.
- Courtney D., Cortés E., Zhang X., and Carvalho F. 2017. Stock synthesis model sensitivity to data weighting: an example from preliminary model runs previously conducted for north Atlantic blue shark. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 73 (8): 2860-2890.
- Hurtado-Ferro F., Szuwalski C.S., Valero J.L., Anderson S.C., Cunningham C.J., Johnson K.F., Licandeo R., Mcgilliard C.R., Monnahan C.C., Muradian M.L. 2014. Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. ICES Journal of Marine Science, 72: 99-110. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu198>.
- ICES. 2022. Benchmark workshop on Pandalus stocks (WKPRAWN). ICES Scientific Reports. 4:20. 249 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.19714204>
- Kell L.T., Kimoto A., Kitakado T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research, 183: 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.05.017>.
- Kell L.T., Sharma R., Kitakado T., Winker H., Mosqueira I., Cardinale M., Fu D. 2021a. Validation of stock assessment methods: Is it me or my model talking? ICES Journal of Marine Science, 78(6): 2244-2255. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab104>.
- Kell L.T., 2021b. Validation of alternative stock assessment hypotheses: North Atlantic shortfin mako shark. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78 (9): 16-62.
- Leach, A.W., Levontin, P., Holt, J., Kell, L.T. and Mumford, J.D., 2014. Identification and prioritization of uncertainties for management of Eastern Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). Marine Policy, 48, pp.84-92.

TABLAS

Tabla 1. Resumen de las capturas totales de tiburón azul del stock de tiburón azul del norte por flota.

Tabla 2. Resumen de las capturas totales del stock de tiburón azul del sur por flota.

Tabla 3. Índices de captura por unidad de esfuerzo disponibles para el stock de tiburón azul del norte.

Tabla 4. Índices de captura por unidad de esfuerzo disponibles para el stock de tiburón azul del sur.

Tabla 5. Lista de parámetros del modelo para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis del stock de tiburón azul del norte. En este modelo se utilizaron distribuciones previas no informativas, los parámetros con una fase negativa se fijaron en su valor inicial y los parámetros estimados se fijaron en valores cercanos a sus límites (indicados a continuación con un *) y no influyeron mucho en los resultados generales del modelo.

Tabla 6. Lista de parámetros del modelo para el caso de referencia del stock del sur de tiburón azul del modelo de Stocks Synthesis. Valores estimados (value) y sus errores asintóticos asociados (lower low STdEr y upper Up STdEr), valores iniciales de los parámetros (Init), valores mínimo (Min) y máximo (Max), distribuciones previas (Prior) si se utilizaron, y si el parámetro era fijo o estimado (los enteros de fase negativos indican que el parámetro es fijo, mientras que los valores positivos indican que era estimado).

Tabla 7. Resumen de cuantiles posteriores presentados en forma de medianas de la distribución posterior marginal e intervalos de probabilidad asociados del 95 % (LCI del 2,5 % y UCI del 97,5 %) de los parámetros para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico norte. Los parámetros "SQRT(tau2)" son la raíz cuadrada del término de varianza adicional estimado por JABBA para el tiburón azul del Atlántico norte para el error de proceso de cada índice de abundancia.

Tabla 8. Resumen de los cuantiles posteriores presentados en forma de medianas de la distribución posterior marginal y asociados a intervalos de credibilidad del 95 % (LCI del 95% y UCI del 95 %) de los parámetros para el caso de referencia de JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico sur.

Tabla 9. Estimaciones anuales de biomasa (B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (F/F_{RMS}) relativas de los modelos JABBA y Stock Synthesis para el stock de tiburón azul del Atlántico norte. Los resultados conjuntos muestran las estimaciones combinadas de ambas plataformas.

Tabla 10. Estimaciones anuales de biomasa (B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (F/F_{RMS}) relativas de los modelos JABBA y Stock Synthesis para el stock de tiburón azul del Atlántico sur. Los resultados conjuntos muestran las estimaciones combinadas de ambas plataformas.

Tabla 11. Porcentaje de ensayos del modelo que tuvieron como resultado niveles de $B \leq 20\%$ de B_{RMS} durante el periodo de proyección para un determinado nivel de captura para el stock de tiburón azul del Atlántico norte.

Tabla 12. BSH-N Matrices de estrategia de Kobe 2 para los modelos combinados de stock de tiburón azul del Atlántico norte. Parte superior: la probabilidad de que no haya sobrepesca no se está dando ($F \leq F_{RMS}$), centro: la probabilidad de que el stock no esté sobrepescado ($B \geq B_{RMS}$); y parte inferior: la probabilidad conjunta de situarse en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (es decir, $F \leq F_{RMS}$ y $B \geq B_{RMS}$).

(a) Probabilidad $F < F_{RMS}$

(b) Probabilidad $B \geq B_{RMS}$

(c) Probabilidad $F \leq F_{RMS}$ y $B \geq B_{RMS}$.

Tabla 13. BSH-S Porcentaje de ensayos del modelo que tuvieron como resultado niveles de $B \leq 20\%$ de B_{RMS} durante el periodo de proyección para un determinado nivel de captura para el stock de tiburón azul del Atlántico sur.

Tabla 14. BSH-S Matrices de estrategia de Kobe 2 para los modelos combinados de stock de tiburón azul del Atlántico sur. Parte superior: la probabilidad de que no haya sobrepesca no se está dando ($F \leq F_{RMS}$), centro: la probabilidad de que el stock no esté sobrepescado ($B \geq B_{RMS}$); y parte inferior: la probabilidad conjunta de situar al stock en el cuadrante verde del diagrama de Kobe (es decir, $F \leq F_{RMS}$ y $B \geq B_{RMS}$).

- (a) Probabilidad $F \leq F_{RMS}$
- (b) Probabilidad $F \geq F_{RMS}$
- (c) Probabilidad $F \leq F_{RMS}$ y $B \geq B_{RMS}$.

FIGURAS

Figura 1. Captura total desembarcada de tiburón azul para los stocks de tiburón azul del norte (parte superior) y del sur (parte inferior).

Figura 2. Índices estandarizados de abundancia de tiburón azul para el stock del norte (parte superior) y del sur (parte inferior).

Figura 3. Análisis de sensibilidad para el stock de tiburón azul del Atlántico sur (JABBA).

Figura 4. Análisis de sensibilidad para el stock de tiburón azul del Atlántico norte (JABBA).

- (a) Schaefer vs Pella y distribución previa de K con los 10 índices, bajo error de proceso.
- (b) Año de inicio de Pella variable, índices o distribución previa en B_0/K , por lo demás igual que el caso base.
- (c) Diagnóstico post modelo pre datos (PMPD) sin índices, bajo error de proceso.

Figura 5. Resultados del análisis de fluctuación (100) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte .

Figura 6. Ajustes a las series temporales de índices para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte.

Figura 7. Ajustes a las series temporales de tallas agregadas para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte.

Figura 8. Diagrama conjunto de residuos (panel izquierdo) y composición por tallas (panel derecho) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte.

Figura 9. Desviaciones de reclutamiento para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte.

Figura 10. La prueba de ensayos para el índice (panel izquierdo) y la composición por tallas (panel derecho) se ajusta al caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte. Los índices con autocorrelación serial en los residuos se identifican en rojo.

Figura 11. Análisis retrospectivo de la fecundidad del stock del norte (panel izquierdo) y F/F_{RMS} (panel derecho) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte.

Figura 12. Gráficos de simulación retrospectiva para el índice (paneles superiores) y para el ajuste de tallas (paneles inferiores) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del norte; los números entre paréntesis representan un ajuste del valor MASE, que no se evaluó en la presente evaluación.

Figura 13. Resultados de fluctuación para el caso de Stock Synthesis del stock meridional.

Figura 14. Ajuste a las series temporales de índices para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 15. Ajuste a la serie temporal de tallas agregadas para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 16. Desviaciones de reclutamiento para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 17. Gráfico de los residuos conjuntos de los ajustes del índice (panel izquierdo) y de la composición por tallas (panel derecho) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 18. Pruebas de ensayos para los ajustes del índice (panel superior) y composición por tallas (panel inferior) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 19. Análisis retrospectivo para la producción de desove (panel izquierdo) y F (panel derecho) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 20. Gráficos de análisis retrospectivo para el índice (panel superior) y el ajuste de talla (panel inferior) para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 21. Perfil de probabilidad del modelo SS3 para el stock del sur.

Figura 22. Estimaciones de reproducción para el caso de referencia del modelo Stock Synthesis para el tiburón azul del sur.

Figura 23. Series temporales estimadas por Stock Synthesis para los resultados del stock reproductor de tiburón azul del Atlántico norte.

Figura 24. Reclutamiento estimado del caso de referencia del modelo Stock Synthesis de 2023 para el tiburón azul del Atlántico norte mostrando el reclutamiento anual estimado de edad 0 (círculos) con intervalos de confianza asintótica del 95 %; el reclutamiento en años anteriores a 1990 y posteriores a 2021 sigue exactamente la relación de reclutamiento del stock.

Figura 25. Tasas estimadas de mortalidad por pesca instantánea para el caso de referencia del modelo de Stock Synthesis para el tiburón azul del Atlántico norte de 2023 para todas las flotas combinadas (F continua).

Figura 26. Series temporales estimadas por Stock Synthesis de los reclutamientos de tiburón azul del Atlántico sur. Las barras verticales indican un CI del 95 %.

Figura 27. Series temporales estimadas por Stock Synthesis de mortalidad por pesca del tiburón azul del Atlántico sur. Las barras verticales indican un CI del 95 %.

Figura 28. Valores anuales utilizados como desviación estándar de entrada de $\log(\text{CPUE})$ en el caso de referencia de JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico norte. Los colores corresponden a Venezuela (rojo), UE-España (verde), UE-Portugal (azul más oscuro), EE. UU. 1 (azul cielo), EE. UU. 2 (rosa), Japón (amarillo), Taipei Chino (gris), Marruecos (negro).

Figura 29. Distribuciones previas y posteriores del caso de referencia de JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico norte. PPRM: ratio de la distribución posterior y de la distribución previa de las medias; PPRV: ratio de la distribución posterior y de la distribución previa de las varianzas.

Figura 30. Desviaciones de error de proceso para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico norte. La línea continua es la mediana posterior, y la zona sombreada en gris indica intervalos de probabilidad posterior del 95 %.

Figura 31. Paneles superiores: Series temporales de CPUE observada (círculo) y prevista (línea continua negra) del caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur. Las áreas sombreadas en gris oscuro muestran los intervalos de probabilidad de la distribución posterior del 95 % de CPUE media prevista y las áreas en gris claro reflejan los intervalos de la distribución predictiva posterior del 95 %. Paneles inferiores: Pruebas de ensayos para evaluar la aleatoriedad de la serie temporal de residuos de CPUE por flota para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico norte. 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 indican una posible autocorrelación. La zona sombreada interior muestra tres errores estándar de la media global y los círculos rojos identifican un año específico con valores residuales superiores al valor umbral (norma sigma -3σ).

Figura 32. Diagramas de diagnóstico residual de los índices $\log(\text{CPUE})$ para el caso de referencia de JABBA del tiburón azul del Atlántico norte. Los diagramas de caja indican la mediana y los cuantiles de todos los residuos disponibles para un año determinado, y las líneas negras continuas indican un alisado LOESS en todos los residuos.

Figura 33. Análisis retrospectivo del caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico norte, eliminando un año cada a vez de forma secuencial (hasta 5 años) y prediciendo las tendencias de la biomasa y de la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa con respecto a B_{RMS} (B/B_{RMS}), la mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles centrales), la biomasa con respecto a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores).

Figura 34. Resultados de validación cruzada de la simulación retrospectiva para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico norte, que muestran las previsiones de los valores de CPUE con un año de antelación (2017-2021), realizadas con cinco ensayos del modelo de simulación retrospectiva con respecto a la previsión de CPUE. Las observaciones de CPUE usadas para la validación cruzada están resaltadas como círculos sólidos con código de colores con el intervalo de confianza asociado del 95 % sombreado en gris claro. El año de referencia del modelo se refiere a los puntos finales de cada previsión a un año vista y a la observación correspondiente (es decir el año de eliminación + 1).

Figura 35. Intervalos predictivos posteriores para los valores de CPUE, teniendo en cuenta el error de observación de las CPUE, para el caso de referencia de JABBA para el del tiburón azul del Atlántico norte, a partir de un ensayo del modelo eliminando los últimos 5 años de datos de CPUE (2017-2021). Los puntos negros son los valores de CPUE observados, y los intervalos predictivos posteriores (90 % de probabilidad) están coloreados en verde y rojo para los años en los que los valores de CPUE se incluyeron o excluyeron del ensayo del modelo.

Figura 36. Análisis Jackknife del caso de referencia de JABBA para el del tiburón azul del Atlántico norte. Las líneas negras y los intervalos sombreados en gris corresponden al caso de referencia, y las líneas de color al mismo modelo ajustado tras eliminar una serie de CPUE cada vez. La línea azul es el ajuste al eliminar la serie de CPUE portuguesa y la línea amarilla representa el ajuste al eliminar la serie de CPUE japonesa.

Figura 37. Tendencias anuales del stock estimadas por el caso de referencia de JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico norte. La línea continua representa el valor medio y el área sombreada indica el intervalo de probabilidad posterior del 95 %.

Figura 38. Distribuciones previas y posteriores del caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur. PPRM: Ratio de la distribución posterior y de la distribución previa de las medias; PPRV: Ratio de la distribución posterior y de la distribución previa de las medias; PPRV:

Figura 39. Desviaciones del error del proceso (mediana: línea continua) para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur. La zona sombreada en gris indica intervalos de credibilidad del 95 %.

Figura 40. Paneles de la izquierda: Las series temporales de CPUE observada (círculo, datos de entrada) y prevista (línea continua) del caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur. Las áreas sombreadas en gris oscuro muestran los intervalos de credibilidad del 95 % de la previsión de CPUE media y las áreas en gris claro reflejan los intervalos de distribución predictiva posterior del 95 %. Paneles de la

derecha: Pruebas de ensayo para evaluar la aleatoriedad de la serie temporal de residuos de CPUE por flota para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur. 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 indican una posible autocorrelación. La zona sombreada interior muestra tres errores estándar de la media global y los círculos rojos identifican un año específico con valores residuales superiores al valor umbral (norma sigma $-3x$).

Figura 41. Diagramas de diagnóstico residual de los índices de CPUE para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur. Los diagramas de caja indican la mediana y los cuantiles de todos los residuos disponibles para un año determinado, y las líneas negras continuas indican un alisado LOESS en todos los residuos.

Figura 42. Análisis retrospectivo del caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur, eliminando un año cada a vez de forma secuencial ($n=5$) y prediciendo las tendencias de la biomasa y de la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa con respecto a B_{RMS} (B/B_{RMS}), la mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles centrales), la biomasa con respecto a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores).

Figura 43. Resultados de validación cruzada de la simulación retrospectiva para el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur, que muestran las previsiones de los valores de CPUE con un año de antelación (2017-2021), realizadas con cinco ensayos del modelo de simulación retrospectiva con respecto a la previsión de CPUE. Las observaciones de CPUE usadas para la validación cruzada están resaltadas como círculos sólidos con código de colores con el intervalo de confianza asociado del 95 % sombreado en gris claro. El año de referencia del modelo se refiere a los puntos finales de cada previsión a un año vista y a la observación correspondiente (es decir el año de eliminación + 1).

Figura 44. Análisis del índice Jackknife del caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur, eliminando una flota de CPUE cada vez y prediciendo las tendencias de la biomasa y de la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa con respecto a B_{RMS} (B/B_{RMS}), la mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles centrales), la biomasa con respecto a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores).

Figura 45. Tendencias anuales de B/B_{RMS} (arriba) y F/F_{RMS} (abajo) estimadas por el caso de referencia de JABBA para el tiburón azul del Atlántico sur. La línea continua representa el valor de la mediana, y el área sombreada indica el intervalo de credibilidad del 95 %.

Figura 46. Tendencias anuales estimadas a partir de JABBA (líneas naranjas) y Stock Synthesis (líneas verdes) para B/B_{RMS} (JABBA) o SSB/SSB_{RMS} (Stock Synthesis) (panel superior), y F/F_{RMS} (panel inferior) con CI del 95 % (JABBA: 100.000 iteraciones, Stock Synthesis: 100.000 iteraciones utilizando MVLN).

Figura 47. Las series temporales conjuntas de B relativa y F relativa y el diagrama de fase de Kobe se construyeron con 100.000 iteraciones basadas en el enfoque multivariante lognormal de Monte-Carlo (MVLN) para el caso de referencia Stock Synthesis y 100.000 muestras MCMC para el caso de referencia JABBA.

Figura 48. Diagrama de fase de Kobe conjunto de JABBA y Stock Synthesis para el stock de tiburón azul del Atlántico norte. Los puntos negros sólidos y la línea sólida indican la trayectoria del estado de la población, con el punto azul indicando el año terminal (2021), los puntos grises son las interacciones de cada modelo para el año terminal con las distribuciones marginales trazadas en el eje lateral.

Figura 49. Tendencias anuales estimadas a partir de JABBA (líneas naranjas) y Stock Synthesis (líneas verdes) para B/B_{RMS} (JABBA) o SSB/SSB_{RMS} (Stock Synthesis) (panel superior), y F/F_{RMS} (panel inferior) con un CI del 95 % (JABBA: 15.000 iteraciones, Stock Synthesis: 15.000 iteraciones utilizando MVLN).

Figura 50. Los resultados combinados entre JABBA y Stock Synthesis para B/B_{RMS} (JABBA) o SSB/SSB_{RMS} (Stock Synthesis) (panel superior), y F/F_{RMS} (panel inferior) con un intervalo de confianza del 95% utilizando 30.000 iteraciones de JABBA (15.000 iteraciones) y de Stock Synthesis (15.000 iteraciones utilizando MVLN).

Figura 51. Diagrama de fase de Kobe conjunto de JABBA y Stock Synthesis para el stock de tiburón azul del Atlántico sur. Los puntos negros sólidos y la línea sólida indican la trayectoria del estado del stock, con el punto azul indicando el año terminal (2021), los puntos grises son las interacciones de cada modelo para el año terminal con las distribuciones marginales trazadas en el eje lateral.

Figura 52. Proyecciones para B/B_{RMS} y F/F_{RMS} basadas en los casos de referencia de Stock Synthesis y de JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico norte para varios niveles de captura constante futura que oscilan entre 20.000 y 40.000 t, incluyendo un escenario de captura cero a partir de 2024. La captura inicial para los años 2022-2023 se fijó en 23.418 t, que es la captura media de los últimos 3 años (2019-2021). Las proyecciones se realizan hasta 2033 (10 años).

Figura 53. Proyecciones para B/B_{RMS} y F/F_{RMS} basadas en los casos de referencia de Stock Synthesis y de JABBA para el stock de tiburón azul del Atlántico sur para varios niveles de captura constante futura que oscilan entre 15.000 y 32.500 t, incluyendo un escenario de captura cero a partir de 2024. La captura inicial para los años 2022-2023 se fijó en 34.983 t, que es la captura media de los últimos 3 años (2019-2021). Las proyecciones se realizan hasta 2033 (10 años).

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista de documentos y presentaciones

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

Table 1. Summary of total catches of blue shark for the northern stock by fleet.

Yr	EU- Portugal	EU-Spain	Japan	Chinese Tai Pei	United States	Venezuela	Canada	People's Republic of China	Belize	Other
1970	0	13817	2501	760	0	0	0	0	0	0
1971	0	14085.2	1257.87	737.79	0	0	0	0	0	0
1972	0	13361	1674.82	932.29	0	0	0	0	0	0
1973	0	15954.1	653.64	901.07	0	0	0	0	0	0
1974	0	12041.5	3421.98	740.45	0	0	1.52	0	0	0
1975	0	15596.1	4380.45	658.98	0	0	15.92	0	0	0
1976	0	11721	1130.01	800.47	0	0	11.37	0	0	0
1977	0	13773.1	3295.02	742.17	0	0	85.67	0	0	0
1978	0	15030.1	3368.29	734.21	0	0	1754.4	0	0	4
1979	0	10747.1	924	701.74	0	0	2251.76	0	0	12
1980	0	15858.4	4902.49	648.92	0	0	1360.15	0	0	12
1981	0	16703.3	6342.45	404	204.27	0	410.93	0	0	10
1982	0	18955.1	5331.14	880	155.62	0	410.93	0	0	8.8
1983	0	29552.3	3460.67	919	605.27	0	727.84	0	0	8
1984	29.14	26285	2455.01	970	106.97	0	352.55	0	0	14
1985	62.43	30930.1	3650.34	868	340.98	0	416.99	0	0	39
1986	1864.71	40424.3	2928.4	1175	1112.34	10.61	320	0	0	50
1987	4095.71	46343.1	2975.08	440	1400.47	14.78	147	0	0	67
1988	2547.33	39958.1	2388.19	248	776.09	8.19	968	0	0	91
1989	1215.39	23708.5	4532.7	165	750.52	8.62	978	0	0	81
1990	1387	23875	3599.22	1174	828.68	9.16	680	0	0	132.6
1991	2257	27080	3579.6	2675	1080.14	7.14	774	0	0	188
1992	1583	26434.8	4509.07	2025	399.2	23.94	1277	0	0	277
1993	5726	26605.4	5942.43	1428	1816.37	22.83	1702	22	0	322
1994	4669	25086.2	2526.12	2684	601.09	18.3	1260	46	0	351.34
1995	4722	28919.7	2813.01	1569	641.04	15.62	1494	68	0	282.82
1996	4843	22971.8	4179.26	2004	986.75	5.51	528	65.6	0	282
1997	2630	24497.4	4191.43	1479	391.12	27.34	831	23.2	0	214.5
1998	2440.4	22504.3	3460.87	893	446.96	7.31	612	73.2	0	166.3
1999	2226.59	21811.3	3149.59	1177	316.77	47.4	547	128	0	481.88
2000	2081	24111.9	2838.4	1157	428.52	43.34	624	136	0	446.8
2001	2109.9	17361.7	2723.72	906	145.24	47.11	1162	300	0	289.37
2002	2264.6	15665.9	1890.03	1108	67.87	29.04	836	168	0	712.72
2003	5642.8	15974.5	3097.72	1449	0	39.55	346	240	0	70.96
2004	2024.65	17313.9	3194.83	1378	71.57	9.95	965	192	0	115.65
2005	4027.02	15006.1	3530.98	857	67.9	27.73	1134	232	0	126.72
2006	4337.88	15463.6	2824.18	364	46.98	11.63	977	256	0	358.03
2007	5283.26	17038.5	2270.99	292	54.32	19.25	843	367	0	1108.46
2008	6166.77	20787.8	3186.59	109.57	137.32	8.14	0	109	0	873.77
2009	6251.56	24465.5	2942.14	72.94	107.11	72.77	0	88	113.82	2020.99
2010	8261.08	26094.3	2755.04	98.51	176.11	75.04	0	52.84	460.53	198.29
2011	6509.13	27988.2	2147.89	148.3	271.31	117.8	0	108.83	1039.17	676.35
2012	3767.78	28665.8	2256.35	115.12	162.27	98.39	0	97.62	902.52	538.96
2013	3694.38	28562	1353.72	135.02	263.77	51.61	0	326.72	1216.15	1144.52

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE TIBURÓN AZUL - HÍBRIDA, MADRID, 2023

2014	3059.53	29041.1	3286.88	83.14	165.79	115.68	0.64	177.72	391.86	1810.85
2015	3859.15	30078.3	4011.13	238.07	114.15	130.42	5.54	1.24	4.28	1748.49
2016	7819.01	29018.7	4217.09	286.56	74.05	117.47	16.03	27.28	5.74	2503.53
2017	5664.25	27316.5	4443.85	75.63	66.68	107.68	32.01	2.44	201.09	2094.35
2018	5194.57	21684.7	4111.12	153.1	30.14	112.44	70.91	5.69	316.6	2299.44
2019	4507.33	16314.2	3855.22	38.49	36.27	55.96	3.91	17.93	368.9	2014.08
2020	3836.28	12324.9	2289.79	73.6	32.17	59.01	193.31	65.44	300.68	1972.23
2021	4299.98	13124.6	1985.26	53.37	34.45	10.97	173.18	2.21	349.43	1814.7

Table 2. Summary of total catches of blue shark for the southern stock by fleet.

Year	EU-Spain	Brazil	Chinese			Uruguay	Namibia	Portugal	Others
			Taipei	Japan					
1971	0	87.04	3,512.92	1,132.36	0	0	0	0	
1972	0	68.39	4,439.01	759.7	0	0	0	0	
1973	0	90.99	4,290.35	2,478.94	0	0	0	0	
1974	0	262.81	3,525.59	666.01	0	0	0	0	
1975	0	290.5	3,137.68	643.09	0	0	0	0	
1976	0	206.29	3,811.35	488.87	0	0	0	0	
1977	0	217.03	3,533.80	5,764.68	0	0	0	0	
1978	0	207.42	3,495.90	6,800.44	0	0	0	0	
1979	0	293.89	3,341.26	7,627.67	0	0	0	0	
1980	0	892.41	3,089.75	8,655.38	0	0	0	0	
1981	0	369.62	3,048.00	4,441.91	64.45	0	0	0	
1982	0	575.35	3,187.00	9,579.35	233.9	0	0	0	
1983	0	441.4	2,235.00	2,813.28	460.01	0	0	0	
1984	0	263.94	1,438.00	7,601.39	655.49	0	0	0	
1985	0	317.63	1,666.00	6,155.67	361.54	0	0	0	
1986	0	425.01	3,733.00	7,716.97	128.04	0	0	0	
1987	0	535.22	4,260.00	4,706.75	84.62	0	0	0	
1988	5,194.88	656.73	3,992.00	7,016.24	68.09	0	0	0	
1989	9,135.08	660.12	5,338.00	6,806.85	56.84	0	0	0	
1990	7,291.51	958.53	8,798.00	8,058.33	78.57	0	0	0	
1991	6,811.40	741.51	7,066.00	6,559.97	40.45	0	0	0	
1992	6,682.50	1,474.54	10,217.00	4,748.23	106.86	0	0	0	
1993	8,247.00	1,137.69	5,792.00	7,833.96	84.08	0	0	33	
1994	9,385.78	887.89	8,636.00	7,658.81	83.76	0	0	69	
1995	13,350.80	1,113.39	7,784.00	5,555.57	56.65	0	847	102	
1996	11,378.30	1,069.31	11,628.00	4,851.81	258.63	0	867	105.06	
1997	5,272.42	2,317.21	9,558.00	4,396.52	180.29	0	1,335.90	45.48	
1998	5,573.94	2,172.53	8,771.00	3,720.34	247.84	0	876	140.03	
1999	7,173.37	2,668.18	8,390.00	3,133.50	118.1	0	1,110.00	408.07	
2000	6,950.70	1,682.50	9,064.00	2,950.82	80.52	0	2,134.40	226.19	
2001	7,742.58	2,173.40	6,061.00	1,666.67	66.32	0	2,562.40	536.14	
2002	5,368.08	1,970.50	8,445.00	1,446.59	84.7	0	2,323.50	2,527.93	
2003	6,626.11	2,165.76	7,228.00	5,469.22	480.01	0	1,840.80	2,909.57	
2004	7,366.30	1,667.36	6,005.00	2,680.30	462.45	0	1,863.17	2,358.09	

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE TIBURÓN AZUL - HÍBRIDA, MADRID, 2023

2005	6,410.13	2,523.27	5,045.00	1,660.23	375.8	0	3,184.26	7,394.39
2006	8,724.38	2,591.33	2,433.00	3,281.84	231.72	0	2,751.23	4,432.54
2007	8,941.76	2,645.28	2,177.00	3,653.30	337.48	0	4,493.50	4,323.24
2008	9,615.25	2,012.58	1,842.56	5,521.34	358.88	0	4,866.39	2,624.43
2009	13,098.70	1,273.50	1,356.25	3,768.00	941.81	0	5,358.23	625.08
2010	13,953.40	1,500.50	1,625.49	5,335.59	207.93	0	6,338.02	3,012.83
2011	16,978.10	1,979.53	2,141.55	4,242.17	724.56	0	7,642.33	3,976.72
2012	14,348.00	1,607.26	2,146.88	4,447.36	432.75	0	2,424.06	2,328.20
2013	10,473.50	1,008.13	2,286.73	3,509.40	129.87	0	1,646.17	1,745.33
2014	11,446.70	2,551.41	2,239.94	3,232.00	0	2,470.60	1,622.30	2,689.85
2015	10,133.30	2,420.47	1,853.53	2,277.42	0	2,136.60	2,420.14	1,257.04
2016	10,107.30	1,334.30	1,991.79	2,127.30	0	2,774.90	5,609.21	1,471.88
2017	11,487.60	2,176.72	2,053.32	3,111.65	0	1,356.61	6,662.68	1,706.31
2018	13,515.40	3,010.73	1,372.27	3,495.36	0	3,290.43	8,015.30	1,814.49
2019	18,496.70	3,784.27	861.45	2,513.27	0	2,473.98	6,753.01	2,525.29
2020	14,717.00	3,434.90	1,337.92	2,116.49	0	4,120.02	7,349.51	797.58
2021	16,777.90	4,629.16	1,051.77	1,639.42	0	3,237.30	5,523.80	901.87

Table 3. Available Catch Per Unit Effort indices for the northern blue shark stock.

	Venezuela LL	Spain BB	Portugal LL	US pelagic LL	Japan LL	Chinese-Taipei LL	Morocco LL								
	VEN-LL	SPN-LL	POR-LL	US-LL	JPN-LL	CTP-LL	MOR-LL								
SCRS Doc No.	SCRS/2015/022	SCRS/2023/040	SCRS/2023/045	SCRS/2023/046	SCRS/2023/050	SCRS/2023/059	SCRS/2023/058								
Age range															
Catch Units	Number														
Effort Units	1000 hooks														
Std. Methods	Delta log-normal														
Year	enLL.CPU	VenLL.CV	SPLL.CPUE	SPLL.CV	POR.CPUE	POR.CV	US.CPUE	US.CV	JPN.CPUE	JPN.CV	CTP.CPUE	CTP.CV	MOR.CPUE	MOR.CV	
1990															
1991															
1992							6.109	0.27							
1993							9.362	0.248							
1994	0.05	1.08					8.27	0.247	1.03	0.12					
1995	0.07	0.87					8.215	0.252	1.17	0.11					
1996	0.02	1.90					6.03	0.446	1.01	0.11					
1997	0.15	0.69	186.37	0.0226	160.89	0.08	12.443	0.284	1.06	0.12					
1998	0.22	0.67	180.36	0.0227	163.87	0.07	14.726	0.293	0.93	0.11					
1999	0.12	0.84	212.08	0.0248	141.54	0.07	6.711	0.278	0.64	0.12					
2000	0.15	0.74	285.83	0.0240	189.44	0.08	9.441	0.267	0.71	0.14					
2001	0.13	0.77	259.30	0.0236	215.57	0.08	4.877	0.324	0.74	0.11					
2002	0.07	1.03	222.91	0.0240	191.07	0.08	5.813	0.318	0.53	0.11					
2003	0.04	1.26	258.79	0.0273	229.91	0.08	3.897	0.293	0.77	0.10					
2004	0.03	1.53	233.39	0.0278	262.03	0.08	8.941	0.285	0.53	0.09					
2005	0.01	3.88	223.52	0.0293	217.76	0.08	3.584	0.293	0.69	0.07					
2006	0.01	2.24	221.88	0.0324	213.06	0.08	3.914	0.292	0.87	0.08					
2007	0.06	1.35	250.51	0.0335	235.13	0.08	6.665	0.312	1.02	0.09	0.55	0.07			
2008	0.09	1.16	289.60	0.0336	223.60	0.08	6.844	0.294	1.49	0.08	0.46	0.07			
2009	0.05	1.56	274.86	0.0320	233.14	0.08	6.383	0.294	1.24	0.11	0.52	0.07			
2010	0.04	1.54	269.23	0.0313	274.04	0.08	7.451	0.286	1.44	0.16	0.89	0.04	94	0.11	
2011	0.04	1.51	279.63	0.0315	244.96	0.07	13.683	0.271	1.15	0.18	0.77	0.06	233	0.08	
2012	0.11	1.00	275.01	0.0309	310.08	0.08	7.184	0.279	1.63	0.20	0.68	0.06	248	0.04	
2013	0.04	1.84	288.31	0.0319	309.59	0.08	6.864	0.278	1.26	0.23	0.95	0.06	165	0.04	
2014			272.34	0.0300	288.26	0.07	6.487	0.275	1.36	0.22	0.88	0.08	261	0.08	
2015			281.97	0.0283	383.11	0.08	6.467	0.298	1.37	0.18	0.07	0.18	304	0.06	
2016			257.40	0.0279	373.44	0.08	8.442	0.274	1.17	0.20	1.66	0.03	385	0.05	
2017			244.98	0.0289	344.19	0.08	6.909	0.276	1.13	0.21	0.93	0.06	333	0.03	
2018			241.42	0.0315	330.21	0.08	4.027	0.342	0.74	0.21	0.81	0.06	267	0.09	
2019			239.11	0.0312	340.89	0.08	3.664	0.306	0.91	0.21	0.71	0.06	383	0.05	
2020			260.78	0.0202	373.14	0.07	3.505	0.307	0.64	0.21	0.67	0.06	262	0.06	
2021			263.46	0.0282	345.71	0.08	3.616	0.317	0.77	0.21	0.24	0.09	340	0.05	
2022							4.25	0.33					270	0.07	

Table 4. Available Catch Per Unit Effort indices for the southern blue shark stock.

	Spain BB		Japan LL		Chinese-Taipei LL		Brazil-Uruguay LL	
	SPN-LL		JPN-LL		CTP-LL		BRA_URY-LL	
SCRS Doc No.	SCRS/2023/041		SCRS/2023/049		SCRS/2023/059		SCRS/2023/057	
Age range								
Catch Units								
Effort Units								
Std. Methods								
Year	SP.CPUE	SP.CV	JPN.CPUE	JPN.CV	CTP.CPUE	CTP.CV	BRZ.CPUE	BRZ.CV
1990								
1991								
1992							1.13	0.147
1993							0.75	0.147
1994			1.11	0.14			0.48	0.101
1995			0.46	0.16			0.94	0.093
1996			0.72	0.19			0.55	0.072
1997	310.498	0.0254	0.75	0.17			0.57	0.051
1998	324.441	0.0282	0.63	0.16			0.8	0.041
1999	339.351	0.0283	0.71	0.16			0.61	0.044
2000	438.835	0.0301	0.48	0.19			0.67	0.042
2001	403.786	0.0254	0.46	0.21			0.7	0.041
2002	379.787	0.0263	0.53	0.23			0.63	0.035
2003	346.252	0.0286	0.7	0.18			0.66	0.041
2004	358.338	0.0313	0.6	0.18			0.58	0.035
2005	408.236	0.0361	0.59	0.19			0.67	0.036
2006	402.998	0.0352	0.94	0.17			0.48	0.038
2007	401.32	0.0372	0.91	0.16	0.85	0.06	0.68	0.039
2008	391.849	0.0319	1.34	0.13	1.13	0.06	0.86	0.039
2009	440.309	0.0306	1.21	0.11	0.88	0.06	0.91	0.033
2010	429.144	0.032	1.66	0.11	1.36	0.05	0.82	0.049
2011	412.368	0.0311	1.7	0.12	0.87	0.06	1.14	0.042
2012	443.843	0.0348	1.32	0.12	1.38	0.06	1.58	0.036
2013	445.452	0.0364	1.42	0.14	1.43	0.06	1.14	0.051
2014	471.983	0.0372	1.52	0.16	1.67	0.06	0.93	0.042
2015	481.62	0.0382	1.17	0.14	1.10	0.07	1.19	0.044
2016	562.566	0.042	1.22	0.16	1.70	0.05	0.88	0.049
2017	533.862	0.0403	1.22	0.16	0.93	0.06	1.02	0.102
2018	477.055	0.0363	1.23	0.14	1.16	0.05	1.24	0.042
2019	506.571	0.0309	1.23	0.17	0.72	0.06	1.28	0.055
2020	424.626	0.0206	1.08	0.17	2.35	0.05	0.72	0.072
2021	483.047	0.028	1.08	0.2	0.60	0.06	1.49	0.044
2022					0.96	0.04	1	0.046

Table 5. List of model parameters for north stock blue shark reference case of the stock synthesis model. Uninformative priors were used in this model, parameters with a negative phase were fixed at their initial value, and parameters estimated near their bounds (indicated below with an *) were not highly influential on overall model results.

Label	Value	Phase	Min	Max	Parm_StDev	Pr_type
SR_LN(R0)	8.02	1	2.3	13.82	0.02	SRR
SR_regime_BLK1add_1970	-0.11	1	-5	5	0.07	SRR
InitF_seas_1_flt_1F1_EU-ESP	0.05	1	0	0.2	0.01	InitF
InitF_seas_1_flt_2F2_JPN	0.01	1	0	0.2	0.00	InitF
InitF_seas_1_flt_3F3_CTP*	0.00	1	0	0.2	0.00	InitF
Size_DblN_peak_F1_EU-ESP(1)	93.09	2	35	370	3.31	Sel
Size_DblN_top_logit_F1_EU-ESP(1)	-2.60	3	-6	4	1.26	Sel
Size_DblN_ascend_se_F1_EU-ESP(1)	4.48	3	-1	9	0.48	Sel
Size_DblN_descend_se_F1_EU-ESP(1)	4.99	3	-1	9	24.12	Sel
Size_DblN_start_logit_F1_EU-ESP(1)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F1_EU-ESP(1)	6.99	2	-15	9	5.74	Sel
SzSel_Fem_Peak_F1_EU-ESP(1)	10.87	4	-100	100	4.92	Sel
SzSel_Fem_Ascend_F1_EU-ESP(1)	1.00	4	-15	15	0.60	Sel
SzSel_Fem_Descend_F1_EU-ESP(1)	4.63	4	-15	15	24.14	Sel
SzSel_Fem_Final_F1_EU-ESP(1)*	-14.45	4	-15	15	14.17	Sel
SzSel_Fem_Scale_F1_EU-ESP(1)	0.82	5	0	1	0.08	Sel
Size_DblN_peak_F2_JPN(2)	171.51	2	35	370	11.30	Sel
Size_DblN_top_logit_F2_JPN(2)	4.00	-3	-6	4	-	Sel
Size_DblN_ascend_se_F2_JPN(2)	7.52	3	-1	9	0.36	Sel
Size_DblN_descend_se_F2_JPN(2)	-1.00	-3	-1	9	-	Sel
Size_DblN_start_logit_F2_JPN(2)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F2_JPN(2)	9.00	-2	-15	9	-	Sel
SzSel_Male_Peak_F2_JPN(2)	52.16	4	-100	100	23.52	Sel
SzSel_Male_Ascend_F2_JPN(2)	1.02	4	-15	15	0.51	Sel
SzSel_Male_Descend_F2_JPN(2)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Final_F2_JPN(2)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Scale_F2_JPN(2)	0.85	5	0	1	0.22	Sel
Size_DblN_peak_F3_CTP(3)	183.46	2	35	370	6.69	Sel
Size_DblN_top_logit_F3_CTP(3)	4.00	-3	-6	4	-	Sel
Size_DblN_ascend_se_F3_CTP(3)	5.06	3	-1	9	0.87	Sel
Size_DblN_descend_se_F3_CTP(3)	-1.00	-3	-1	9	-	Sel
Size_DblN_start_logit_F3_CTP(3)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F3_CTP(3)	9.00	-2	-15	9	-	Sel
SzSel_Male_Peak_F3_CTP(3)	19.58	4	-100	100	14.08	Sel
SzSel_Male_Ascend_F3_CTP(3)	1.40	4	-15	15	1.12	Sel
SzSel_Male_Descend_F3_CTP(3)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Final_F3_CTP(3)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Scale_F3_CTP(3)*	0.96	5	0	1	0.26	Sel

Table 5. Continued.

Label	Value	Phase	Min	Max	Parm_StDev	Pr_type
Size_DblN_peak_F4_USA(4)	121.95	2	35	370	7.06	Sel
Size_DblN_top_logit_F4_USA(4)	-5.38	3	-6	4	2.20	Sel
Size_DblN_ascend_se_F4_USA(4)	6.98	3	-1	9	0.36	Sel
Size_DblN_descend_se_F4_USA(4)	7.39	3	-1	9	0.84	Sel
Size_DblN_start_logit_F4_USA(4)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F4_USA(4)	-1.96	2	-15	9	0.98	Sel
Size_DblN_peak_F5_VEN(5)	214.52	2	35	370	28.61	Sel
Size_DblN_top_logit_F5_VEN(5)	4.00	-3	-6	4	-	Sel
Size_DblN_ascend_se_F5_VEN(5)	7.93	3	-1	9	0.74	Sel
Size_DblN_descend_se_F5_VEN(5)	-1.00	-3	-1	9	-	Sel
Size_DblN_start_logit_F5_VEN(5)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F5_VEN(5)	9.00	-2	-15	9	-	Sel
SzSel_Male_Peak_F5_VEN(5)	46.02	4	-100	100	86.91	Sel
SzSel_Male_Ascend_F5_VEN(5)	0.82	4	-15	15	1.36	Sel
SzSel_Male_Descend_F5_VEN(5)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Final_F5_VEN(5)	0.00	-4	-15	15	-	Sel
SzSel_Male_Scale_F5_VEN(5)*	0.94	5	0	1	0.90	Sel
SizeSel_P1_F6_CAN(6)	1.00	-99	0	10	-	Sel
SizeSel_P2_F6_CAN(6)	36.00	-99	10	100	-	Sel
Size_DblN_peak_F7_CPR(7)	133.66	2	35	370	28.86	Sel
Size_DblN_top_logit_F7_CPR(7)	-0.73	3	-6	4	0.71	Sel
Size_DblN_ascend_se_F7_CPR(7)	6.43	3	-1	9	1.75	Sel
Size_DblN_descend_se_F7_CPR(7)	5.33	3	-1	9	3.83	Sel
Size_DblN_start_logit_F7_CPR(7)	-15.00	-2	-15	9	-	Sel
Size_DblN_end_logit_F7_CPR(7)	-4.69	2	-15	9	15.85	Sel
SzSel_Male_Peak_F7_CPR(7)	-11.00	4	-100	100	40.81	Sel
SzSel_Male_Ascend_F7_CPR(7)	-0.23	4	-15	15	2.82	Sel
SzSel_Male_Descend_F7_CPR(7)	2.25	4	-15	15	3.73	Sel
SzSel_Male_Final_F7_CPR(7)	-3.15	4	-15	15	151.91	Sel
SzSel_Male_Scale_F7_CPR(7)	0.86	5	0	1	0.40	Sel
SizeSel_P1_F8_BEL(8)	1.00	-99	0	10	-	Sel
SizeSel_P2_F8_BEL(8)	36.00	-99	10	100	-	Sel
SizeSel_P1_F9_OTH(9)	1.00	-99	0	10	-	Sel
SizeSel_P2_F9_OTH(9)	36.00	-99	10	100	-	Sel

Table 5. Continued.

Label	Value	Phase	Min	Max	Parm_StDev	Pr_type
Size_DblN_peak_F10_EU-POR(10)	222.39	2	35	370	27.84	Sel
Size_DblN_top_logit_F10_EU-POR(10)	4.00	-3	-6	4	_	Sel
Size_DblN_ascend_se_F10_EU-POR(10)	8.60	3	-1	9	0.47	Sel
Size_DblN_descend_se_F10_EU-POR(10)	-1.00	-3	-1	9	_	Sel
Size_DblN_start_logit_F10_EU-POR(10)	-15.00	-2	-15	9	_	Sel
Size_DblN_end_logit_F10_EU-POR(10)	9.00	-2	-15	9	_	Sel
SzSel_Fem_Peak_F10_EU-POR(10)	2.83	4	-100	100	34.35	Sel
SzSel_Fem_Ascend_F10_EU-POR(10)	0.10	4	-15	15	0.61	Sel
SzSel_Fem_Descend_F10_EU-POR(10)	0.00	-4	-15	15	_	Sel
SzSel_Fem_Final_F10_EU-POR(10)	0.00	-4	-15	15	_	Sel
SzSel_Fem_Scale_F10_EU-POR(10)	0.71	5	0	1	0.27	Sel

Table 6. List of model parameters for south stock blue shark reference case of the stock synthesis model. Estimated values (value) and their associated asymptotic errors (lower low STdEr and upper Up STdEr) initial parameter values (Init), minimum (Min), and maximum (Max) values, priors (Prior) if used, and whether the parameter was fixed or estimated (negative Phase integers indicate the parameter was fixed, whereas positive values indicate it was estimated).

Label	Phase	Value	Init	Min	Max	Prior type	Prior	low STdEr	Up STdEr
L_at_Amin_Fem_GP_1	-3	47	47	-50	100	No_prior	NA	NA	NA
L_at_Amax_Fem_GP_1	-2	291.8	291.8	1	500	No_prior	NA	NA	NA
VonBert_K_Fem_GP_1	-3	0.13	0.13	0.001	2	No_prior	NA	NA	NA
CV_young_Fem_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
CV_old_Fem_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_1_Fem_GP_1	-99	1.10E-06	1.10E-06	0	3	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_2_Fem_GP_1	-99	3.35	3.35	2	4	No_prior	NA	NA	NA
Mat50%_Fem_GP_1	-99	183.8	183.8	1.00E-04	1000	No_prior	NA	NA	NA
Mat_slope_Fem_GP_1	-99	-0.1326	-0.1326	-2	4	No_prior	NA	NA	NA
Eggs_intercept_Fem_GP_1	-3	-23.655	-23.655	-50	10	Normal	-23.66	-23.655	-23.655
Eggs_slope_len_Fem_GP_1	-3	0.27966	0.27966	-3	3	Normal	0.2797	0.27966	0.27966
L_at_Amin_Mal_GP_1	-3	47	47	-50	100	No_prior	NA	NA	NA
L_at_Amax_Mal_GP_1	-2	291.8	291.8	1	500	No_prior	NA	NA	NA
VonBert_K_Mal_GP_1	-3	0.13	0.13	0.001	2	No_prior	NA	NA	NA
CV_young_Mal_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
CV_old_Mal_GP_1	-4	0.1	0.1	0.001	5	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_1_Mal_GP_1	-99	2.20E-06	2.20E-06	0	3	No_prior	NA	NA	NA
Wtlen_2_Mal_GP_1	-99	3.189	3.189	2	4	No_prior	NA	NA	NA
CohortGrowDev	-1	1	1	0.1	10	No_prior	NA	NA	NA
FracFemale_GP_1	-99	0.5	0.5	0.01	0.99	No_prior	NA	NA	NA
SR_LN(R0)	1	8.10363	8.10363	1.00E-04	20	No_prior	NA	NA	NA
SR_BH_steep	-1	0.8	0.8	0.2	1	Log_Norm	0.8	0.8	0.8
SR_sigmaR	-6	0.5	0.5	0	2	No_prior	NA	NA	NA
SR_regime	-99	0	0	-5	5	No_prior	NA	NA	NA
SR_autocorr	-99	0	0	0	2	No_prior	NA	NA	NA
SR_regime_BLK1add_1970	1	-0.0295	-0.0295	-5	5	Normal	0	0.228315	0.169366

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE TIBURÓN AZUL - HÍBRIDA, MADRID, 2023

Early_RecrDev_1990	0	-0.6713	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1991	0	-0.6075	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1992	0	-0.5142	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1993	0	-0.3912	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Early_RecrDev_1994	0	-0.1678	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1995	2	-0.4508	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1996	2	-0.4796	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1997	2	-0.3385	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1998	2	0.12434	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_1999	2	-0.0758	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2000	2	-0.2725	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2001	2	-0.28	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2002	2	0.01182	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2003	2	0.05354	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2004	2	-0.0353	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2005	2	0.12025	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2006	2	0.25084	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2007	2	0.02791	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2008	2	0.49598	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2009	2	0.09897	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2010	2	0.07032	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2011	2	-0.0738	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2012	2	0.45716	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2013	2	0.40108	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2014	2	-0.1758	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2015	2	0.04182	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2016	2	-0.0369	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2017	2	0.12542	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Main_RecrDev_2018	2	-0.0604	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Late_RecrDev_2019	1	0.2736	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Late_RecrDev_2020	1	-0.0489	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
Late_RecrDev_2021	1	0	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
ForeRecr_2022	1	0	0	-5	5	dev	NA	NA	NA
InitF_seas_1flt_2FS2_BRA	1	0.00089	0.00089	0	0.2	Normal	0.03	0.000652	
InitF_seas_1flt_3FS3_CHI_T								26	0.0011304
AI	1	0.01007	0.01007	0	0.2	Normal	0.03	0.007215	
								89	0.0129197
InitF_seas_1flt_4FS4_JPN	1	0.00859	0.00859	0	0.2	Normal	0.03	0.006309	
								99	0.0108704
LnQ_base_FS1_EU_SPN(1)	-1	-11.415	-11.415	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_FS3_CHI_TAI(3)	-1	-7.7128	-7.7128	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_BRA_index_TB1(9)	-1	-8.1441	-8.1441	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_BRA_index_TB2(10)	-1	-7.6669	-7.6669	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_JPN_index_TB1(11)	-1	-8.7328	-8.7328	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_JPN_index_TB2(12)	-1	-8.1203	-8.1203	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS1_EU_SPN(1)	2	201.843	201.843	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS1_EU_SPN(1)	1	-3.0801	-3.0801	-15	15	No_prior	NA	NA	NA

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE TIBURÓN AZUL - HÍBRIDA, MADRID, 2023

Size_DbIN_ascend_se_FS1_E U_SPN(1)	2	6.96066	6.96066	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_FS1_ EU_SPN(1)	1	6.64031	6.64031	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS1_E U_SPN(1)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS1_E U_SPN(1)	1	-4.9849	-4.9849	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS2_BRA(2)	2	178.829	178.829	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS2_BR A(2)	-1	15	15	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_ascend_se_FS2_B RA(2)	2	7.34907	7.34907	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_FS2_ BRA(2)	-1	-15	-15	-15	6	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS2_B RA(2)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS2_BR A(2)	-1	15	15	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Peak_FS2_BRA(2)	-3	19.8789	19.8789	-20	20	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Ascend_FS2_BRA (2)	-2	0.45162	0.45162	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Descend_FS2_BR A(2)	-4	0	0	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Final_FS2_BRA(2)	-3	-493.05	-493.05	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Scale_FS2_BRA(2)	-5	0.51823	0.51823	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS3_CHI_T AI(3)	2	208.732	208.732	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS3_CH I_TAI(3)	-1	15	15	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_ascend_se_FS3_C HI_TAI(3)	2	7.44219	7.44219	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_FS3_ CHI_TAI(3)	-1	-15	-15	-15	6	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS3_C HI_TAI(3)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS3_C HI_TAI(3)	-1	15	15	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS4_JPN(4)	2	137.56	137.56	50	190	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS4_JPN(4)	-3	55.8	55.8	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Infl_FS4_JPN(4)	-2	-5	-5	-50	50	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Slope_FS4_JPN(4)	-3	-5	-5	-50	50	No_prior	NA	NA	NA
SzSel_Fem_Scale_FS4_JPN(4)	-4	1	1	-1	5	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS5_URY(5)	2	120.094	120.094	50	180	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS5_URY(5)	3	37.6717	37.6717	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS6_NAMB(6)	2	81.3523	81.3524	50	180	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS6_NAMB(6)	3	51.7939	51.7939	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_peak_FS11_EU_P OR(7)	2	201.717	201.717	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_top_logit_FS11_E U_POR(7)	1	-8.0471	-8.0471	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_ascend_se_FS11_ EU_POR(7)	2	6.34127	6.34127	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_descend_se_FS11_ EU_POR(7)	1	7.60007	7.60007	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_start_logit_FS11_ EU_POR(7)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIN_end_logit_FS11_E U_POR(7)	1	-3.906	-3.906	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_FS10_ELSE(8)	2	144.037	144.037	50	180	No_prior	NA	NA	NA
Size_95%width_FS10_ELSE(8)	3	66.0421	66.0421	0.01	100	No_prior	NA	NA	NA

Table 7. Summary of posterior quantiles presented in the form of marginal posterior medians and associated 95% probability intervals (2.5% LCI and 97.5% UCI) of parameters for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The parameters “SQRT(tau2)” are the square root of the JABBA-estimated additional variance term for the process error of each abundance index.

	50%	2.5%	97.5%
K	277107	202555	386920
r	0.40	0.25	0.64
m	1.45	0.92	2.27
B _{MSY} /K	0.44	0.35	0.52
B _{MSY}	120012	83682	176399
F _{MSY}	0.28	0.18	0.42
MSY	33822	31085	36465
psi	0.72	0.45	0.93
cvProcErr	0.07	0.04	0.11
SQRT(tau2)VEN	0.14	0.03	0.67
SQRT(tau2)SPN	0.06	0.02	0.15
SQRT(tau2)POR	0.07	0.02	0.20
SQRT(tau2)USA1	0.24	0.05	0.46
SQRT(tau2)USA2	0.12	0.03	0.48
SQRT(tau2)JPN	0.15	0.05	0.27
SQRT(tau2)CTP	0.13	0.03	0.48
SQRT(tau2)MOR	0.27	0.11	0.55
qVEN	9.2E-07	4.7E-07	1.8E-06
qSPN	2.5E-03	1.5E-03	4.3E-03
qPOR	2.6E-03	1.5E-03	4.3E-03
qUSA1	7.4E-05	4.3E-05	1.2E-04
qUSA2	4.5E-05	2.5E-05	8.0E-05
qJPN	9.7E-06	5.8E-06	1.6E-05
qCTP	7.5E-06	4.1E-06	1.3E-05
qMOR	2.4E-03	1.4E-03	4.2E-03

Table 8. Summary of posterior quantiles presented in the form of marginal posterior medians and associated with the 95% credibility intervals (95% LCI and 95% UCI) of parameters for the JABBA reference case for the South Atlantic blue shark stock.

	Median	LCI	UCI
K	302,747	205,505	505,597
r	0.335	0.231	0.487
ψ	0.906	0.799	0.970
σ_{proc}	0.069	0.031	0.124
m	1.517	1.517	1.517
F_{MSY}	0.221	0.152	0.321
B_{MSY}	135,211	91,781	225,806
MSY	29,299	23,128	47,758
B_{MSY}/K	0.447	0.447	0.447
B_{1971}/K	0.901	0.743	1.067
B_{2021}/K	0.628	0.417	0.837
B_{2021}/B_{MSY}	1.406	0.933	1.874
F_{2021}/F_{MSY}	0.824	0.390	1.468
q.1	0.000	0.000	0.000
q.2	0.000	0.000	0.000
q.3	0.000	0.000	0.000
q.4	0.000	0.000	0.000
q.5	0.000	0.000	0.000
q.6	0.000	0.000	0.000
ψ	0.906	0.799	0.970
σ_2	0.005	0.001	0.015
$\tau_{2.1}$	0.002	0.000	0.015
$\tau_{2.2}$	0.018	0.001	0.119
$\tau_{2.3}$	0.004	0.000	0.032
$\tau_{2.4}$	0.026	0.001	0.189
$\tau_{2.5}$	0.005	0.001	0.036
$\tau_{2.6}$	0.025	0.002	0.112

Table 9. Annual estimates of relative biomass (B/B_{MSY}) and fishing mortality (F/F_{MSY}) from the JABBA and Stock Synthesis models for the North Atlantic blue shark stock. Joint results show the combined estimates from both platforms.

Contents Method Year	B/Bmsy or SSB/SSBmsy									F/Fmsy								
	JABBA			Stock Synthesis			joint results			JABBA			Stock Synthesis			joint results		
	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI
1971	1.63	1.04	2.31							0.29	0.21	0.47						
1972	1.70	1.17	2.27	2.26	1.82	2.80	2.00	1.26	2.71	0.28	0.21	0.42	0.30	0.25	0.36	0.29	0.22	0.39
1973	1.75	1.28	2.24	2.27	1.83	2.80	2.01	1.37	2.71	0.29	0.23	0.42	0.34	0.28	0.41	0.32	0.24	0.41
1974	1.78	1.37	2.21	2.27	1.83	2.80	2.01	1.45	2.71	0.27	0.22	0.36	0.29	0.24	0.34	0.28	0.22	0.35
1975	1.81	1.46	2.21	2.25	1.83	2.78	2.01	1.53	2.69	0.34	0.27	0.43	0.37	0.31	0.43	0.35	0.28	0.43
1976	1.80	1.50	2.17	2.28	1.87	2.78	2.02	1.55	2.70	0.22	0.18	0.28	0.25	0.22	0.30	0.24	0.19	0.29
1977	1.85	1.57	2.21	2.31	1.93	2.76	2.07	1.61	2.68	0.29	0.24	0.35	0.32	0.27	0.36	0.30	0.24	0.36
1978	1.85	1.59	2.20	2.33	1.98	2.72	2.08	1.63	2.66	0.33	0.28	0.40	0.39	0.35	0.45	0.37	0.29	0.44
1979	1.82	1.58	2.16	2.36	2.05	2.72	2.10	1.62	2.66	0.24	0.20	0.28	0.30	0.26	0.34	0.27	0.20	0.34
1980	1.86	1.62	2.20	2.36	2.07	2.68	2.13	1.65	2.63	0.36	0.30	0.43	0.41	0.37	0.46	0.39	0.31	0.45
1981	1.82	1.59	2.15	2.34	2.08	2.63	2.11	1.62	2.58	0.39	0.33	0.46	0.42	0.38	0.47	0.41	0.34	0.46
1982	1.78	1.56	2.09	2.31	2.07	2.58	2.08	1.59	2.53	0.43	0.36	0.50	0.46	0.41	0.51	0.45	0.37	0.51
1983	1.73	1.52	2.04	2.26	2.04	2.50	2.04	1.55	2.46	0.60	0.50	0.71	0.69	0.62	0.76	0.65	0.52	0.75
1984	1.62	1.44	1.90	2.21	2.01	2.44	1.97	1.46	2.40	0.55	0.46	0.64	0.60	0.54	0.66	0.58	0.48	0.65
1985	1.58	1.41	1.84	2.14	1.95	2.35	1.92	1.43	2.32	0.68	0.57	0.79	0.74	0.67	0.81	0.72	0.59	0.81
1986	1.50	1.34	1.74	2.03	1.85	2.22	1.81	1.36	2.19	0.95	0.80	1.09	1.03	0.94	1.14	1.00	0.83	1.13
1987	1.33	1.19	1.55	1.88	1.71	2.06	1.65	1.21	2.03	1.23	1.04	1.41	1.29	1.17	1.42	1.27	1.07	1.42
1988	1.13	0.99	1.34	1.74	1.58	1.92	1.50	1.00	1.89	1.24	1.02	1.43	1.21	1.09	1.35	1.22	1.05	1.40
1989	1.01	0.85	1.22	1.65	1.50	1.82	1.42	0.87	1.79	0.92	0.74	1.10	0.83	0.75	0.93	0.86	0.75	1.07
1990	1.03	0.87	1.24	1.57	1.42	1.73	1.36	0.90	1.70	0.91	0.73	1.10	0.92	0.81	1.06	0.92	0.76	1.08
1991	1.05	0.89	1.25	1.47	1.32	1.63	1.30	0.91	1.60	1.06	0.85	1.29	1.07	0.92	1.24	1.07	0.88	1.27
1992	1.00	0.84	1.24	1.38	1.24	1.54	1.24	0.86	1.52	1.08	0.85	1.31	1.01	0.87	1.18	1.04	0.86	1.27
1993	0.97	0.82	1.24	1.28	1.14	1.44	1.17	0.84	1.41	1.33	1.02	1.60	1.34	1.16	1.55	1.33	1.07	1.57
1994	0.88	0.72	1.16	1.20	1.07	1.35	1.09	0.75	1.33	1.25	0.93	1.52	1.16	1.02	1.33	1.20	0.98	1.47
1995	0.84	0.69	1.13	1.10	0.96	1.25	1.00	0.71	1.23	1.43	1.04	1.73	1.49	1.28	1.74	1.46	1.12	1.74
1996	0.76	0.61	1.04	0.99	0.85	1.15	0.90	0.63	1.13	1.40	1.00	1.72	1.29	1.12	1.49	1.33	1.07	1.67
1997	0.71	0.56	0.98	0.92	0.78	1.09	0.84	0.58	1.07	1.43	1.02	1.78	1.34	1.15	1.56	1.37	1.09	1.72
1998	0.67	0.52	0.94	0.89	0.75	1.06	0.80	0.54	1.04	1.35	0.95	1.70	1.27	1.08	1.49	1.30	1.01	1.64
1999	0.66	0.51	0.92	0.85	0.71	1.02	0.77	0.53	1.00	1.36	0.94	1.71	1.23	1.04	1.45	1.27	1.00	1.66
2000	0.67	0.52	0.96	0.80	0.66	0.97	0.75	0.54	0.97	1.41	0.96	1.79	1.42	1.20	1.68	1.42	1.05	1.75
2001	0.64	0.48	0.93	0.76	0.62	0.93	0.71	0.50	0.93	1.16	0.78	1.51	1.13	0.96	1.34	1.14	0.85	1.46
2002	0.64	0.48	0.92	0.74	0.60	0.91	0.70	0.50	0.91	1.06	0.71	1.38	1.04	0.88	1.24	1.05	0.77	1.34
2003	0.67	0.51	0.97	0.72	0.58	0.88	0.70	0.53	0.92	1.19	0.80	1.54	1.02	0.85	1.21	1.07	0.84	1.48
2004	0.67	0.50	0.97	0.72	0.58	0.88	0.70	0.52	0.92	1.12	0.76	1.47	1.07	0.89	1.29	1.09	0.82	1.41
2005	0.69	0.51	0.98	0.73	0.59	0.89	0.71	0.53	0.93	1.09	0.74	1.42	0.90	0.75	1.07	0.96	0.75	1.36
2006	0.73	0.56	1.04	0.74	0.61	0.90	0.74	0.57	0.98	1.00	0.69	1.29	0.88	0.75	1.04	0.92	0.72	1.24
2007	0.82	0.63	1.14	0.74	0.61	0.91	0.77	0.62	1.07	0.99	0.70	1.27	0.98	0.84	1.15	0.99	0.75	1.23
2008	0.89	0.70	1.23	0.75	0.62	0.92	0.81	0.64	1.15	1.05	0.74	1.32	1.09	0.92	1.29	1.07	0.80	1.30
2009	0.92	0.72	1.25	0.78	0.64	0.95	0.84	0.66	1.18	1.17	0.84	1.47	1.07	0.91	1.26	1.11	0.88	1.42
2010	0.93	0.73	1.26	0.82	0.67	0.99	0.86	0.69	1.19	1.23	0.88	1.54	1.16	0.99	1.37	1.19	0.93	1.49
2011	0.93	0.73	1.27	0.87	0.71	1.05	0.89	0.72	1.20	1.25	0.89	1.57	1.21	1.02	1.43	1.23	0.95	1.52
2012	0.93	0.73	1.28	0.89	0.73	1.09	0.91	0.73	1.21	1.17	0.83	1.48	1.16	0.98	1.38	1.16	0.89	1.43
2013	0.94	0.73	1.30	0.89	0.72	1.09	0.91	0.73	1.22	1.16	0.82	1.47	1.09	0.92	1.28	1.11	0.88	1.42
2014	0.97	0.76	1.34	0.92	0.75	1.12	0.94	0.76	1.27	1.17	0.82	1.46	1.20	1.03	1.41	1.19	0.89	1.44
2015	1.01	0.80	1.41	0.98	0.80	1.19	0.99	0.80	1.32	1.18	0.83	1.48	1.25	1.07	1.46	1.22	0.89	1.47
2016	1.02	0.80	1.44	1.00	0.82	1.22	1.01	0.81	1.35	1.29	0.89	1.61	1.38	1.18	1.63	1.35	0.96	1.62
2017	0.94	0.72	1.35	1.02	0.83	1.25	0.99	0.75	1.29	1.27	0.86	1.61	1.33	1.11	1.58	1.30	0.93	1.59
2018	0.87	0.65	1.26	1.04	0.85	1.28	0.98	0.68	1.27	1.16	0.78	1.52	1.12	0.93	1.35	1.14	0.84	1.46
2019	0.86	0.63	1.24	1.06	0.87	1.30	0.98	0.66	1.28	0.95	0.63	1.26	1.00	0.82	1.23	0.98	0.69	1.24
2020	0.88	0.65	1.26	1.05	0.86	1.29	0.98	0.68	1.28	0.72	0.49	0.96	0.77	0.62	0.95	0.75	0.52	0.95
2021	0.96	0.71	1.35	1.03	0.84	1.27	1.00	0.75	1.30	0.68	0.47	0.91	0.73	0.56	0.95	0.70	0.50	0.93

Table 10. Annual estimates of relative biomass (B/B_{MSY}) and fishing mortality (F/F_{MSY}) from the JABBA and Stock Synthesis models for the South Atlantic blue shark stock. Joint results show the combined estimates from both platforms.

Contents Method Year	B/Bmsy or SSB/SSBmsy									F/Fmsy								
	JABBA			Stock Synthesis			joint results			JABBA			Stock Synthesis			joint results		
	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI	median	95%LCI	95%UCI
1971	2.02	1.66	2.39							0.08	0.05	0.11						
1972	2.05	1.67	2.48	3.51	2.79	4.42	2.65	1.73	4.26	0.09	0.05	0.12	0.05	0.04	0.06	0.04	0.04	0.12
1973	2.07	1.67	2.52	3.51	2.79	4.42	2.68	1.74	4.26	0.11	0.07	0.16	0.06	0.04	0.08	0.08	0.05	0.15
1974	2.07	1.65	2.53	3.54	2.81	4.45	2.69	1.73	4.29	0.07	0.04	0.11	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.10
1975	2.09	1.66	2.55	3.56	2.85	4.45	2.72	1.74	4.29	0.07	0.04	0.10	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.09
1976	2.10	1.66	2.57	3.59	2.91	4.42	2.77	1.75	4.27	0.07	0.04	0.11	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.10
1977	2.11	1.68	2.57	3.57	2.94	4.33	2.80	1.76	4.20	0.15	0.09	0.22	0.08	0.06	0.10	0.10	0.06	0.21
1978	2.08	1.65	2.53	3.54	2.98	4.22	2.79	1.74	4.10	0.17	0.10	0.25	0.09	0.07	0.11	0.11	0.07	0.23
1979	2.05	1.62	2.50	3.51	3.00	4.11	2.83	1.70	4.00	0.19	0.11	0.27	0.09	0.07	0.12	0.12	0.08	0.26
1980	2.02	1.58	2.48	3.47	3.01	4.01	2.81	1.66	3.91	0.21	0.12	0.31	0.11	0.09	0.13	0.13	0.09	0.29
1981	1.99	1.54	2.44	3.47	3.04	3.96	2.83	1.63	3.87	0.13	0.08	0.20	0.07	0.05	0.09	0.08	0.06	0.19
1982	2.00	1.56	2.46	3.42	3.02	3.89	2.82	1.64	3.80	0.23	0.13	0.35	0.12	0.09	0.14	0.14	0.10	0.32
1983	1.97	1.52	2.43	3.44	3.06	3.88	2.85	1.60	3.80	0.10	0.06	0.15	0.05	0.04	0.06	0.06	0.04	0.14
1984	2.00	1.54	2.46	3.43	3.05	3.86	2.84	1.62	3.78	0.17	0.10	0.26	0.08	0.07	0.10	0.10	0.07	0.24
1985	1.99	1.54	2.45	3.42	3.05	3.84	2.86	1.62	3.77	0.14	0.08	0.22	0.07	0.06	0.09	0.09	0.06	0.20
1986	2.00	1.55	2.44	3.39	3.03	3.80	2.85	1.62	3.74	0.20	0.12	0.31	0.10	0.09	0.13	0.12	0.09	0.29
1987	1.97	1.51	2.41	3.39	3.16	3.63	3.00	1.60	3.59	0.16	0.09	0.25	0.09	0.07	0.10	0.10	0.07	0.23
1988	1.97	1.51	2.41	3.31	3.10	3.53	2.97	1.59	3.49	0.29	0.17	0.45	0.20	0.18	0.23	0.22	0.17	0.42
1989	1.91	1.44	2.35	3.19	2.99	3.40	2.87	1.52	3.36	0.39	0.22	0.61	0.29	0.26	0.34	0.31	0.24	0.57
1990	1.82	1.34	2.26	3.05	2.86	3.25	2.74	1.44	3.22	0.47	0.26	0.75	0.32	0.28	0.37	0.35	0.27	0.69
1991	1.73	1.25	2.17	2.95	2.77	3.15	2.65	1.33	3.12	0.42	0.22	0.68	0.29	0.25	0.33	0.31	0.24	0.63
1992	1.69	1.19	2.12	2.86	2.68	3.05	2.58	1.27	3.02	0.47	0.25	0.78	0.32	0.27	0.37	0.35	0.27	0.72
1993	1.62	1.12	2.05	2.77	2.59	2.96	2.44	1.20	2.93	0.49	0.25	0.83	0.34	0.29	0.40	0.37	0.28	0.77
1994	1.55	1.06	1.99	2.60	2.42	2.80	2.31	1.14	2.76	0.59	0.29	1.02	0.42	0.35	0.49	0.45	0.33	0.94
1995	1.44	0.94	1.89	2.35	2.15	2.57	2.07	1.02	2.53	0.69	0.33	1.24	0.55	0.46	0.64	0.57	0.38	1.12
1996	1.36	0.87	1.83	2.06	1.84	2.31	1.83	0.96	2.27	0.76	0.36	1.38	0.61	0.51	0.74	0.64	0.41	1.26
1997	1.28	0.82	1.76	1.87	1.62	2.14	1.67	0.89	2.10	0.62	0.28	1.14	0.48	0.40	0.59	0.51	0.33	1.04
1998	1.31	0.84	1.79	1.74	1.49	2.02	1.58	0.92	1.98	0.57	0.26	1.03	0.49	0.40	0.61	0.51	0.30	0.94
1999	1.31	0.84	1.80	1.62	1.36	1.92	1.51	0.92	1.88	0.60	0.28	1.10	0.59	0.47	0.73	0.59	0.32	1.00
2000	1.32	0.85	1.80	1.50	1.24	1.81	1.44	0.93	1.81	0.60	0.28	1.09	0.64	0.50	0.80	0.63	0.32	1.00
2001	1.32	0.85	1.80	1.41	1.15	1.73	1.38	0.93	1.77	0.54	0.25	0.99	0.65	0.51	0.82	0.62	0.29	0.91
2002	1.32	0.86	1.79	1.37	1.11	1.69	1.35	0.93	1.75	0.58	0.27	1.05	0.63	0.49	0.82	0.62	0.31	0.96
2003	1.32	0.86	1.80	1.34	1.08	1.66	1.33	0.93	1.75	0.69	0.32	1.26	0.74	0.57	0.95	0.72	0.37	1.15
2004	1.29	0.83	1.78	1.33	1.07	1.66	1.32	0.90	1.73	0.59	0.27	1.09	0.66	0.52	0.85	0.64	0.32	0.99
2005	1.34	0.87	1.81	1.27	1.01	1.60	1.30	0.94	1.74	0.68	0.32	1.23	0.78	0.60	1.01	0.75	0.37	1.14
2006	1.33	0.86	1.80	1.23	0.98	1.56	1.27	0.92	1.73	0.63	0.30	1.14	0.77	0.60	1.00	0.73	0.34	1.06
2007	1.39	0.91	1.84	1.20	0.95	1.52	1.28	0.94	1.77	0.66	0.31	1.17	0.87	0.68	1.12	0.80	0.36	1.14
2008	1.40	0.93	1.85	1.18	0.93	1.50	1.27	0.93	1.78	0.66	0.32	1.16	0.89	0.70	1.15	0.82	0.36	1.15
2009	1.43	0.96	1.87	1.17	0.92	1.50	1.28	0.93	1.80	0.63	0.31	1.11	0.95	0.74	1.21	0.84	0.35	1.19
2010	1.52	1.05	1.96	1.15	0.90	1.48	1.30	0.92	1.90	0.72	0.36	1.23	1.10	0.85	1.42	0.96	0.41	1.38
2011	1.55	1.08	2.01	1.09	0.83	1.44	1.28	0.86	1.93	0.83	0.41	1.41	1.34	1.02	1.75	1.14	0.47	1.68
2012	1.52	1.04	2.01	1.15	0.88	1.50	1.30	0.91	1.92	0.63	0.30	1.07	0.93	0.71	1.24	0.82	0.35	1.20
2013	1.51	1.02	1.99	1.27	0.99	1.64	1.37	1.00	1.92	0.47	0.23	0.81	0.64	0.49	0.85	0.58	0.26	0.84
2014	1.54	1.05	2.00	1.34	1.04	1.73	1.43	1.04	1.93	0.58	0.29	1.01	0.73	0.55	0.96	0.68	0.33	0.98
2015	1.51	1.02	1.96	1.39	1.08	1.79	1.44	1.06	1.91	0.51	0.25	0.88	0.63	0.48	0.82	0.59	0.29	0.85
2016	1.53	1.04	1.98	1.43	1.11	1.84	1.47	1.08	1.93	0.57	0.28	0.98	0.71	0.54	0.92	0.66	0.32	0.95
2017	1.53	1.04	1.98	1.48	1.16	1.90	1.51	1.10	1.95	0.64	0.32	1.10	0.79	0.61	1.03	0.74	0.36	1.06
2018	1.53	1.05	1.98	1.46	1.14	1.88	1.50	1.10	1.94	0.77	0.38	1.32	0.94	0.73	1.22	0.89	0.44	1.26
2019	1.49	1.02	1.94	1.37	1.05	1.78	1.42	1.04	1.89	0.86	0.42	1.48	1.11	0.85	1.45	1.02	0.49	1.46
2020	1.43	0.97	1.89	1.27	0.96	1.69	1.34	0.96	1.82	0.81	0.39	1.41	1.07	0.81	1.43	0.98	0.45	1.42
2021	1.41	0.93	1.87	1.19	0.88	1.62	1.29	0.89	1.81	0.82	0.39	1.47	1.16	0.85	1.59	1.03	0.45	1.55

Table 11. Percent of the model runs that resulted in B levels $\leq 20\%$ of B_{MSY} during the projection period for a given catch level for the North Atlantic blue shark stock.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
25000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
27500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
30000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
32500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
32689	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
35000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
37500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	6%
40000	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	6%	13%	22%

Table 12. N-BSH. Kobe 2 Strategic Matrices for the North Atlantic blue shark stock combined models. Top: the probability that overfishing is not occurring ($F \leq F_{MSY}$); middle: the probability that the stock is not overfished ($B \geq B_{MSY}$); and bottom: the joint probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (i.e. $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$).

(a) Probability $F \leq F_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
22500	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
25000	95%	96%	96%	97%	98%	98%	99%	99%	99%	100%
27500	87%	87%	88%	89%	90%	92%	93%	94%	95%	95%
30000	75%	74%	74%	75%	76%	77%	78%	79%	80%	81%
32500	62%	60%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%	59%
32689	61%	59%	58%	57%	58%	58%	58%	58%	58%	57%
35000	50%	47%	44%	43%	41%	39%	38%	37%	36%	35%
37500	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	17%	15%	14%
40000	31%	24%	19%	14%	11%	8%	7%	5%	4%	4%

(b) Probability $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	71%	83%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20000	59%	58%	62%	73%	84%	91%	95%	97%	98%	99%
22500	58%	56%	59%	68%	78%	85%	90%	93%	95%	97%
25000	56%	53%	55%	63%	71%	77%	82%	86%	88%	91%
27500	55%	51%	52%	58%	64%	69%	73%	76%	78%	81%
30000	54%	49%	50%	53%	58%	61%	63%	65%	67%	68%
32500	53%	48%	47%	49%	51%	53%	53%	54%	54%	54%
32689	53%	47%	46%	48%	50%	52%	53%	53%	53%	53%
35000	53%	46%	44%	43%	44%	43%	42%	41%	40%	38%
37500	52%	44%	40%	38%	35%	33%	30%	27%	24%	22%
40000	51%	42%	36%	32%	27%	22%	18%	15%	13%	10%

(c) Probability $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	71%	83%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20000	59%	58%	62%	73%	84%	91%	95%	97%	98%	99%
22500	58%	56%	59%	68%	78%	85%	90%	93%	95%	97%
25000	56%	53%	55%	63%	71%	77%	82%	86%	88%	91%
27500	55%	51%	52%	58%	64%	69%	73%	76%	78%	80%
30000	53%	49%	50%	53%	57%	60%	63%	65%	66%	67%
32500	51%	47%	46%	47%	49%	51%	51%	52%	52%	53%
32689	50%	46%	46%	47%	49%	50%	51%	51%	51%	51%
35000	46%	42%	40%	39%	38%	37%	36%	35%	34%	33%
37500	38%	33%	29%	26%	23%	21%	19%	17%	15%	14%
40000	30%	23%	18%	14%	11%	8%	7%	5%	4%	3%

Table 13. S-BSH. Percent of the model runs that resulted in B levels $\leq 20\%$ of B_{MSY} during the projection period for a given catch level for the South Atlantic blue shark stock.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22500	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
25000	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%
27500	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	2%	3%
27711	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	2%	3%
30000	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	3%	5%	6%
32500	0%	0%	0%	1%	2%	3%	5%	8%	11%	16%

Table 14. S-BSH. Kobe 2 Strategic Matrices for the South Atlantic blue shark stock combined models. Top: the probability that overfishing is not occurring ($F \leq F_{MSY}$); middle: the probability that the stock is not overfished ($B \geq B_{MSY}$); and bottom: the joint probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (i.e. $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$).

(a) Probability $F \leq F_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15000	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
17500	98%	99%	99%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%
20000	95%	96%	97%	97%	97%	97%	98%	98%	98%	98%
22500	89%	90%	91%	91%	91%	91%	91%	92%	92%	92%
25000	80%	81%	80%	80%	79%	79%	78%	78%	78%	77%
27500	70%	69%	68%	66%	65%	64%	62%	61%	60%	59%
27711	69%	68%	67%	65%	63%	62%	61%	60%	59%	58%
30000	58%	57%	54%	52%	50%	48%	47%	45%	44%	43%
32500	47%	45%	42%	40%	37%	36%	34%	33%	32%	32%

(b) F Probability $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15000	83%	89%	93%	95%	97%	98%	99%	99%	99%	99%
17500	81%	86%	90%	92%	94%	95%	96%	97%	97%	98%
20000	79%	83%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%
22500	77%	79%	81%	82%	82%	83%	84%	84%	85%	86%
25000	75%	75%	75%	75%	75%	74%	74%	74%	74%	73%
27500	72%	71%	69%	68%	66%	64%	63%	61%	60%	60%
27711	72%	70%	69%	67%	65%	63%	62%	61%	60%	58%
30000	70%	67%	63%	60%	57%	54%	52%	50%	48%	47%
32500	68%	62%	57%	52%	48%	45%	42%	40%	39%	38%

(c) Probability $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$.

Catch (t)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	93%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15000	83%	89%	93%	95%	97%	98%	99%	99%	99%	99%
17500	81%	86%	90%	92%	94%	95%	96%	97%	97%	98%
20000	79%	83%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	94%
22500	77%	79%	81%	82%	82%	83%	84%	84%	85%	86%
25000	74%	75%	75%	75%	74%	74%	73%	73%	73%	72%
27500	68%	68%	67%	65%	63%	61%	59%	59%	54%	53%
27711	67%	67%	66%	63%	61%	60%	58%	56%	55%	54%
30000	58%	57%	54%	51%	49%	47%	44%	43%	41%	40%
32500	47%	45%	42%	39%	37%	34%	32%	31%	29%	28%

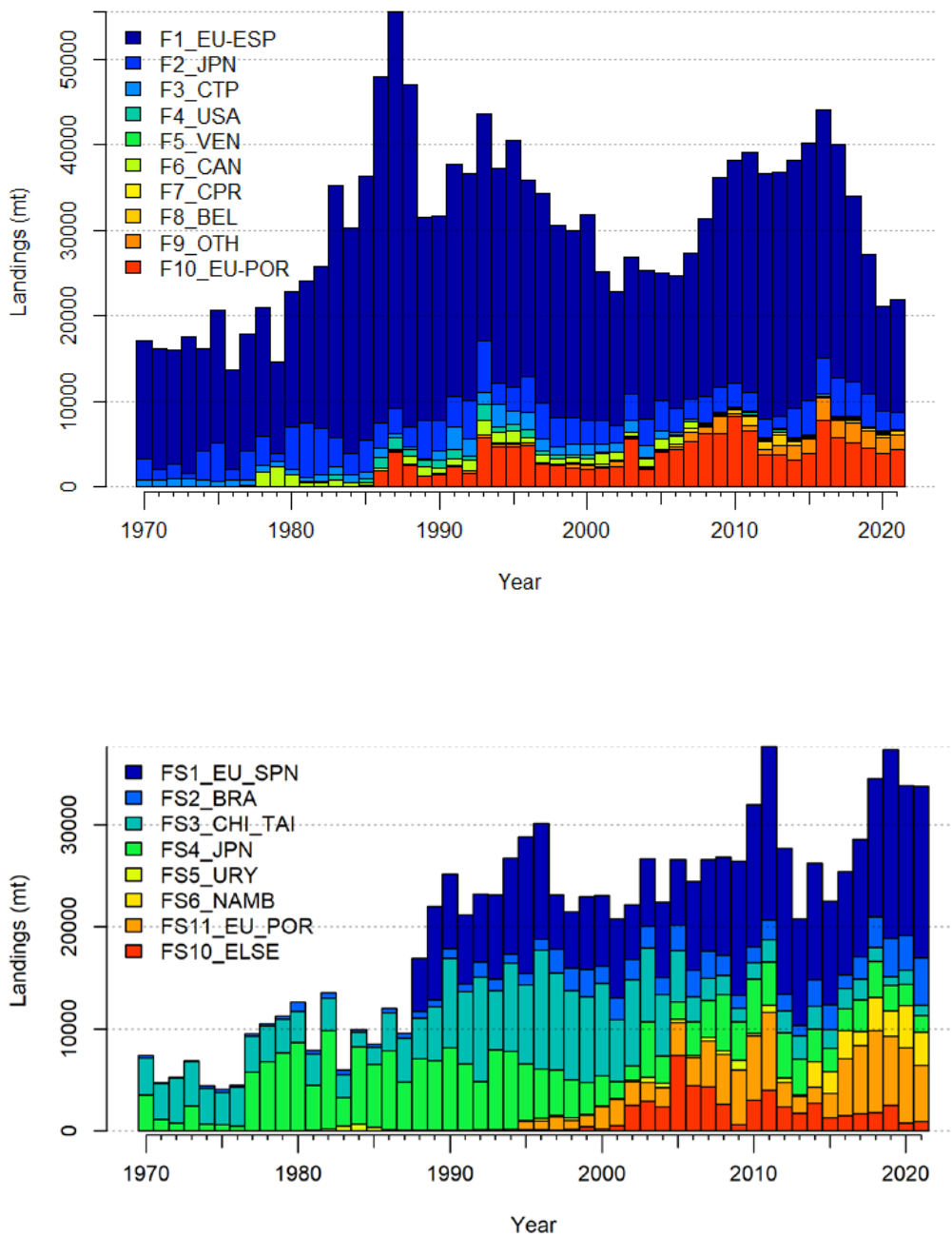


Figure 1. Total landed catch of blue shark for northern (upper) and southern (lower) blue shark stocks.

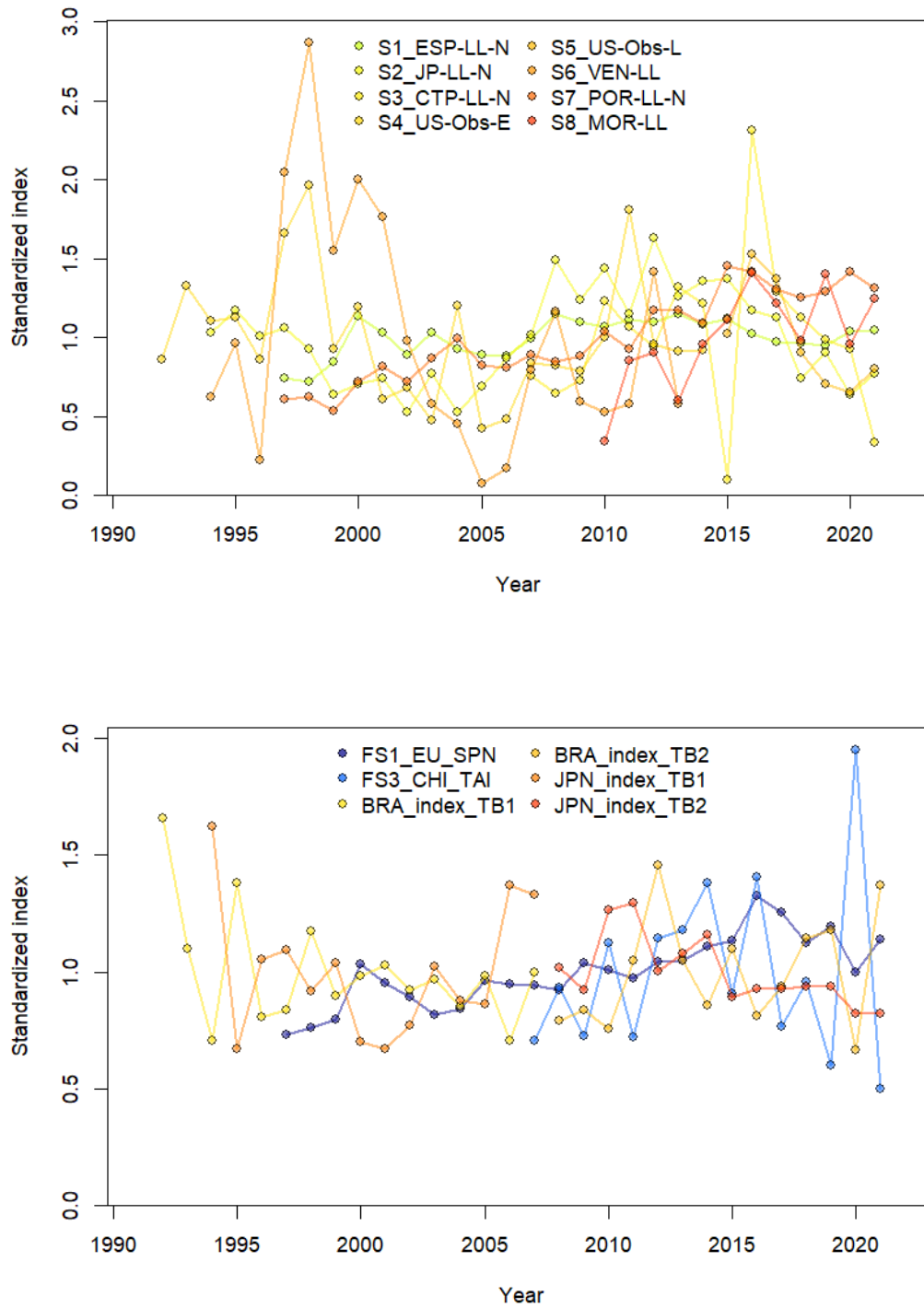


Figure 2. Standardized indices of abundance of blue shark for the northern stock (upper) and the southern stock (lower).

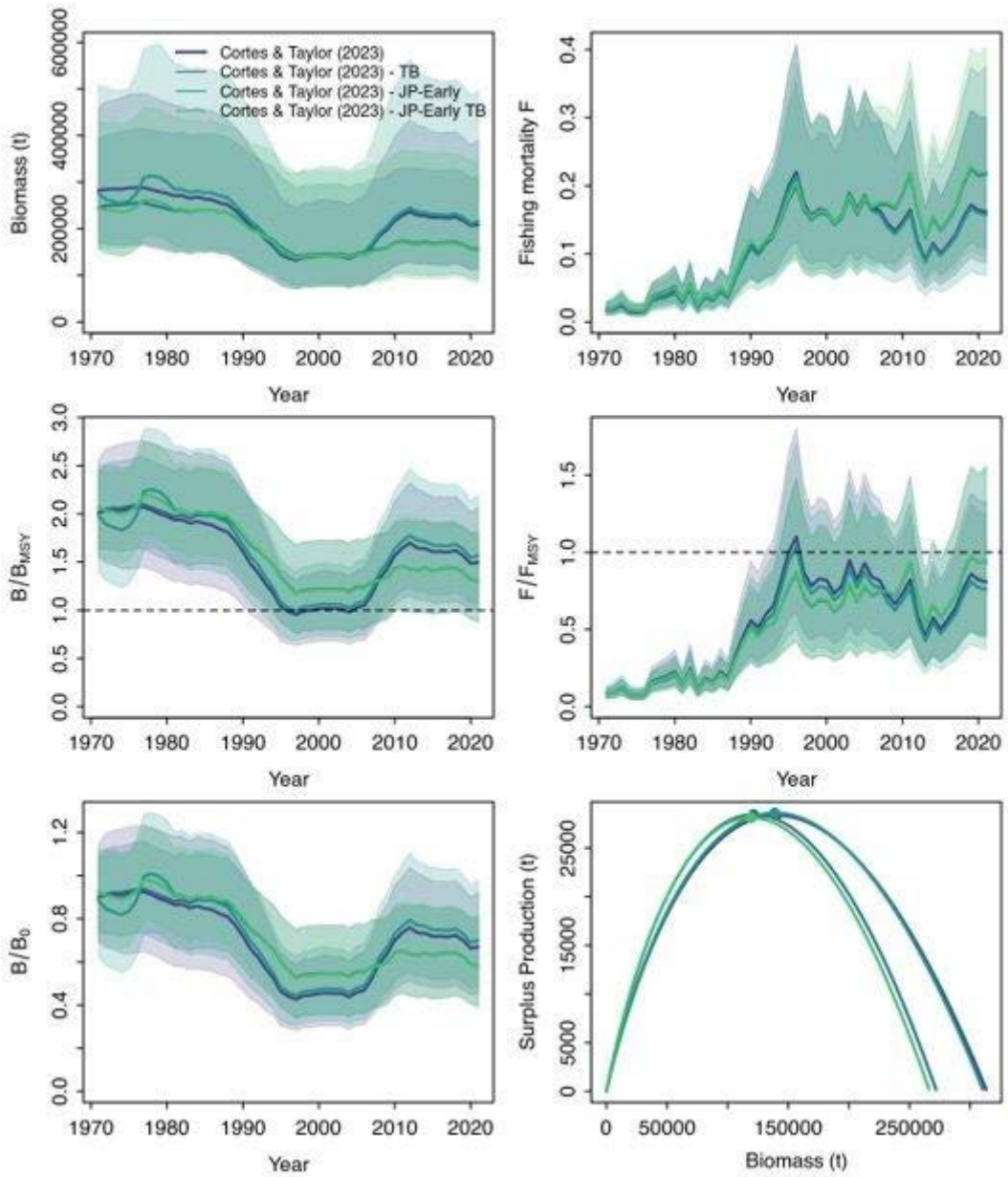
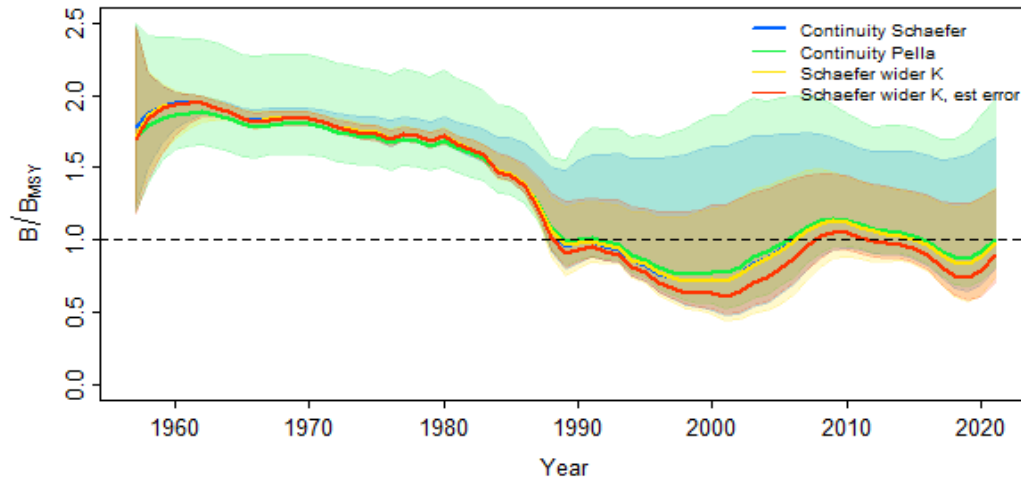
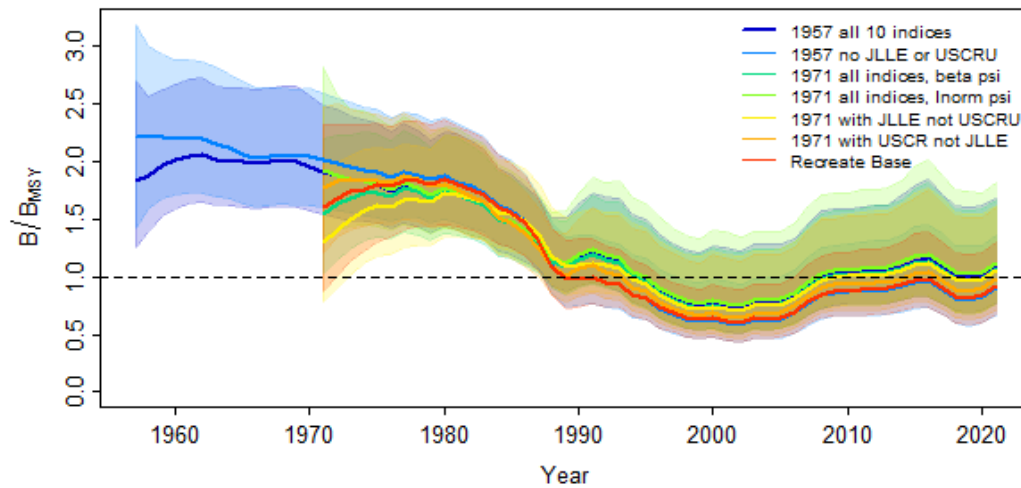


Figure 3. Sensitivity analyses for South Atlantic blue shark stock (JABBA).

(a) Schaefer vs Pella and K prior with all 10 indices, low process error.



(b) Pella varying start year, Bo/K prior or indices, otherwise same as base.



(c) Post model pre data (pmpd) diagnostic with no indices, low process error.

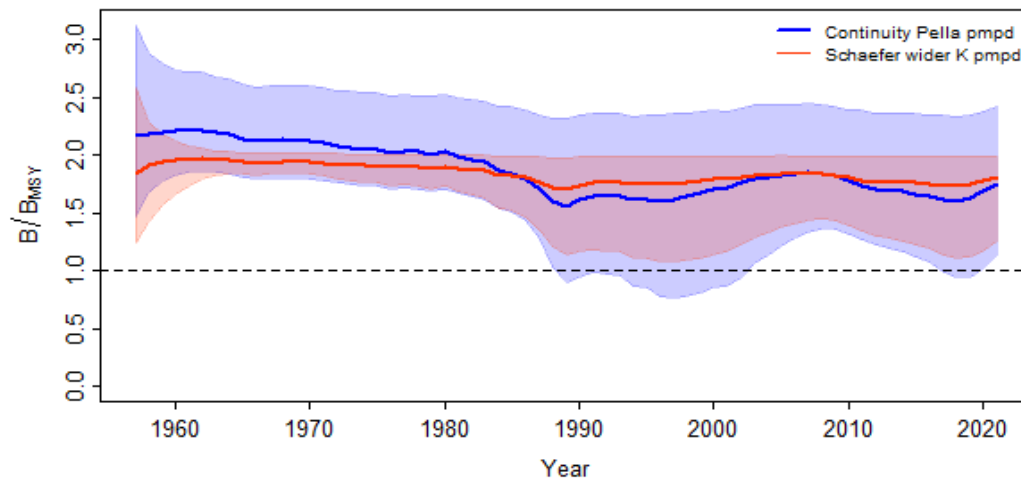


Figure 4. Sensitivity analyses for North Atlantic blue shark stock (JABBA).

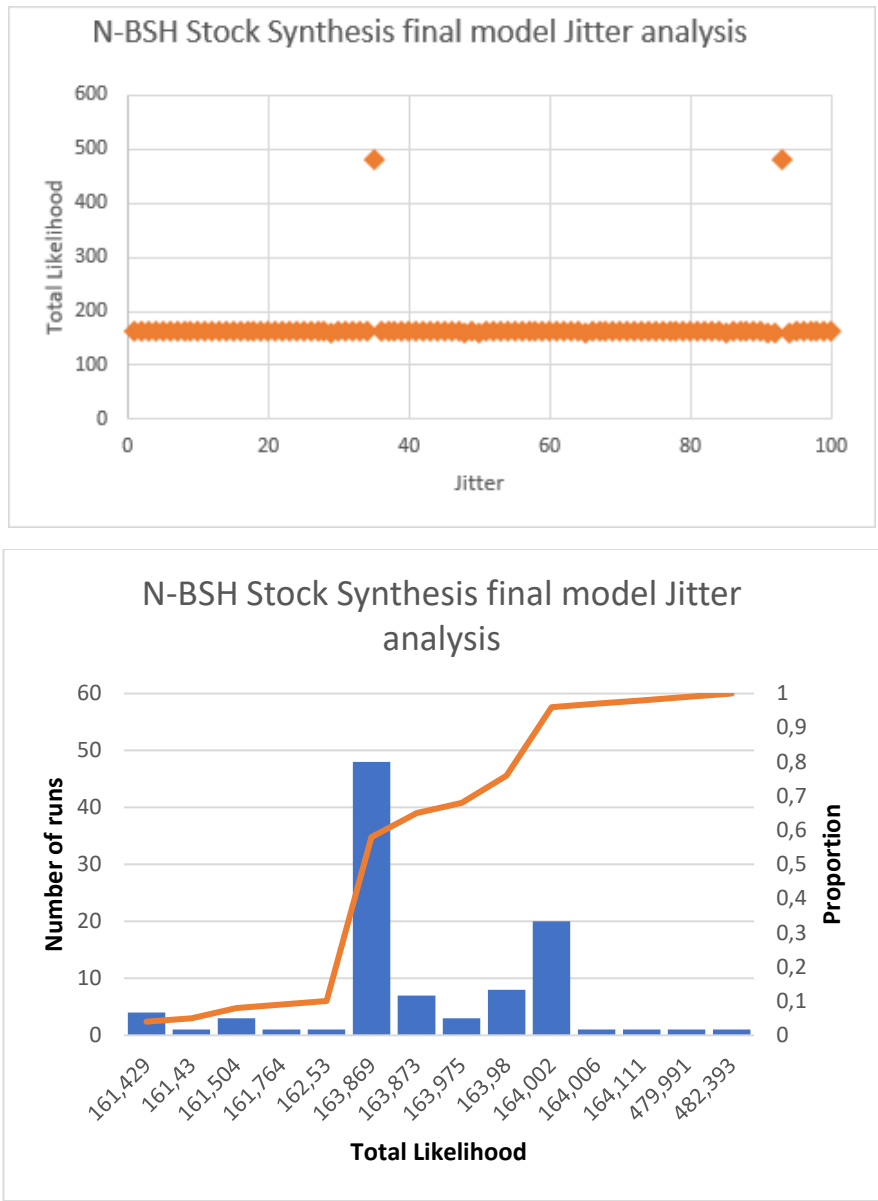
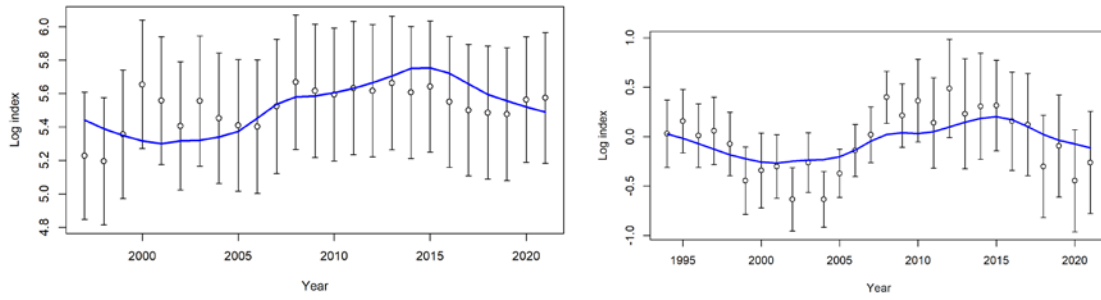
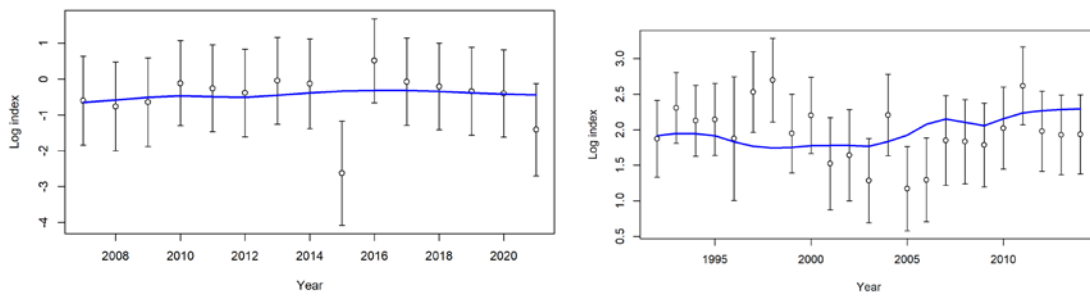


Figure 5. Jitter results (100) for the northern blue shark Stock Synthesis model reference case.

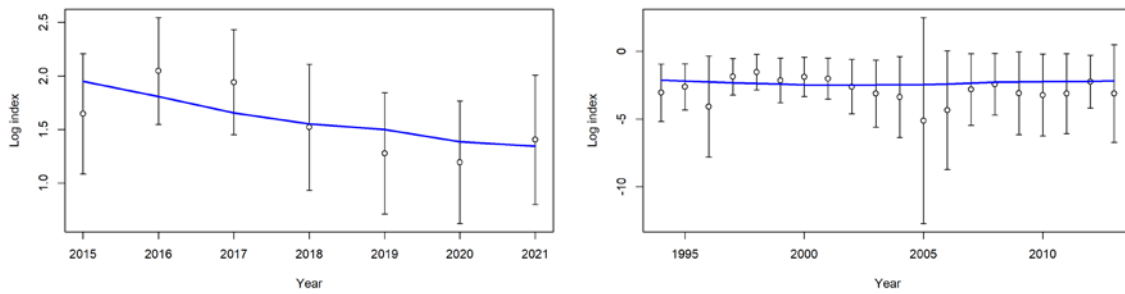
S1_ESP-LL-N S2_JP-LL-N



S3_CTP-LL-N S4_US-Obs-E



S5_US-Obs-L S6_VEN-LL



S7_POR-LL-N S8_MOR-LL

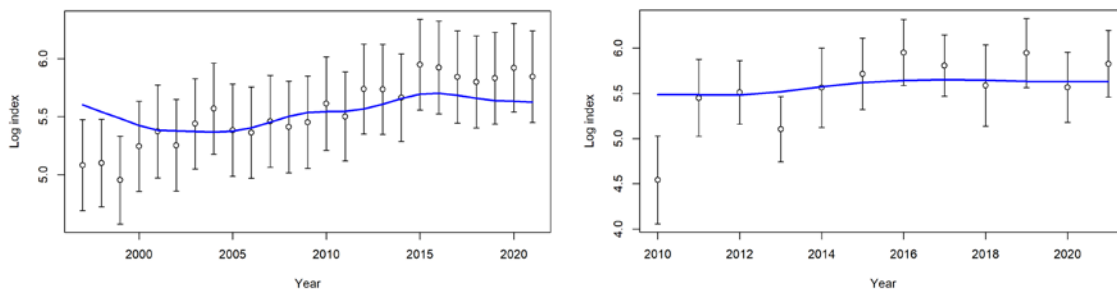


Figure 6. Fit to the indices time series for North blue shark Stock Synthesis model reference case.

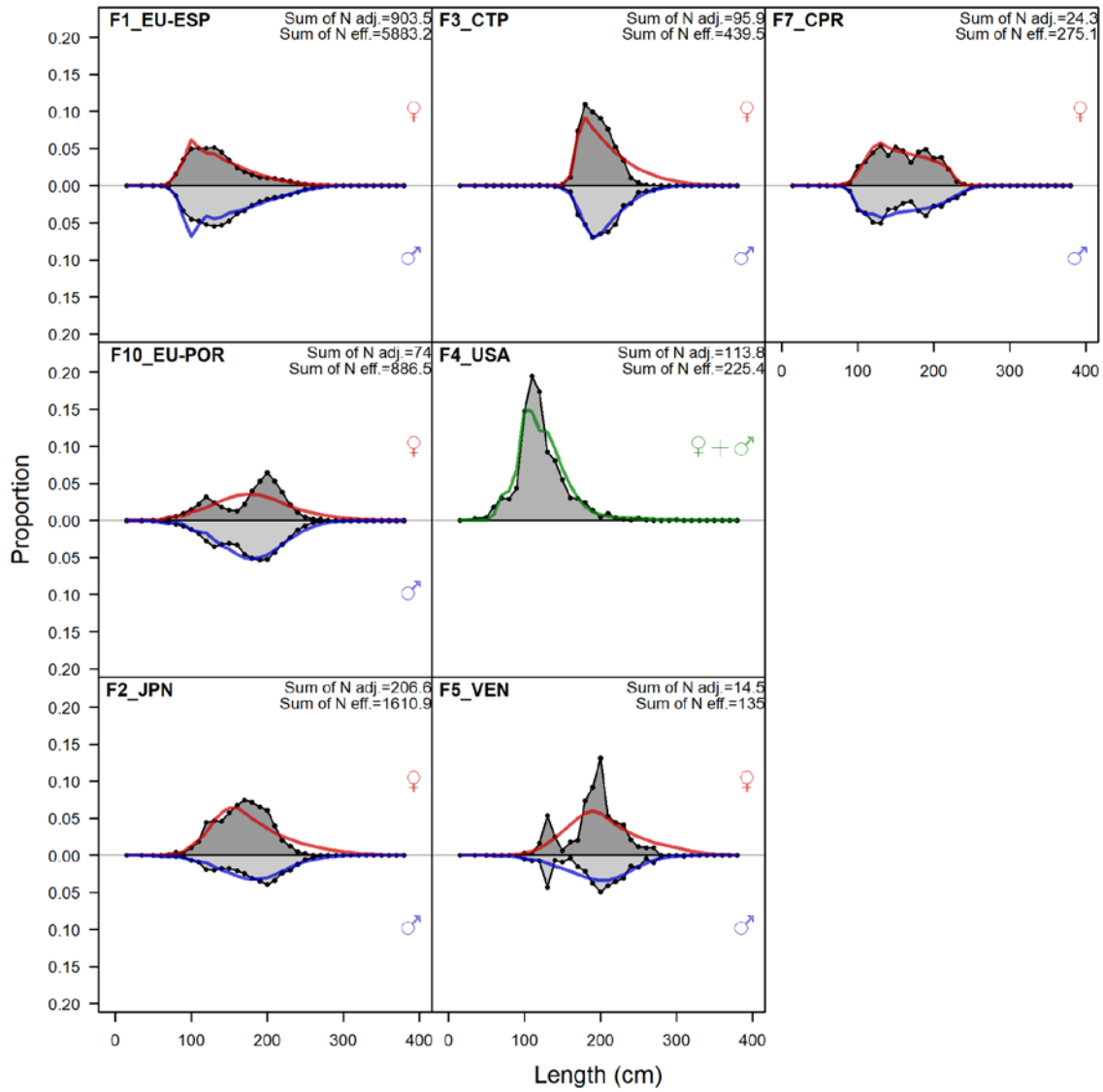


Figure 7. Fit to the aggregated length time series for north blue shark Stock Synthesis model reference case.

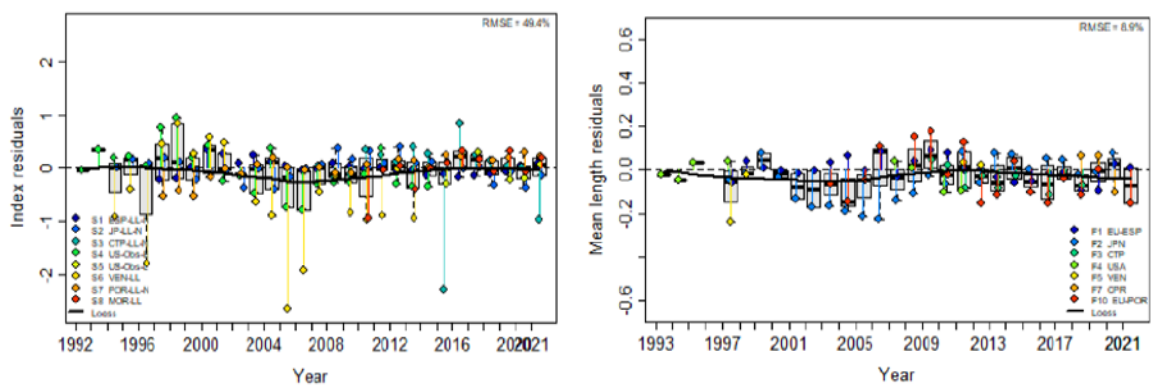


Figure 8. Joint residuals plot for the index (left panel) and length composition (right panel) fits for the North blue shark Stock Synthesis model reference case.

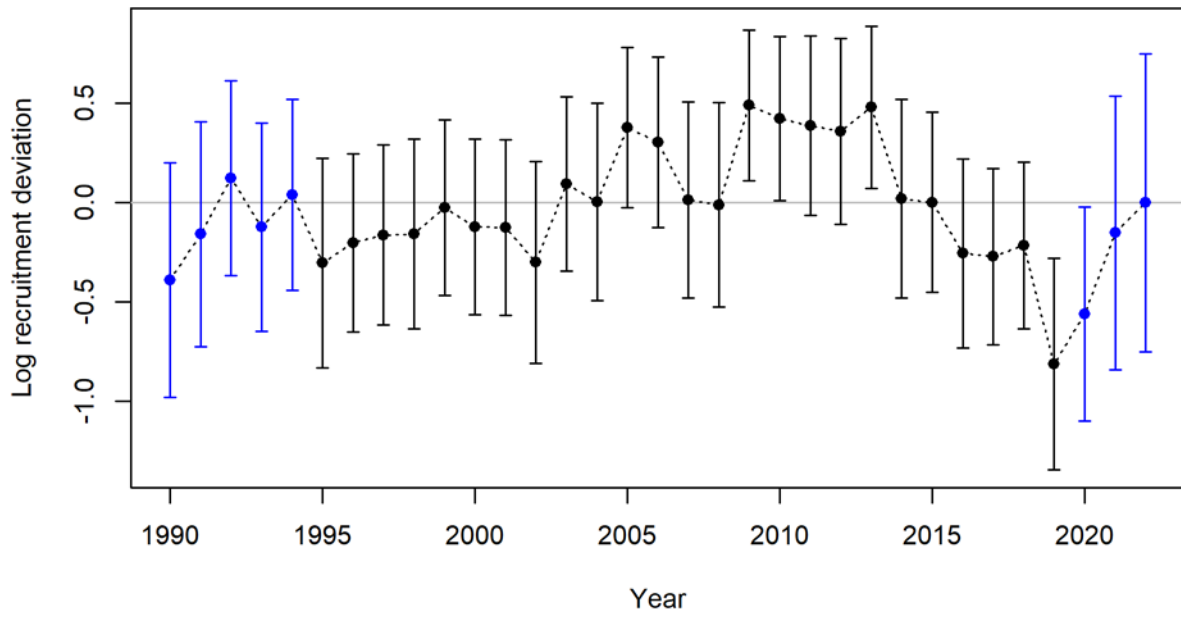


Figure 9. Recruitment deviations for the north blue shark Stock Synthesis model reference case.

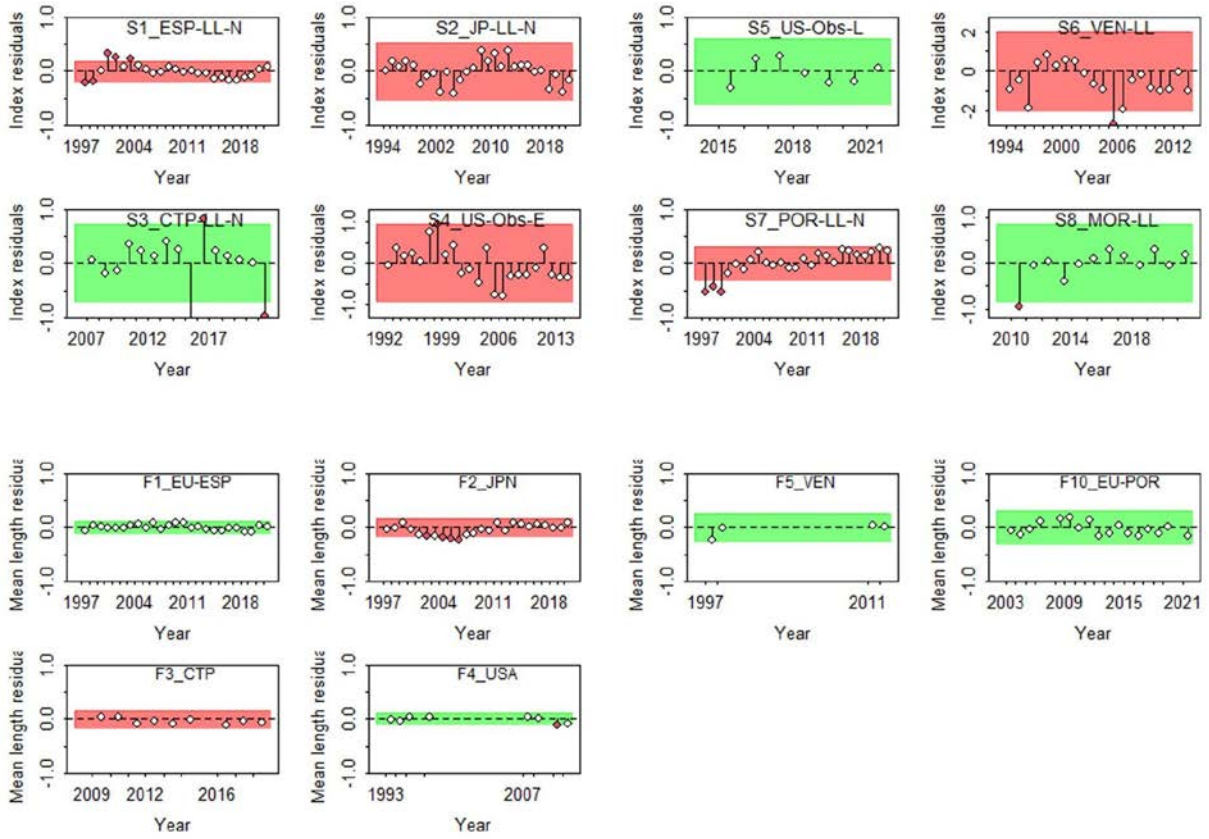


Figure 10. The runs test for the index (upper panels) and length composition (lower panels) fits for the north blue shark Stock Synthesis model reference case. Indices with serial autocorrelation in the residuals are identified in red.

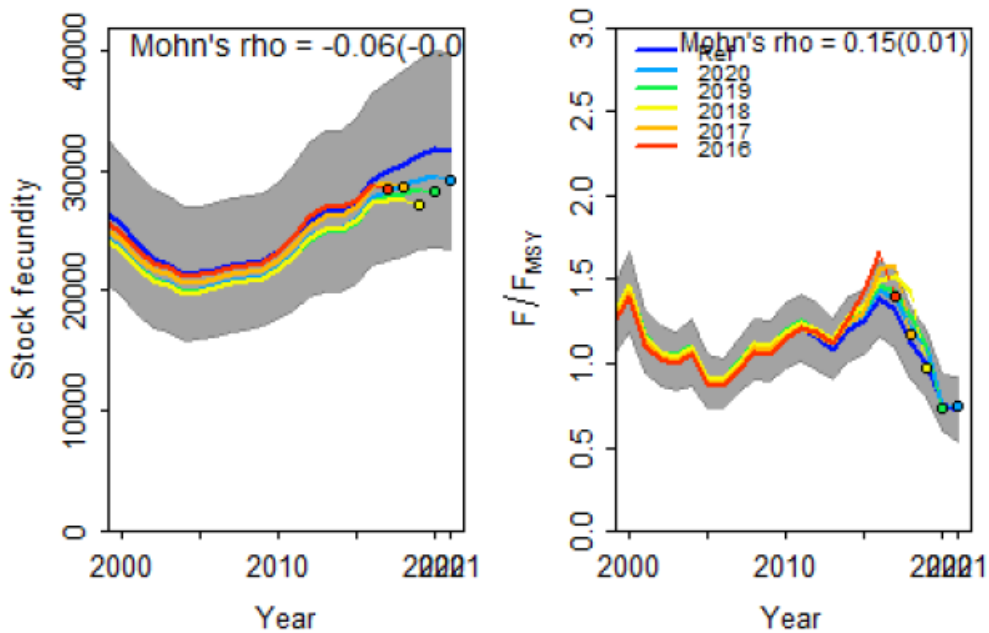
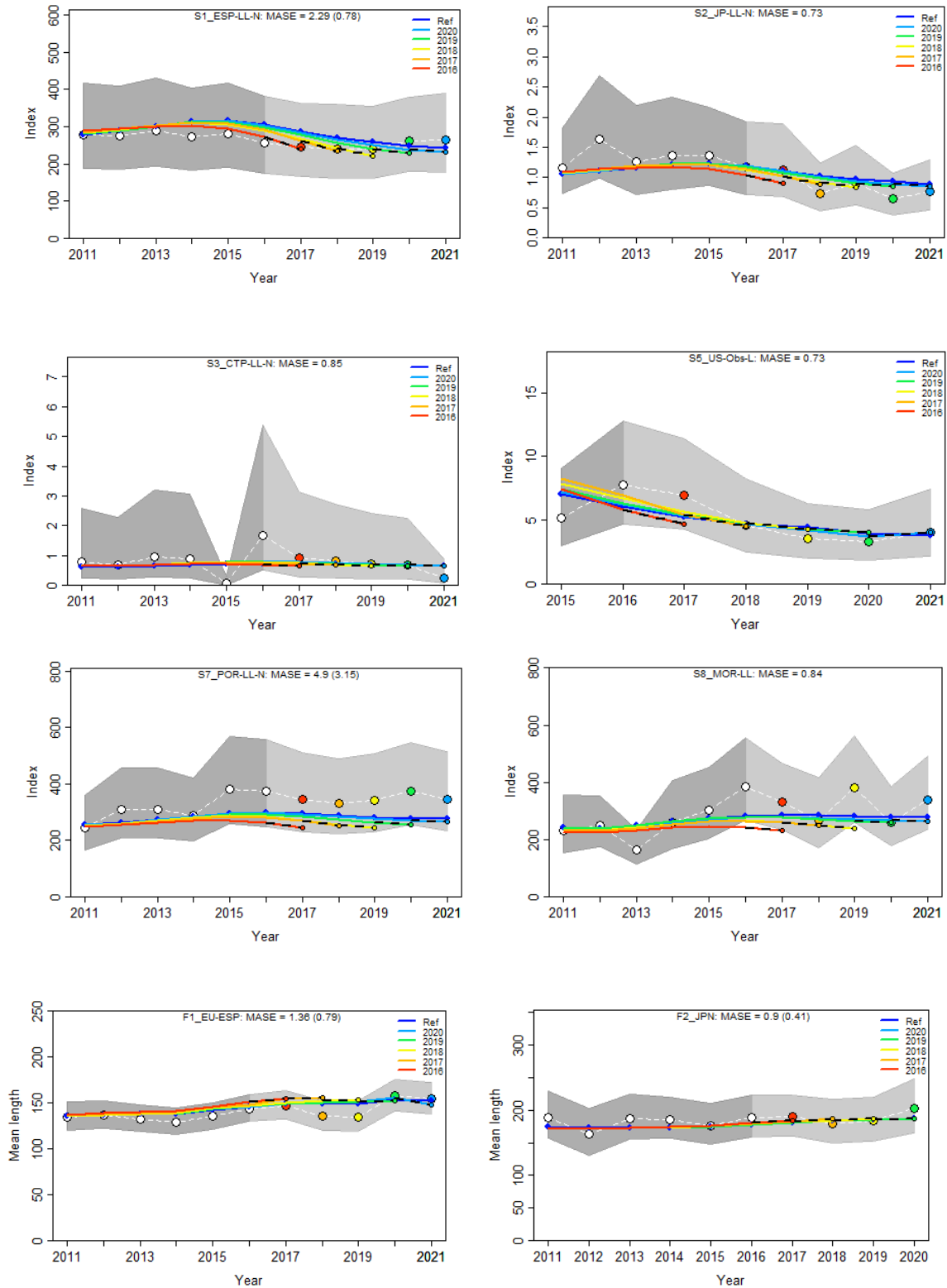


Figure 11. The retrospective analysis for the northern stock fecundity (left panel) and F/F_{MSY} (right panel) for the North blue shark Stock Synthesis model reference case.

REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE TIBURÓN AZUL - HÍBRIDA, MADRID, 2023



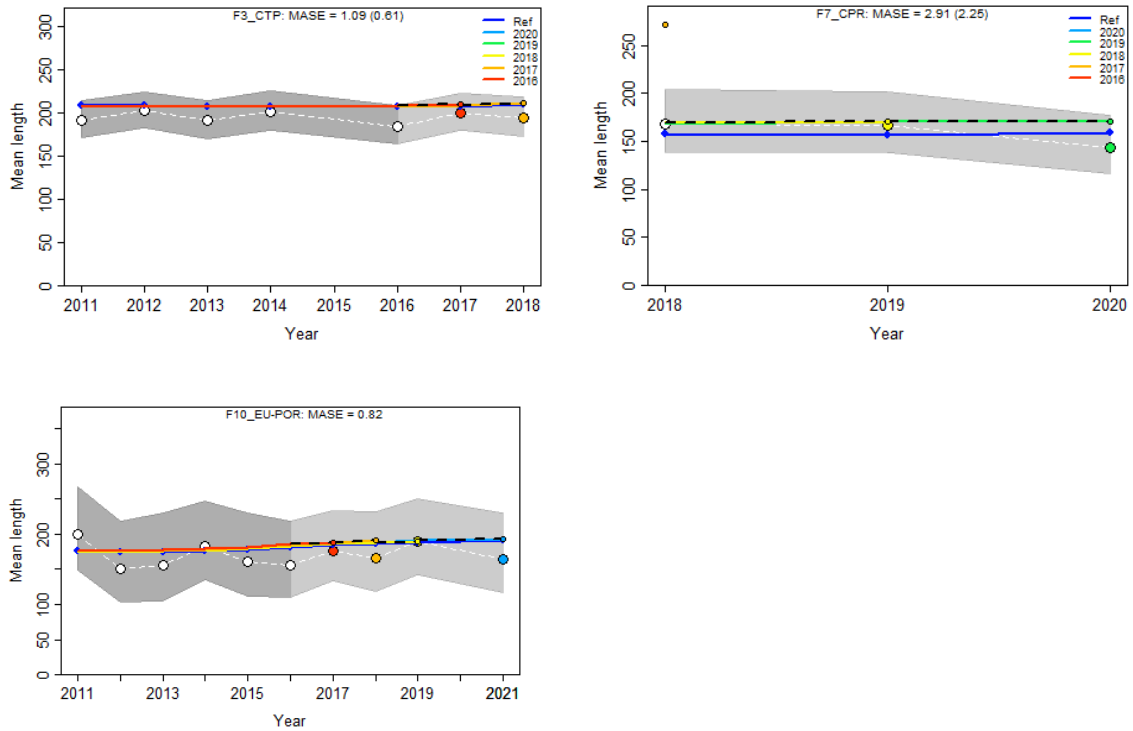


Figure 12. Hindcasting plots for the index (upper panels) and length fits (lower panels) for the North blue shark Stock Synthesis model reference case; numbers in parenthesis represent an adjustment to the MASE value, which was not evaluated within the current assessment.

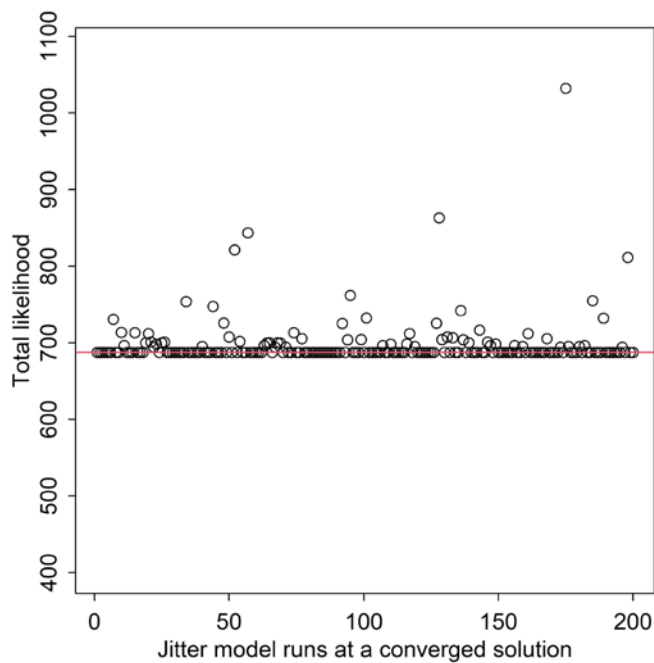


Figure 13. Jitter results for the southern stock synthesis case.

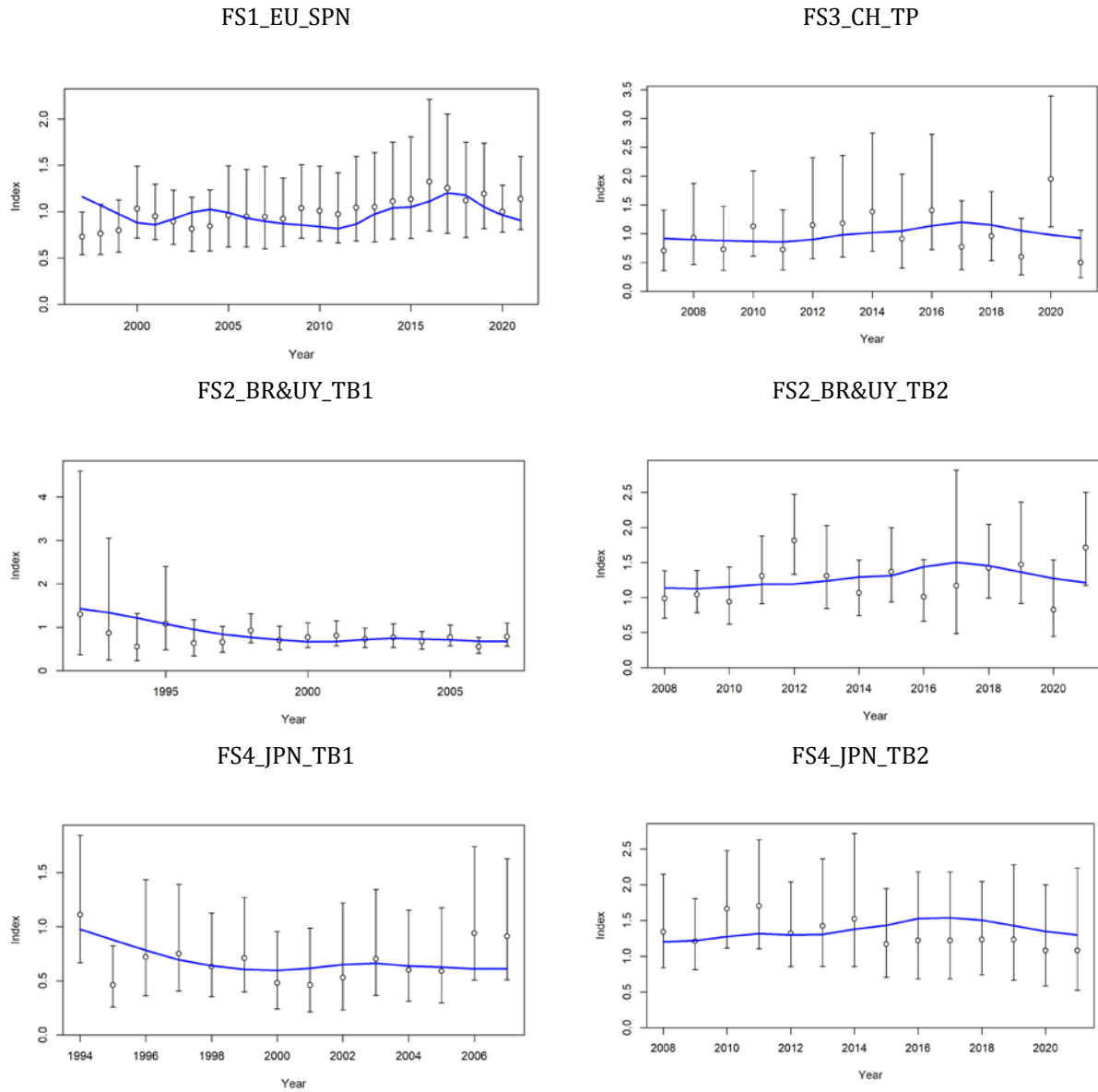


Figure 14. Fit to the indices time series for south BSH Stock synthesis model reference case.

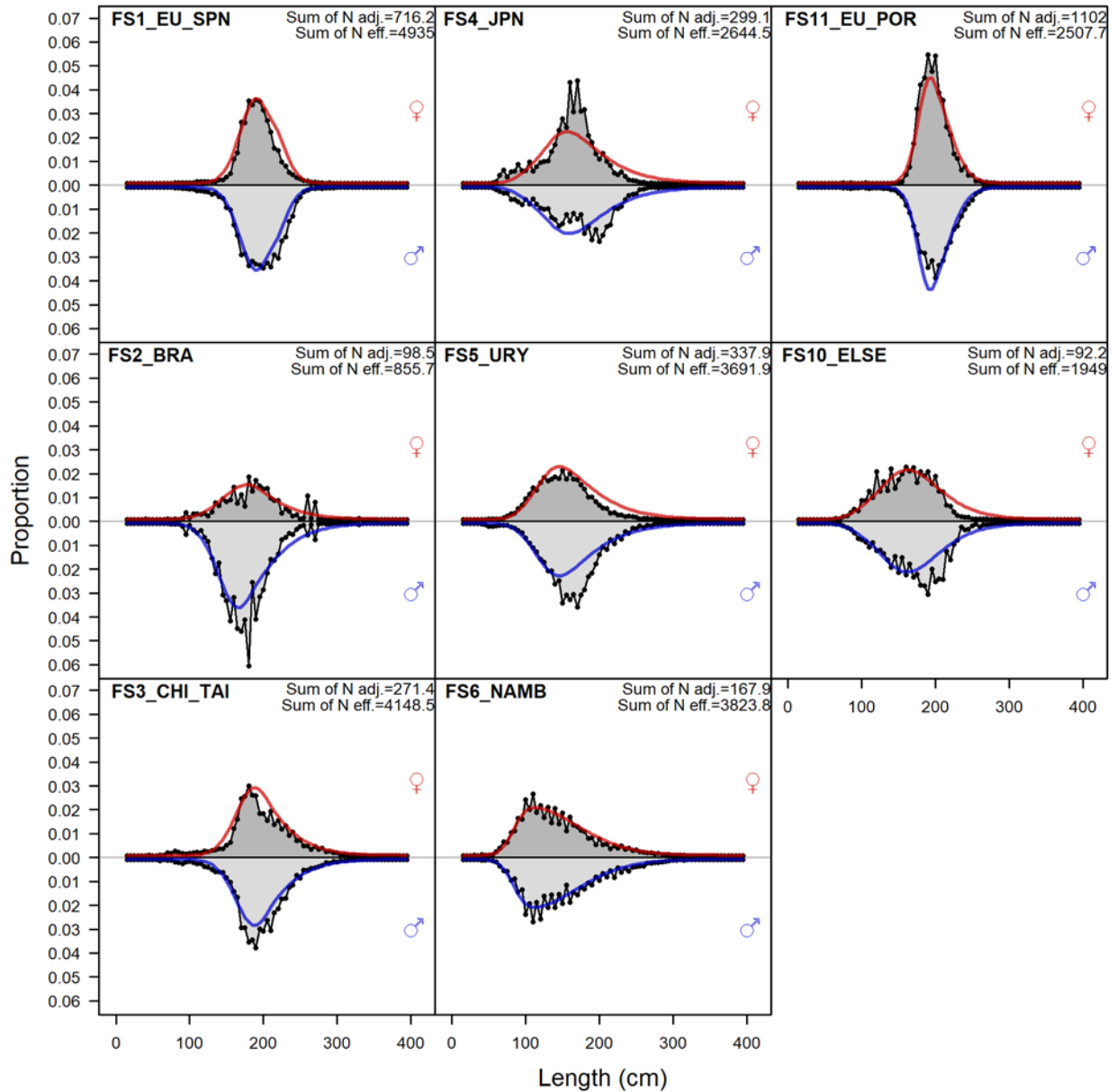


Figure 15. Fit to the aggregated length time series for south BSH Stock synthesis model reference case.

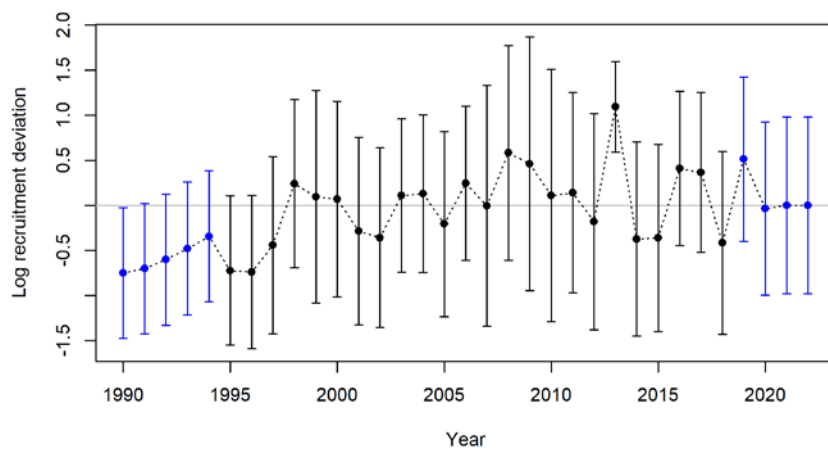


Figure 16. Recruitment deviations for the south BSH Stock synthesis model reference case.

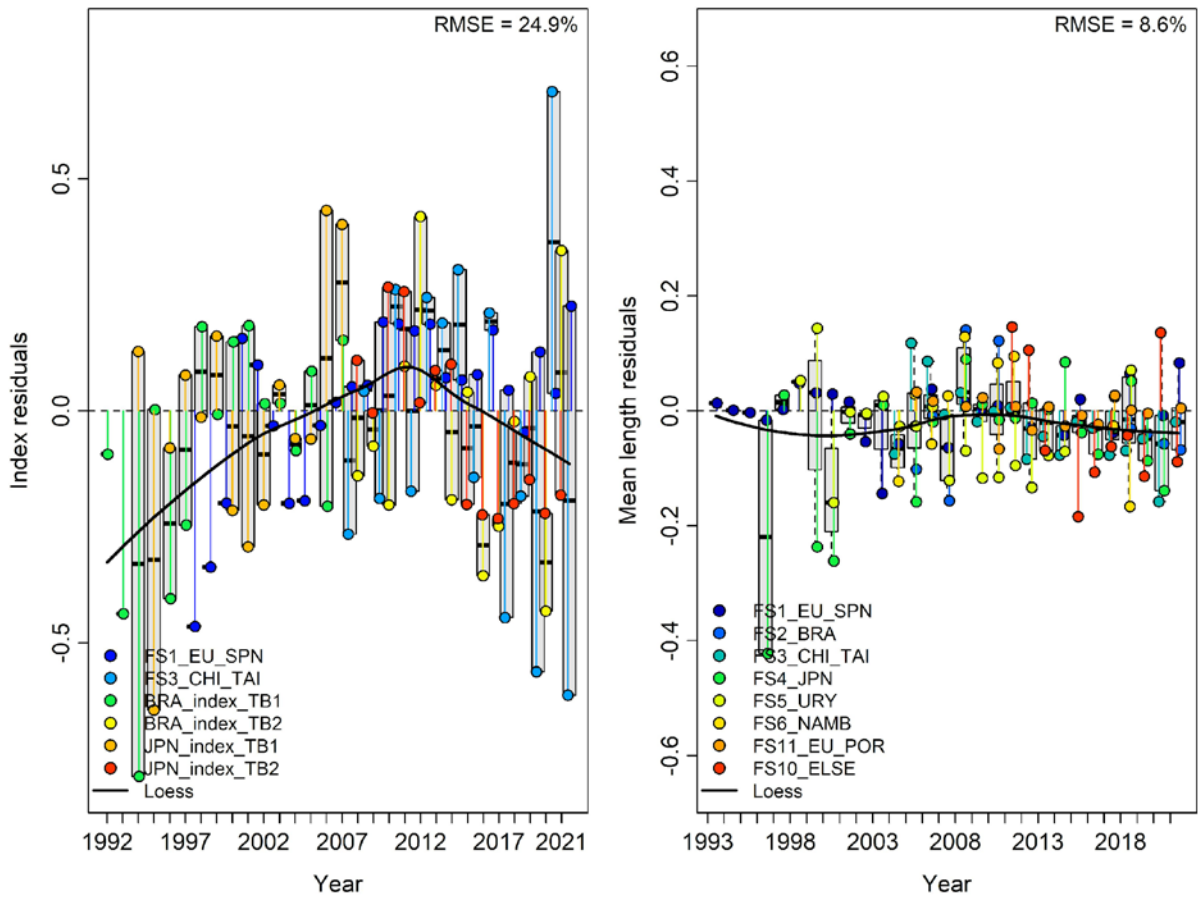


Figure 17. The joint residuals plot for the index (left panel) and length composition (right panel) fits for the south BSH Stock synthesis model reference case.

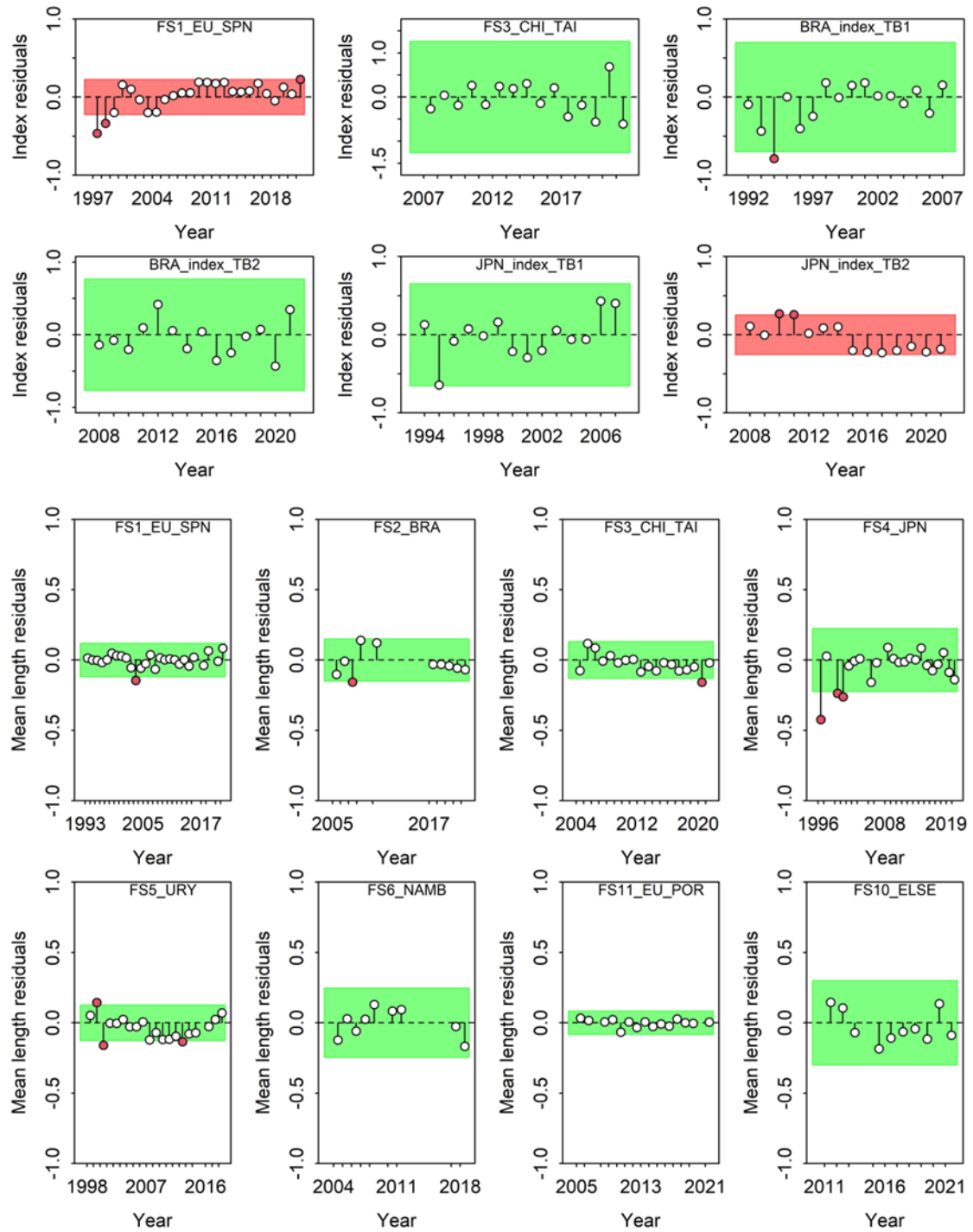


Figure 18. The runs test for the index (upper panel) and length composition (lower panel) fits for the south BSH Stock synthesis model reference case.

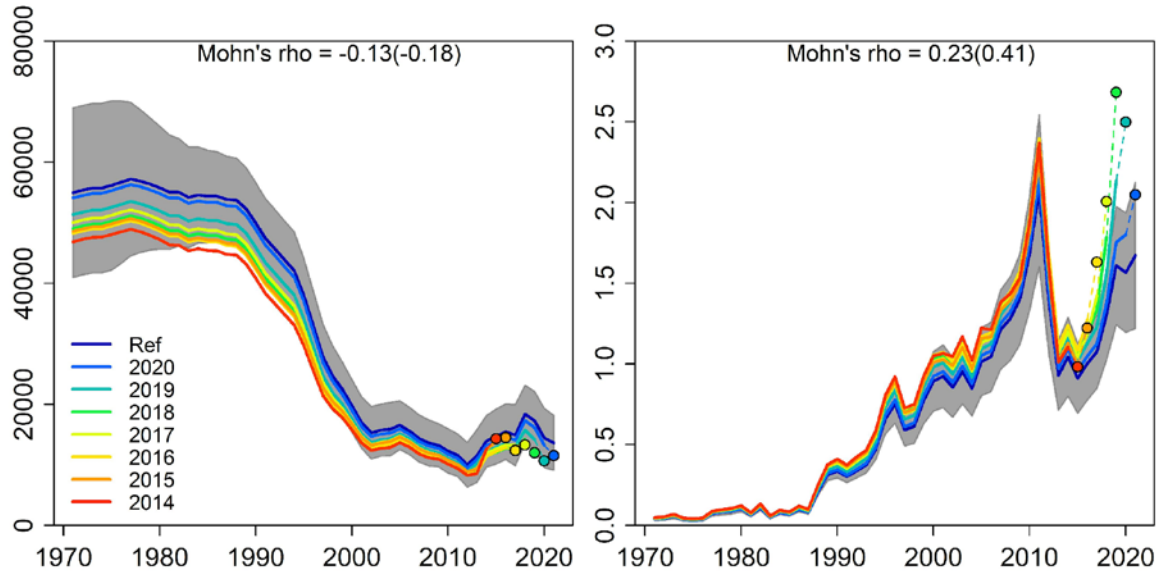


Figure 19. The retrospective analysis for the spawning output (left panel) and F (right panel) for the south BSH Stock synthesis model reference case.

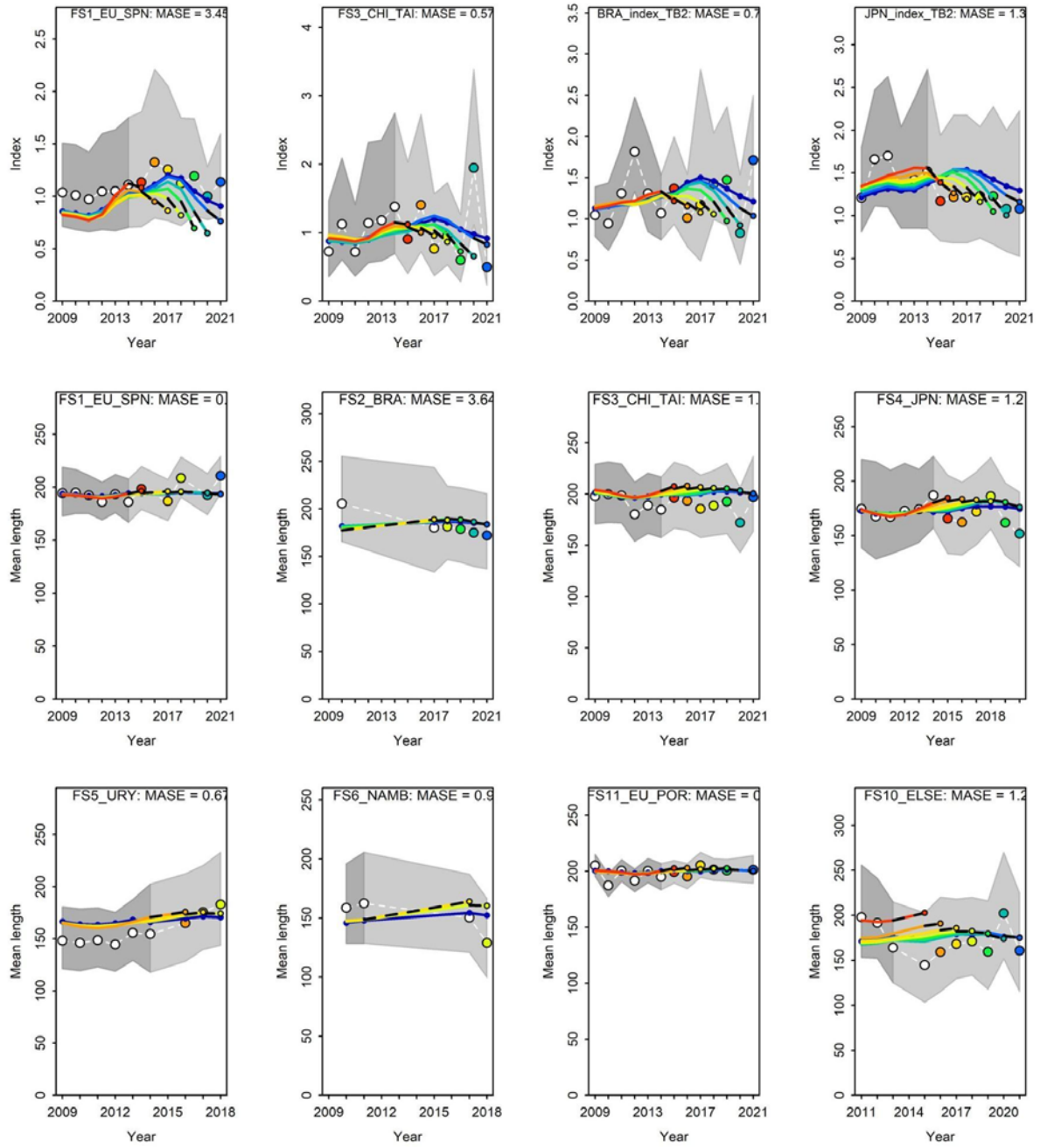


Figure 20. Hindcasting plots for the index (upper panel) and length fit (lower panel) for the south BSH Stock synthesis model reference case.

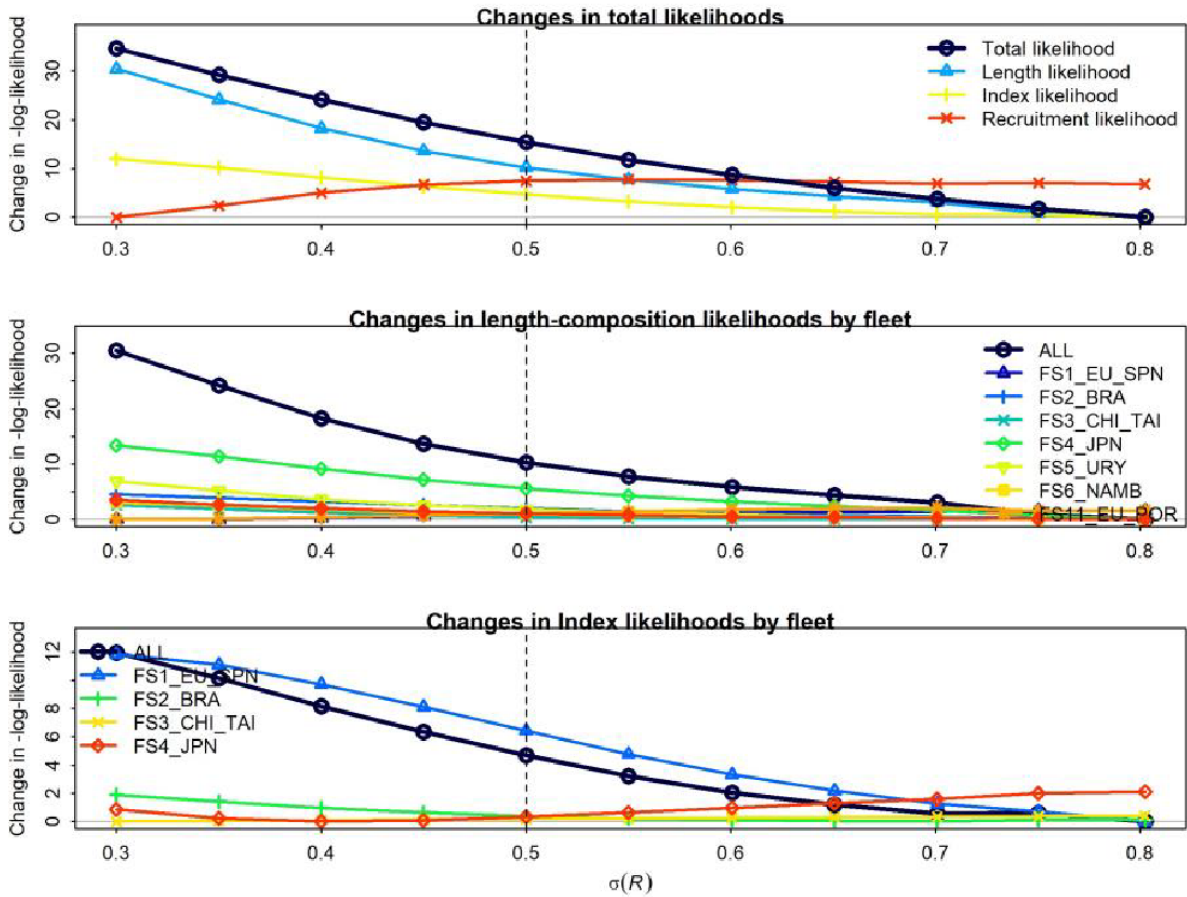


Figure 21. Likelihood profile for the southern stock SS3 model.

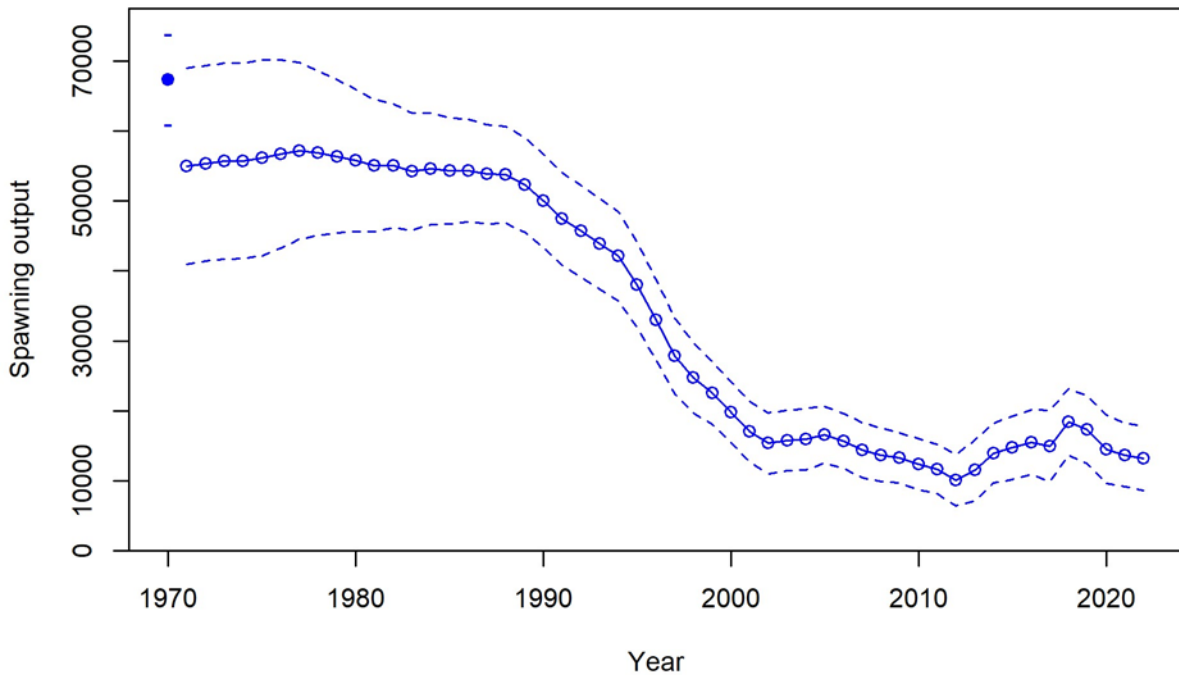


Figure 22. Spawning output estimates for the south BSH Stock synthesis model reference case.

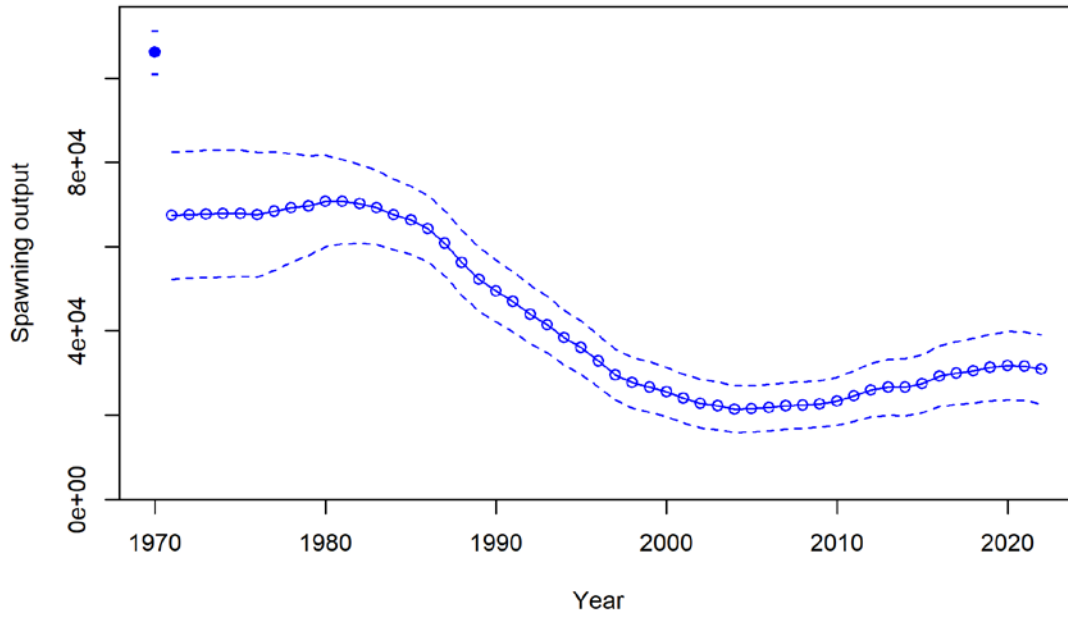


Figure 23. Stock Synthesis estimated time series of North Atlantic blue shark spawning stock output.

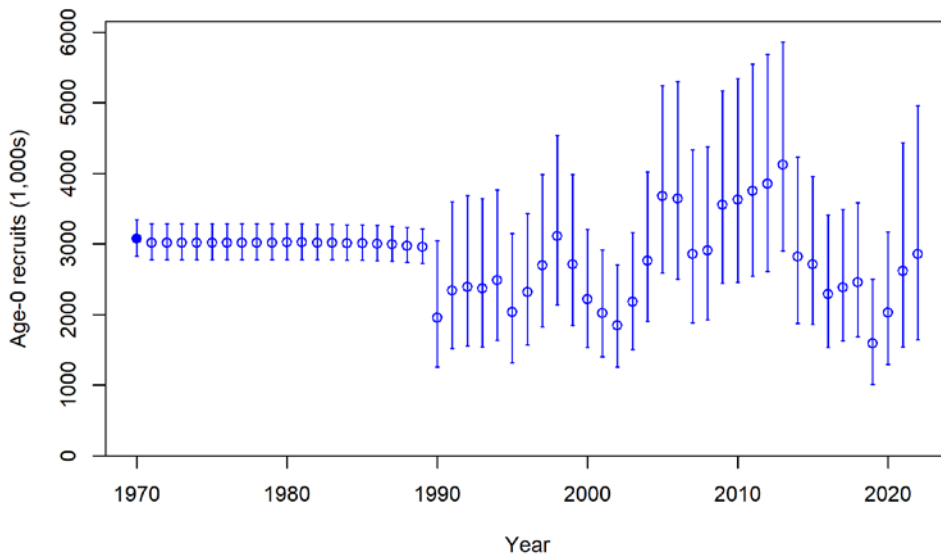


Figure 24. 2023 reference case Stock Synthesis North Atlantic blue shark model estimated recruitment showing the estimated annual age-0 recruitment (circles) with 95% asymptotic confidence intervals; recruitment in years prior to 1990 and after 2021 follows the stock recruitment relationship exactly.

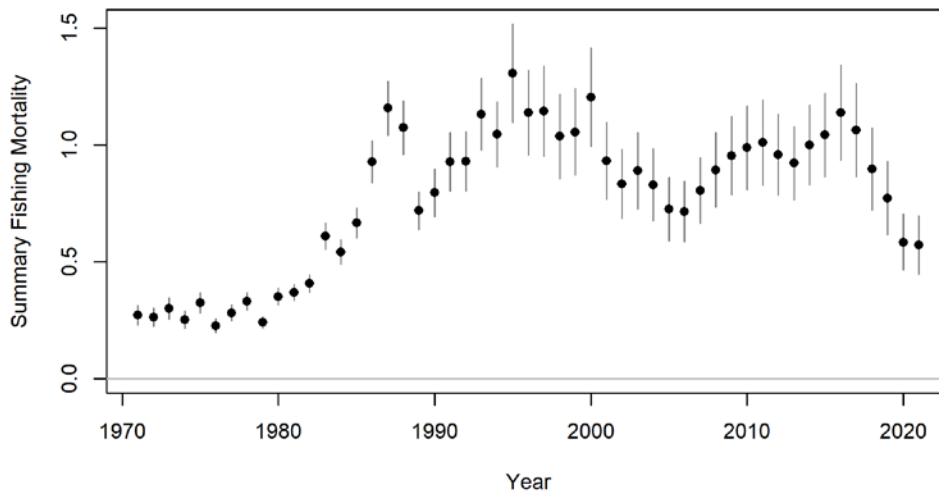


Figure 25. 2023 reference case Stock Synthesis North Atlantic blue shark model estimated instantaneous fishing mortality rates for all fleets combined (continuous F).

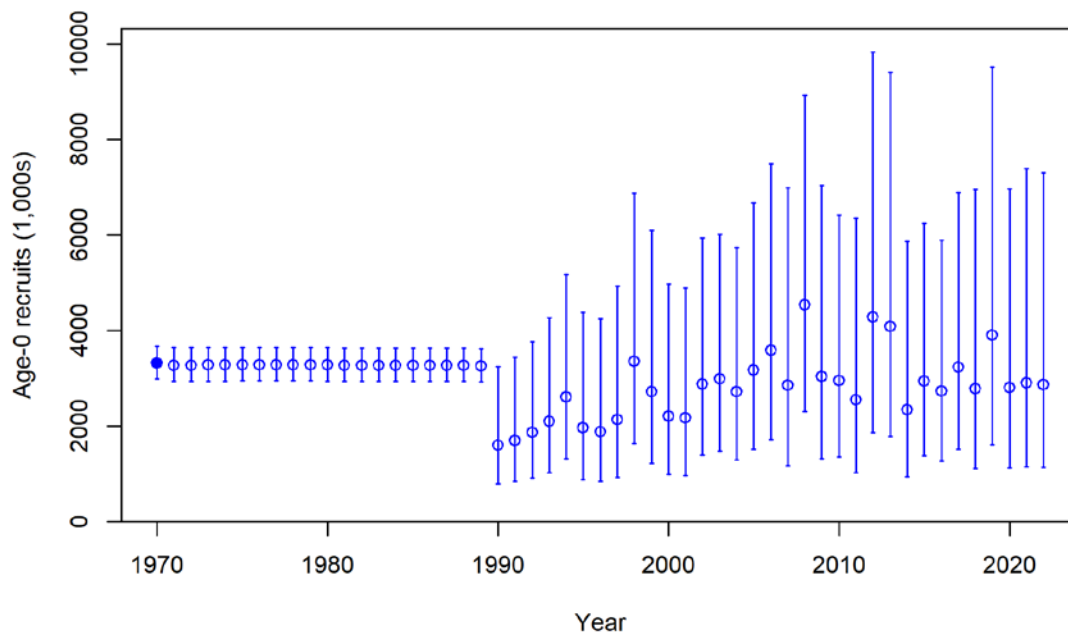


Figure 26. Stock Synthesis estimated time series of South Atlantic blue shark recruitments. Vertical bars indicate 95% CI.

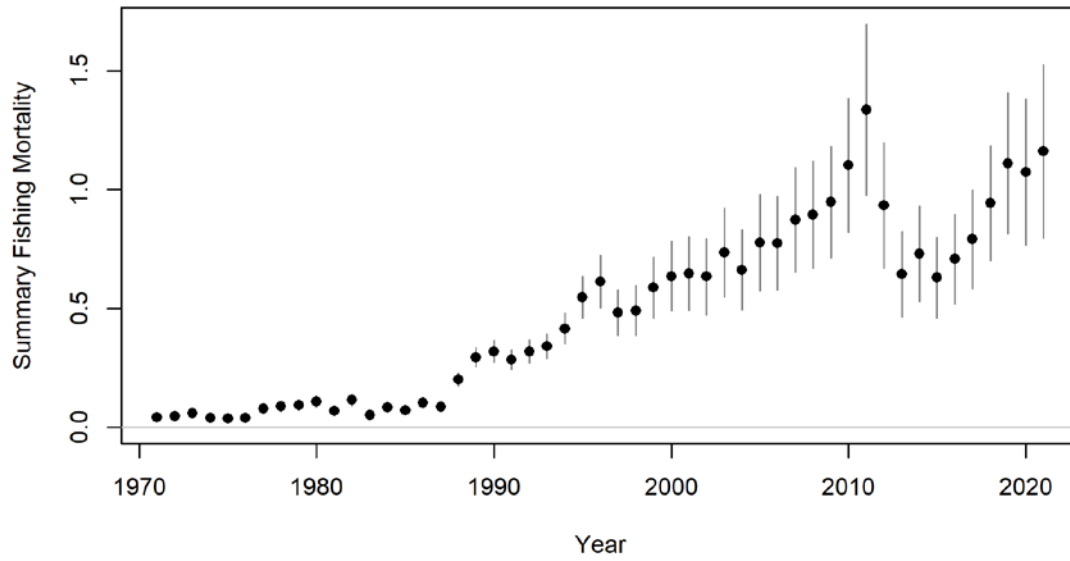


Figure 27. Stock Synthesis estimated time series of fishing mortality on South Atlantic blue shark. Vertical bars indicate 95% CI.

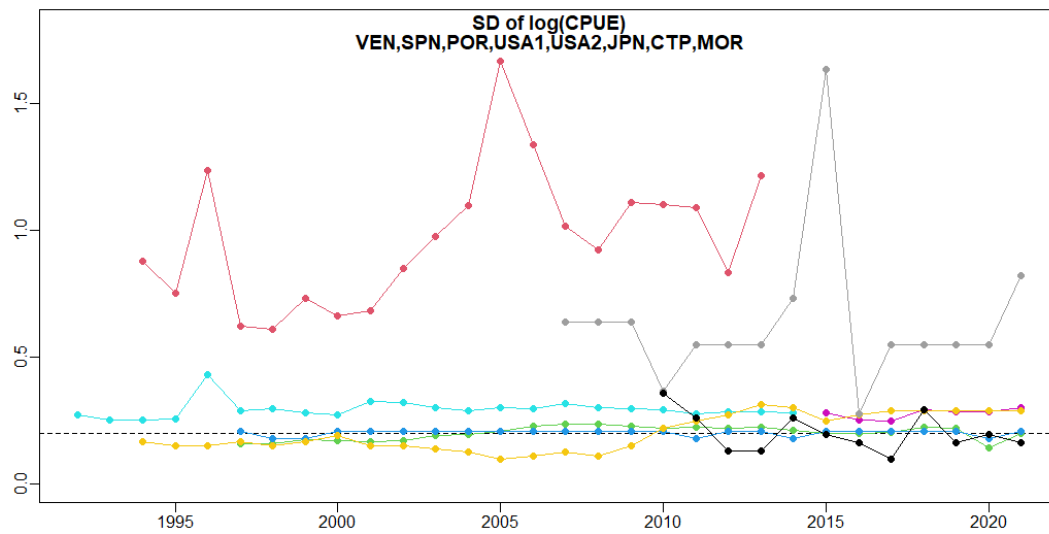


Figure 28. Annual values used as input standard deviation of log(CPUE) in the JABBA reference case for the North Atlantic blue shark stock. The colors correspond to Venezuela (red), Spain (green), Portugal (darker blue), USA1 (sky blue), USA2 (pink), Japan (yellow), Chinese Taipei (grey), Morocco (black).

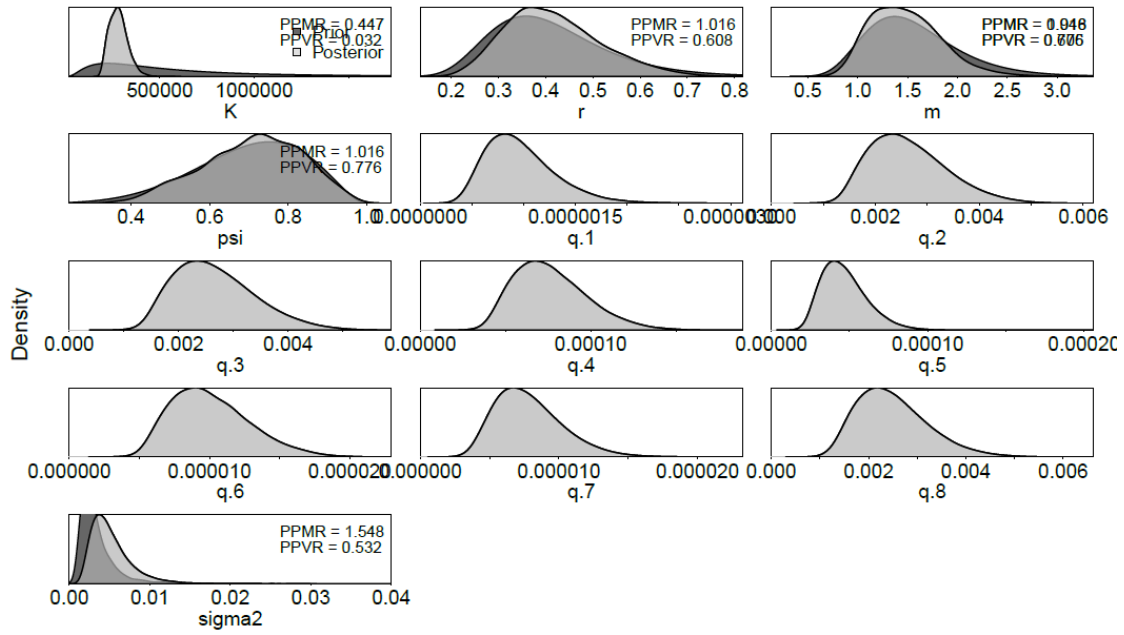


Figure 29. Prior and posterior distributions of the JABBA reference case for the North Atlantic blue shark stock. PPMR: Posterior to Prior Ratio of Means; PPRV: Posterior to Prior Ratio of Variances.

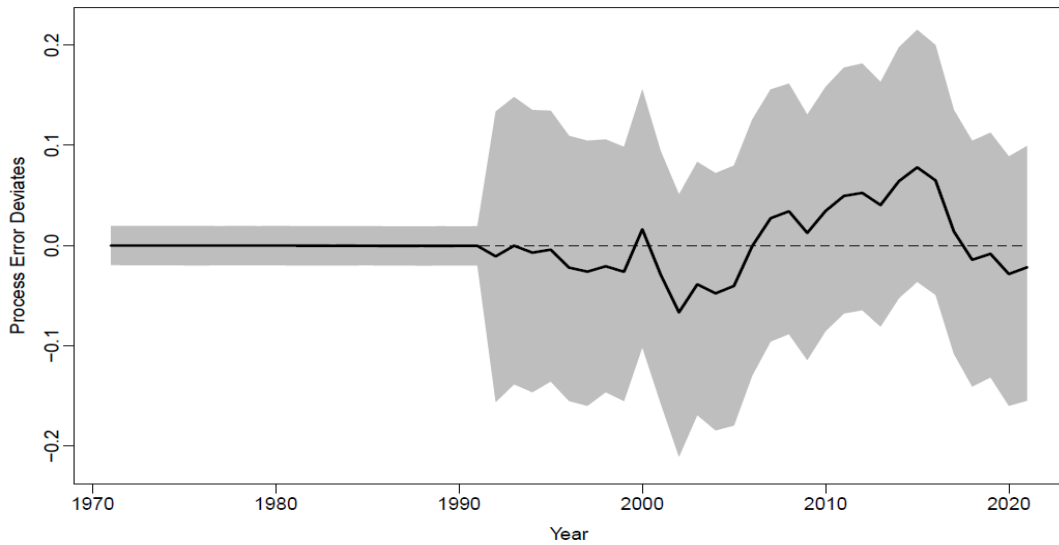


Figure 30. Process error deviates for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The solid line is the posterior median, and the shaded grey area indicates 95% posterior probability intervals.

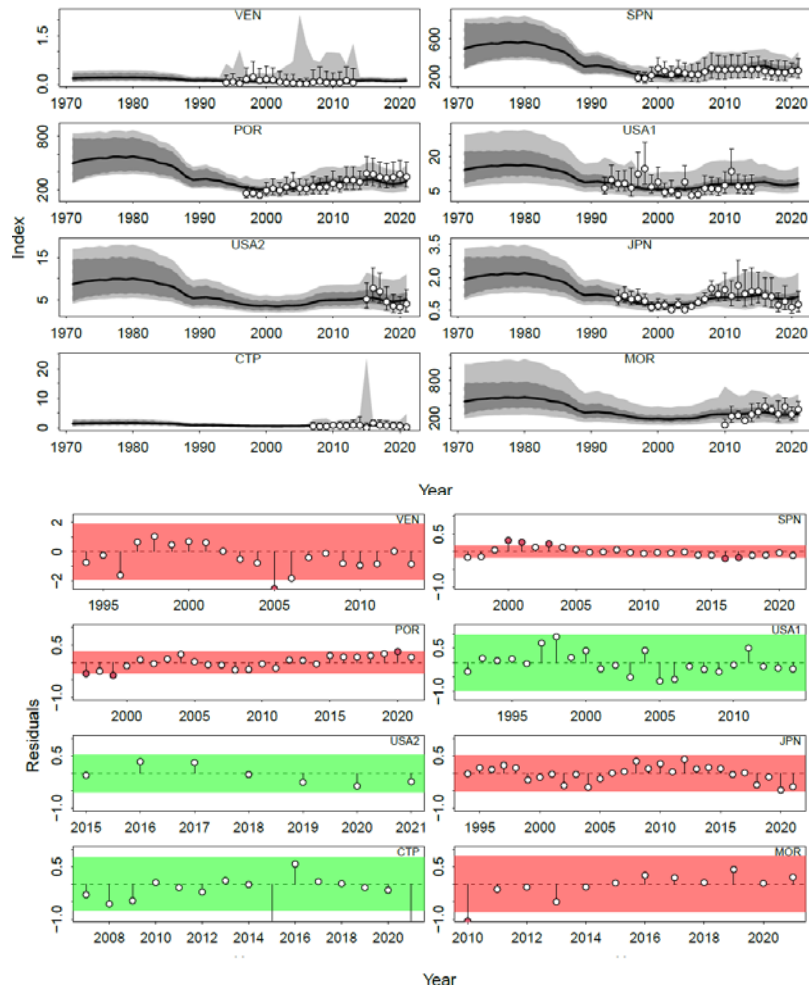


Figure 31. Top panels: Time series of observed (circle) and predicted (solid black line) CPUE of the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The dark grey shaded areas show 95% posterior probability intervals of the expected mean CPUE, and the light grey shaded areas denote the 95% posterior predictive distribution intervals. Bottom panels: Runs tests to evaluate the randomness of the time series of CPUE residuals by fleet for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. Green panels indicate no evidence of lack of randomness of time-series residuals ($p > 0.05$) while red panels indicate possible autocorrelation. 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).

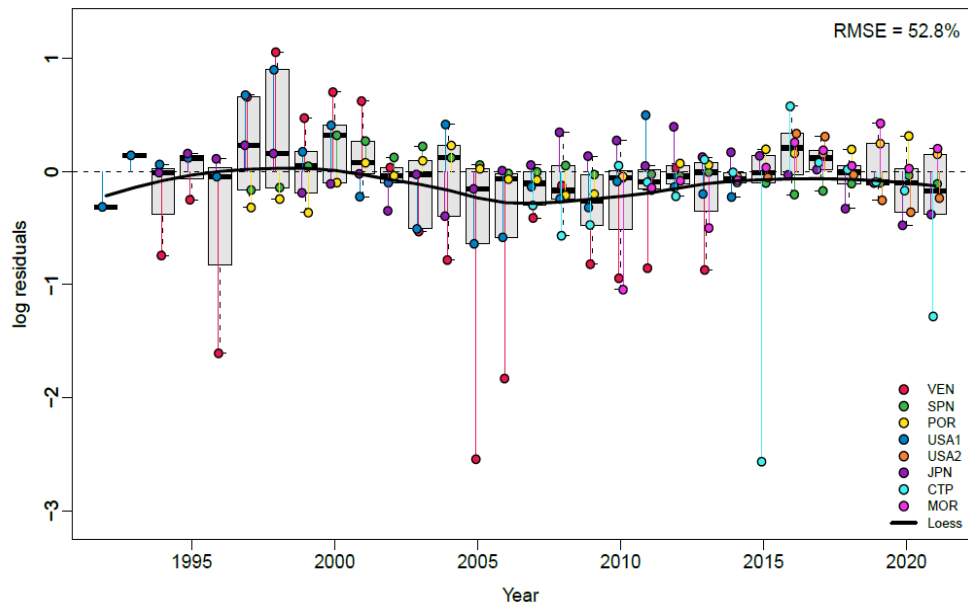


Figure 32. Residual diagnostic plots of $\log(\text{CPUE})$ indices for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. Boxplots indicate the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a LOESS smoother through all residuals.

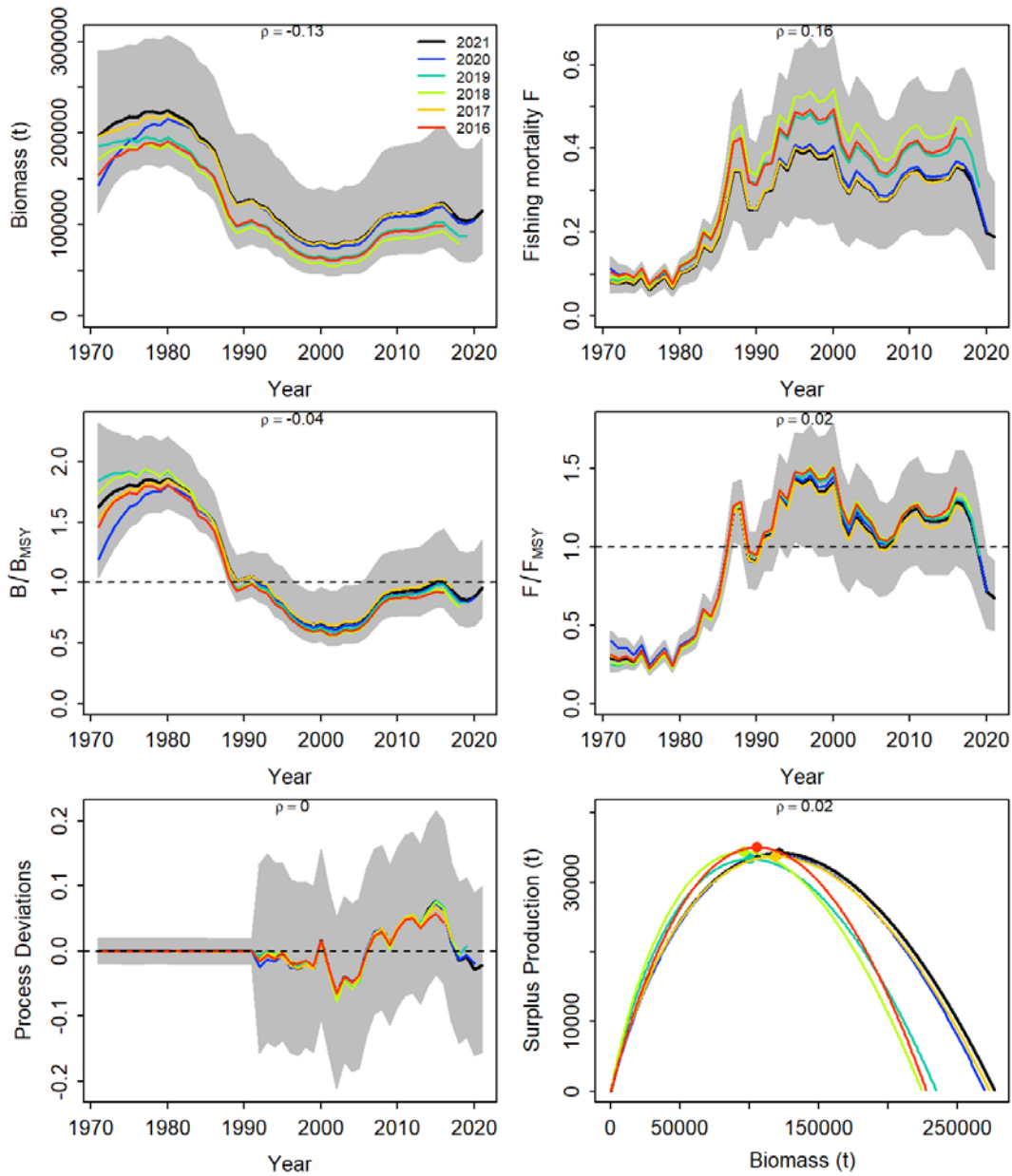


Figure 33. Retrospective analysis of the North Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one year at a time sequentially (up to 5 years) and estimating the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).

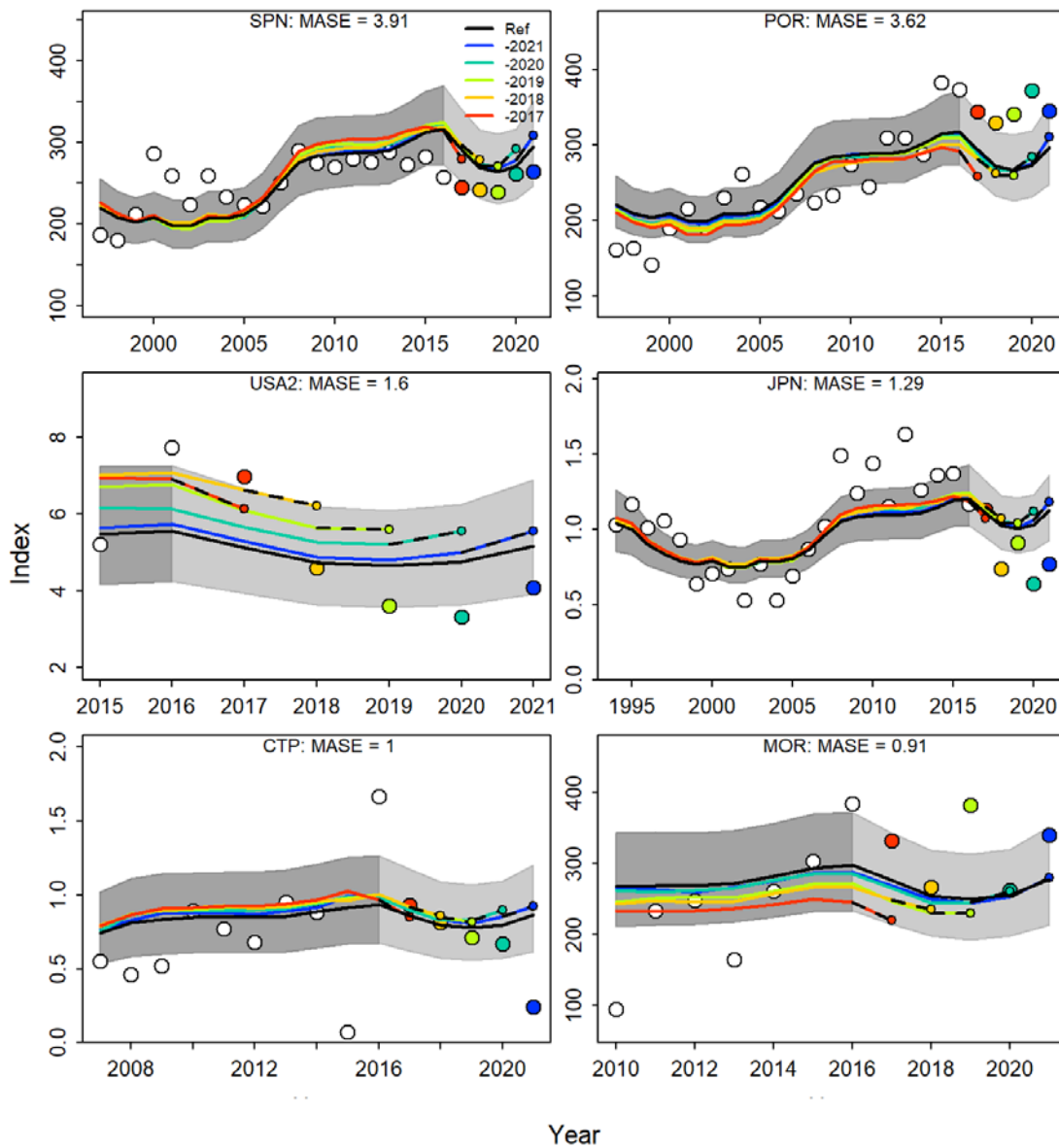


Figure 34. Hindcasting cross-validation results for the North Atlantic blue shark JABBA reference case, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2017-2021), performed with five hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, used for cross-validation, are highlighted as color-coded solid circles with associated light-grey shaded 95% confidence interval. The model reference year refers to the end points of each one-year-ahead forecast and the corresponding observation (i.e. year of peel + 1).

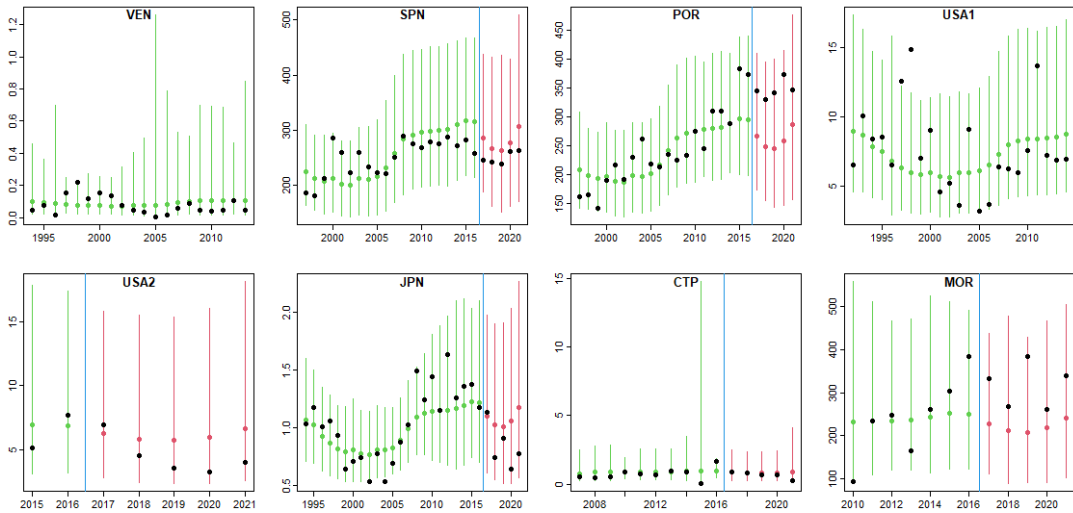


Figure 35. Posterior predictive intervals for CPUE values, taking into account the observation error of the CPUEs, for the North Atlantic blue shark JABBA reference case, from a model run deleting the last 5 years of CPUE data (2017-2021). Black dots are the observed CPUE values, and the posterior predictive intervals (90% probability) are colored green and red for the years in which the CPUE values were included or excluded from the model run.

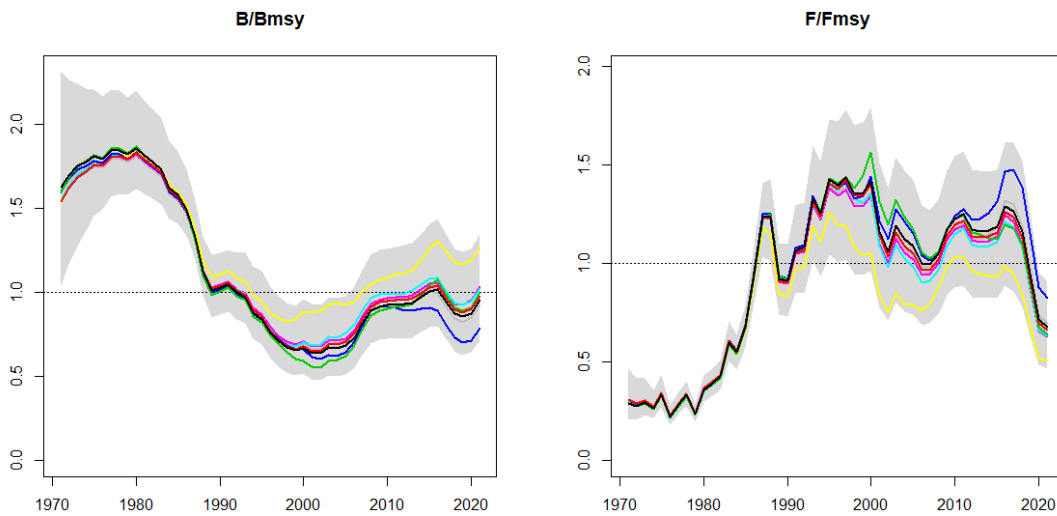


Figure 36. Jackknife analysis of the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The black lines and grey shaded intervals correspond to the reference case, and the colored lines to the same model fitted after removing one CPUE series at a time. The blue line is the fit when removing the Portuguese CPUE series and the yellow line the fit when removing the Japanese CPUE series.

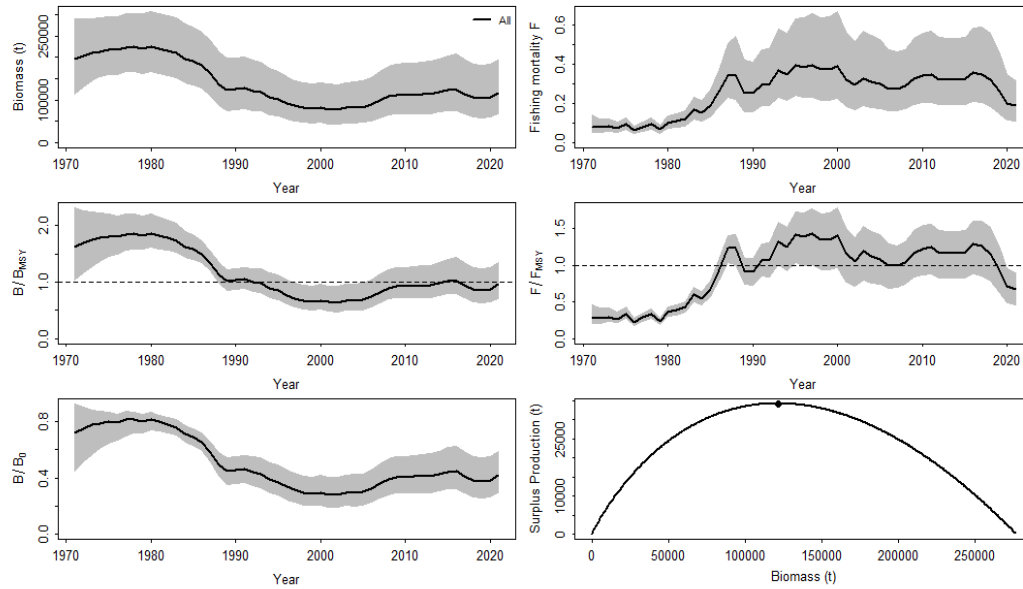


Figure 37. Annual stock trends as estimated by the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The solid line represents the median value, and the shaded area indicates the 95% posterior probability interval.

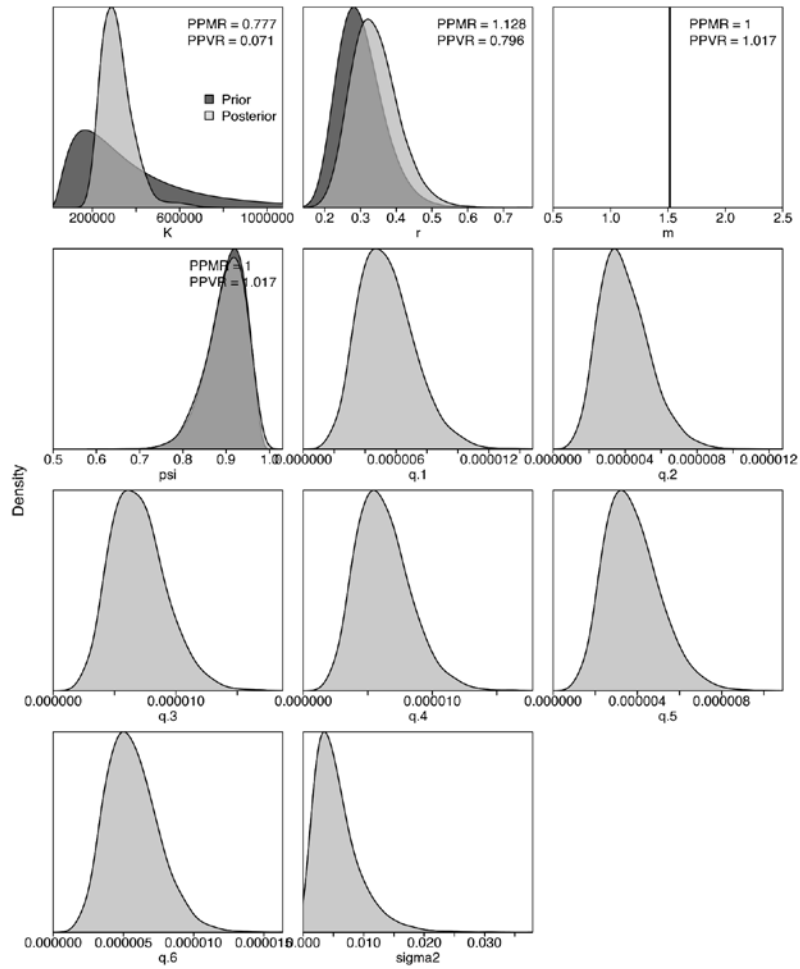


Figure 38. Prior and posterior distributions of the JABBA reference case for the South Atlantic blue shark stock. PPMR: Posterior to Prior Ratio of Means; PPVR: Posterior to Prior Ratio of Variances.

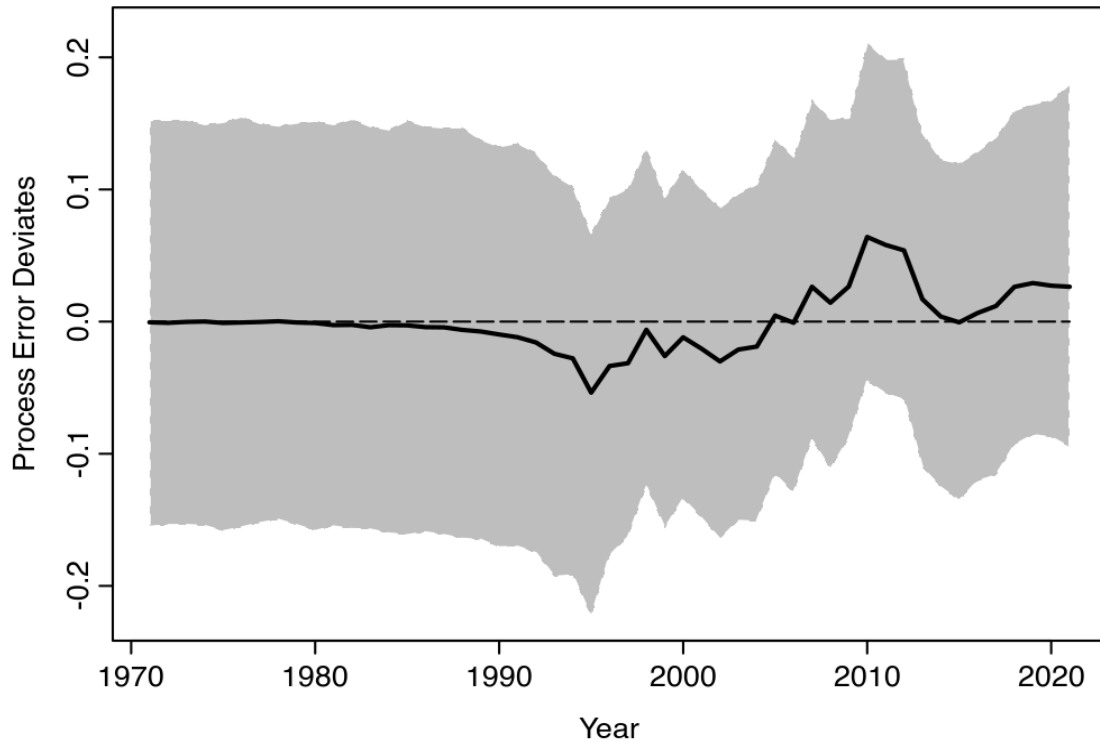


Figure 39. Process error deviates (median: solid line) for the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. The shaded grey area indicates 95% credibility intervals.

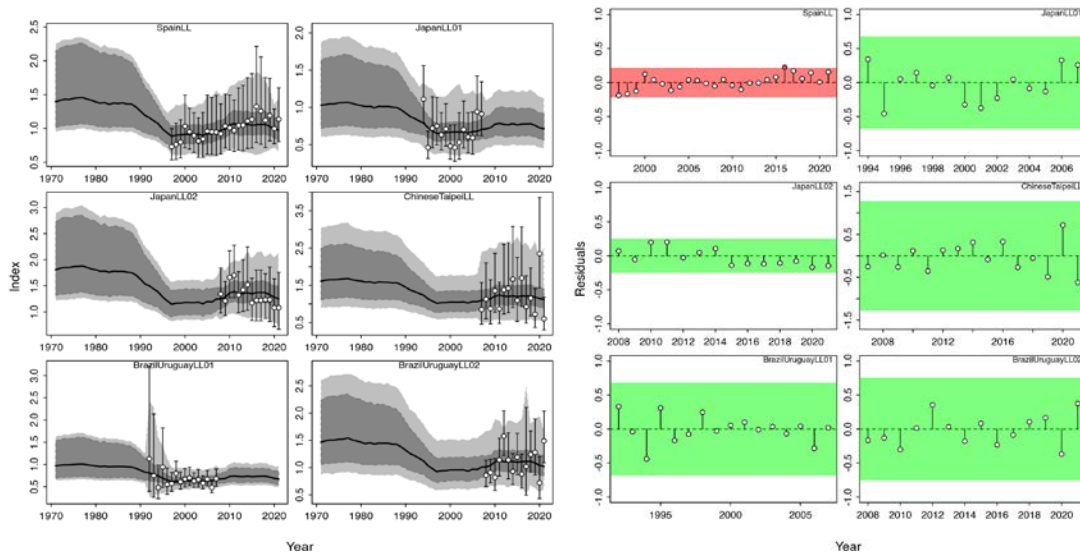


Figure 40. Left panels: Time series of observed (circle, input data) and predicted (solid line) CPUE of the South Atlantic blue shark JABBA reference case. The dark grey shaded areas show 95% credibility intervals of the expected mean CPUE, and the light grey shaded areas denote the 95% posterior predictive distribution intervals. Right panels: Runs tests to evaluate the randomness of the time series of CPUE residuals by fleet for the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. Green panels indicate no evidence of lack of randomness of time-series residuals ($p > 0.05$) while red panels indicate possible autocorrelation. 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).

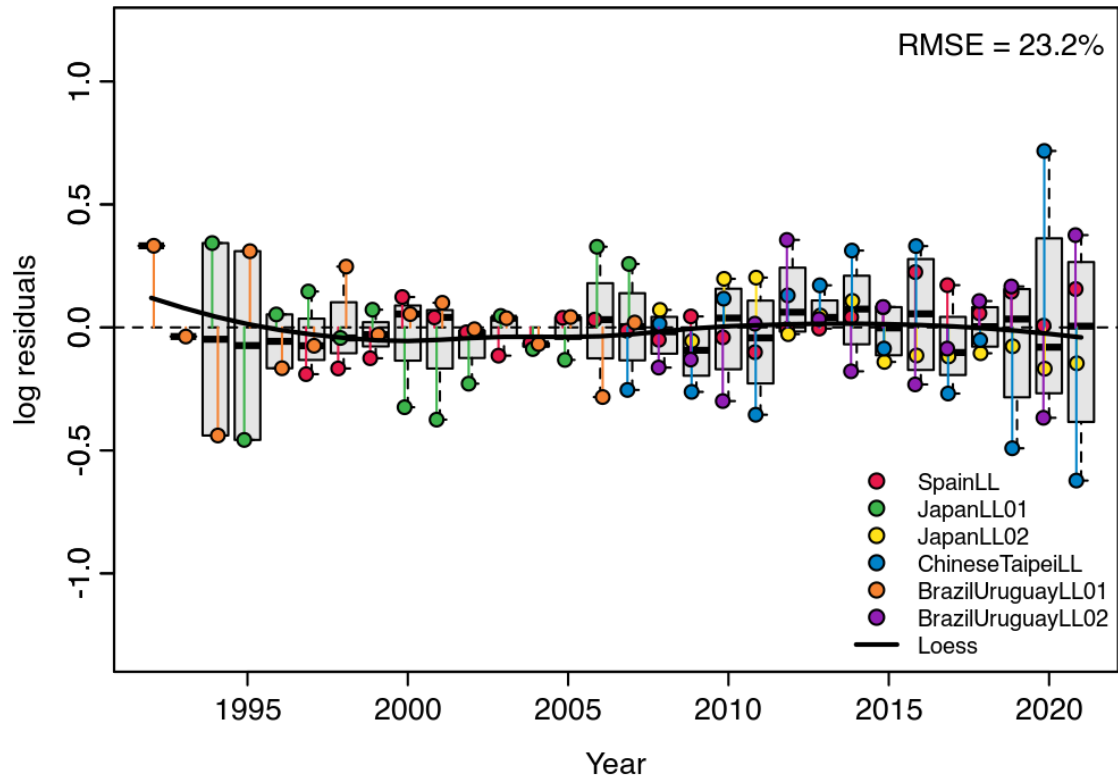


Figure 41. Residual diagnostic plots of CPUE indices for the South Atlantic blue shark JABBA reference case. Boxplots indicate the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a LOESS smoother through all residuals.

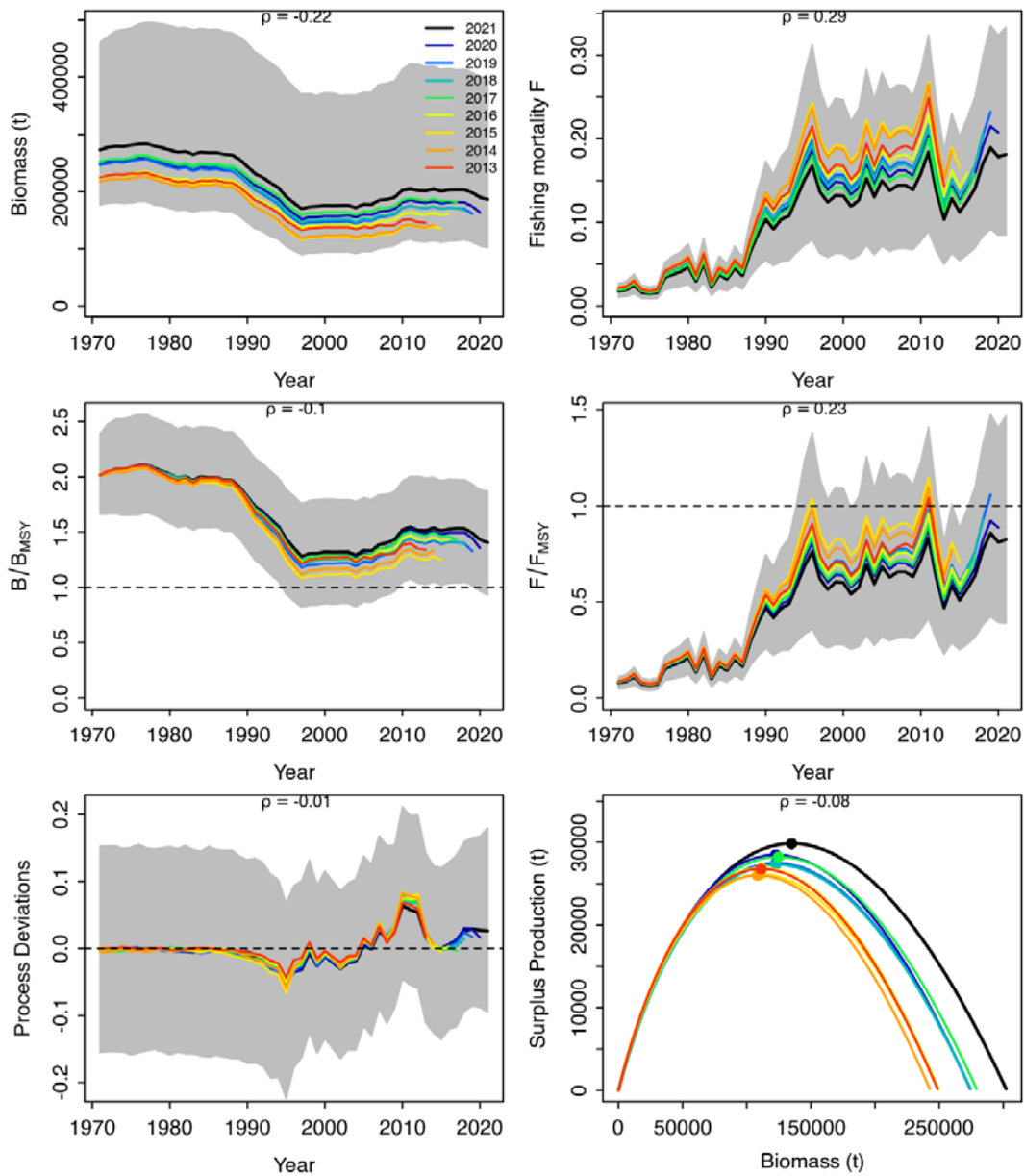


Figure 42. Retrospective analysis of the South Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one year at a time sequentially ($n=5$) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).

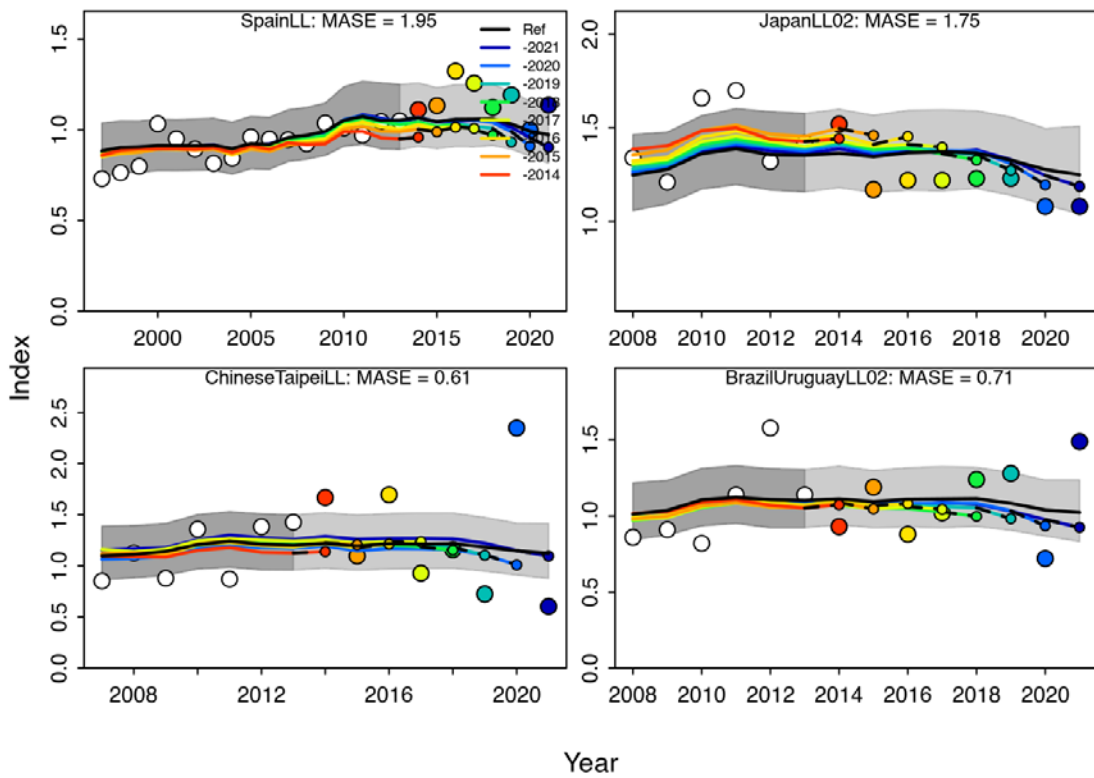


Figure 43. Hindcasting cross-validation results for the South Atlantic blue shark JABBA reference case, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2017-2021), performed with five hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, used for cross-validation, are highlighted as color-coded solid circles with associated light-grey shaded 95% confidence interval. The model reference year refers to the end points of each one-year-ahead forecast and the corresponding observation (i.e. year of peel + 1).

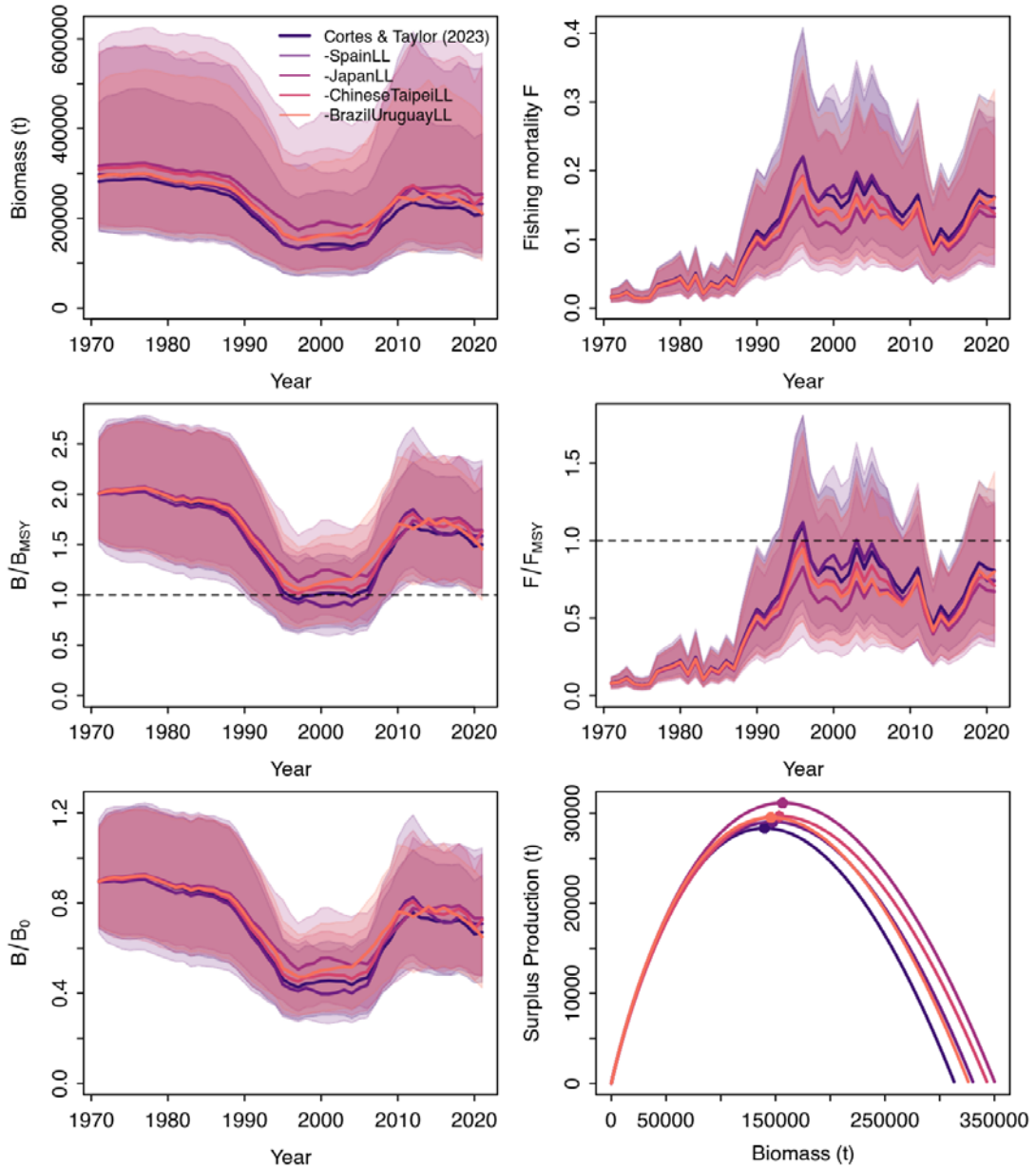


Figure 44. Jackknife index analysis of the South Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one CPUE fleet at a time and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).

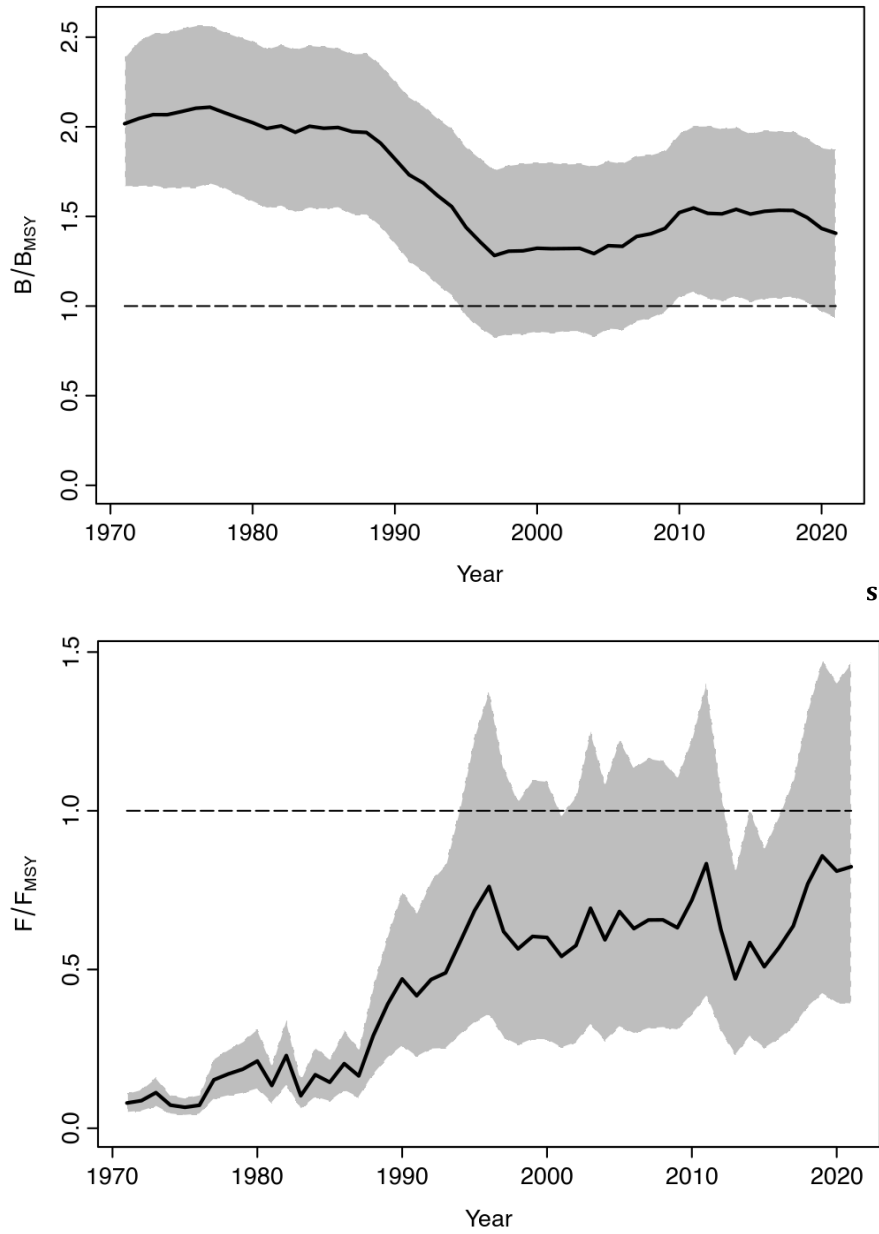


Figure 45. Annual trends of B/B_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (bottom) as estimated by the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. The solid line represents the median value, and the shaded area indicates the 95% credibility interval.

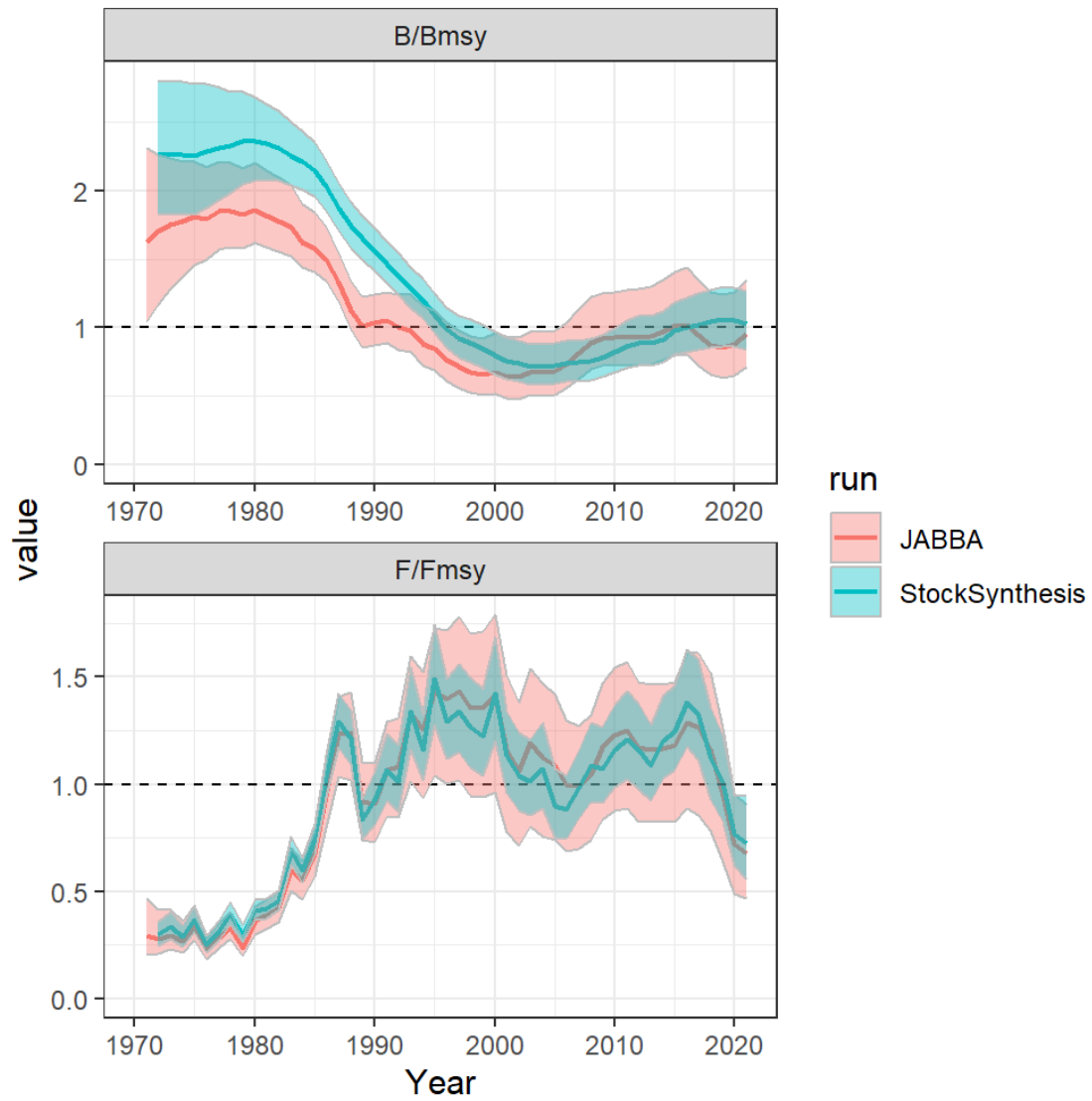


Figure 46. Estimated annual trends from JABBA (orange lines) and Stock Synthesis (green lines) for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% CI (JABBA: 100,000 iterations, Stock Synthesis: 100,000 iterations using MVLN).

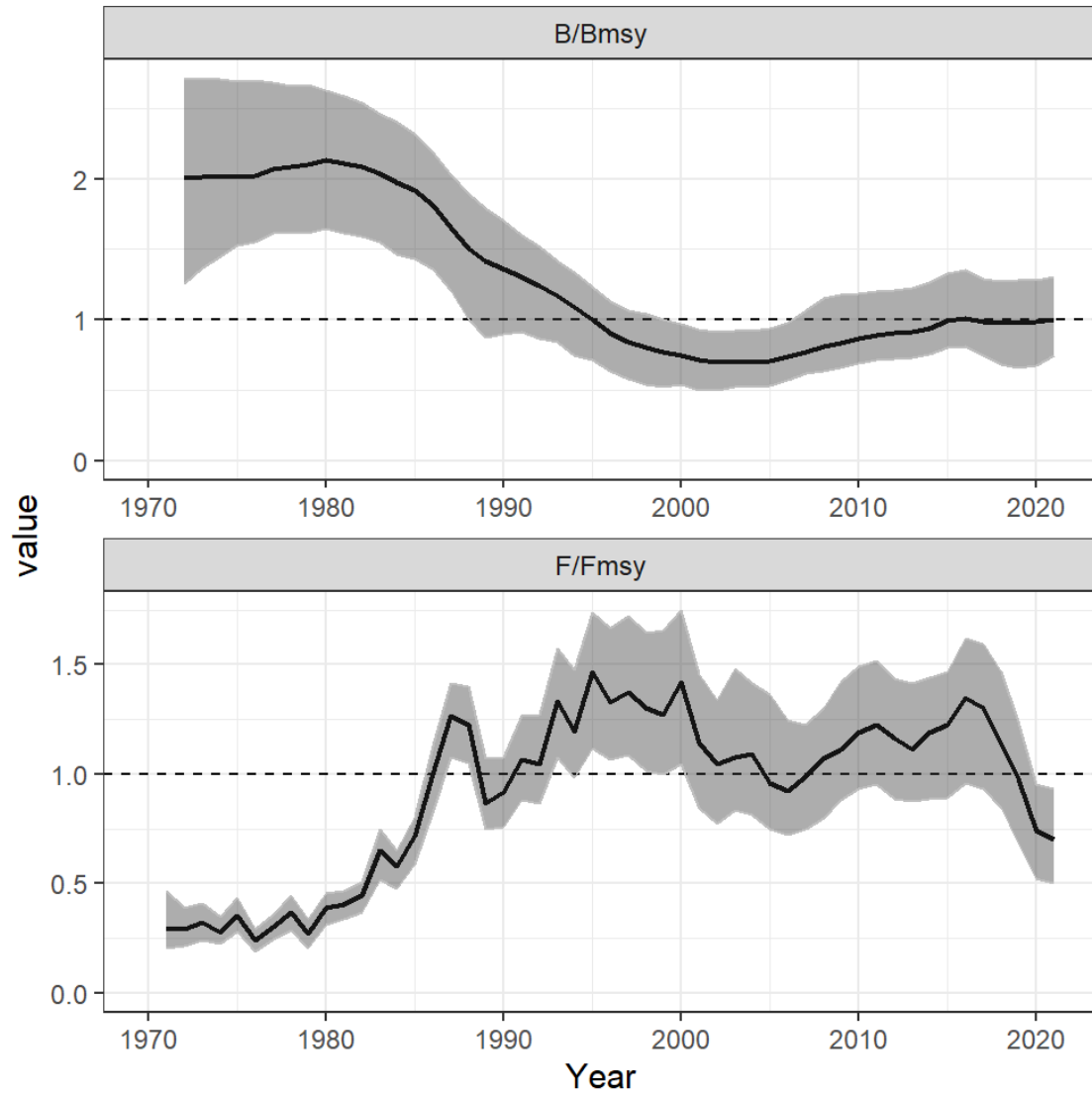


Figure 47. Joint time series of relative B and relative F and the Kobe phase plot were built with 100,000 iterations based on the Monte-Carlo multivariate lognormal (MVLN) approach for the Stock Synthesis reference case and 100,000 MCMC samples from the JABBA reference case.

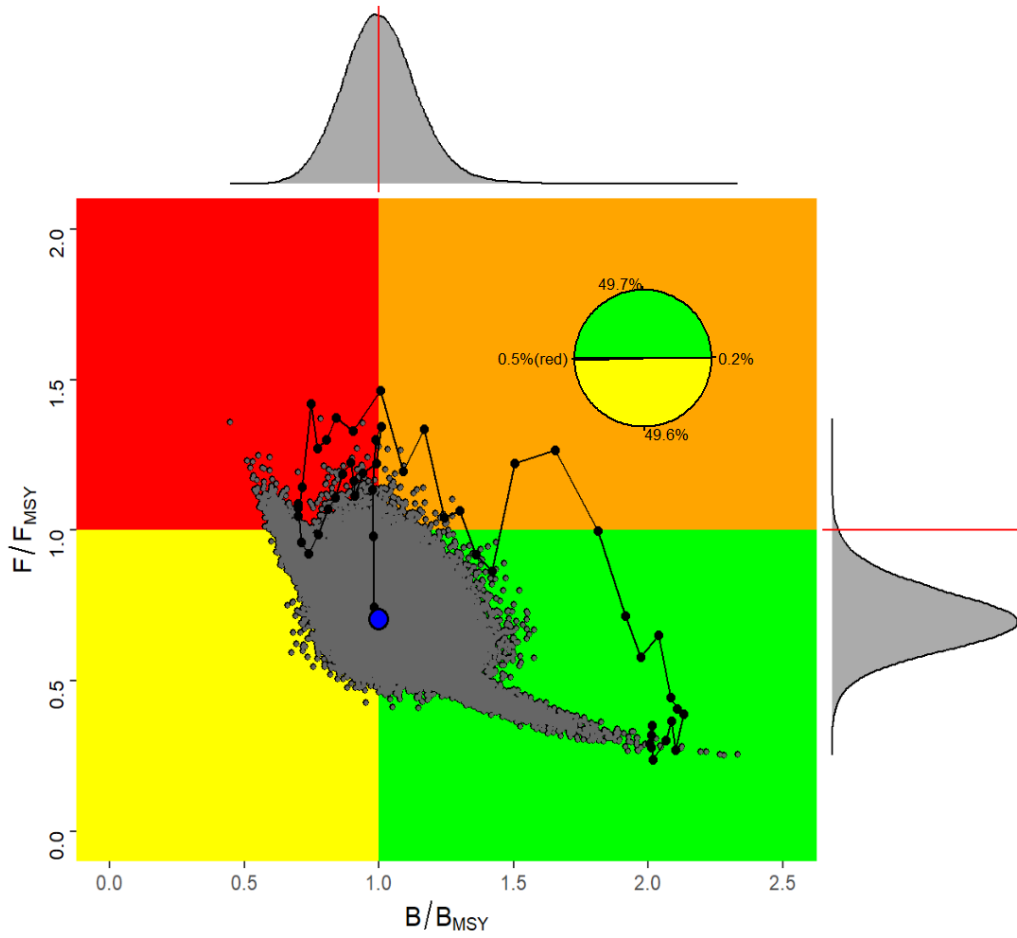


Figure 48. Joint Kobe phase plot from JABBA and Stock Synthesis for the North Atlantic blue shark stock. Solid black dots and solid line indicate the stock status trajectory, with the blue dot indicating the terminal year (2021), grey dots are the interactions from each model for the terminal year with the marginal distributions plotted in the lateral axis.

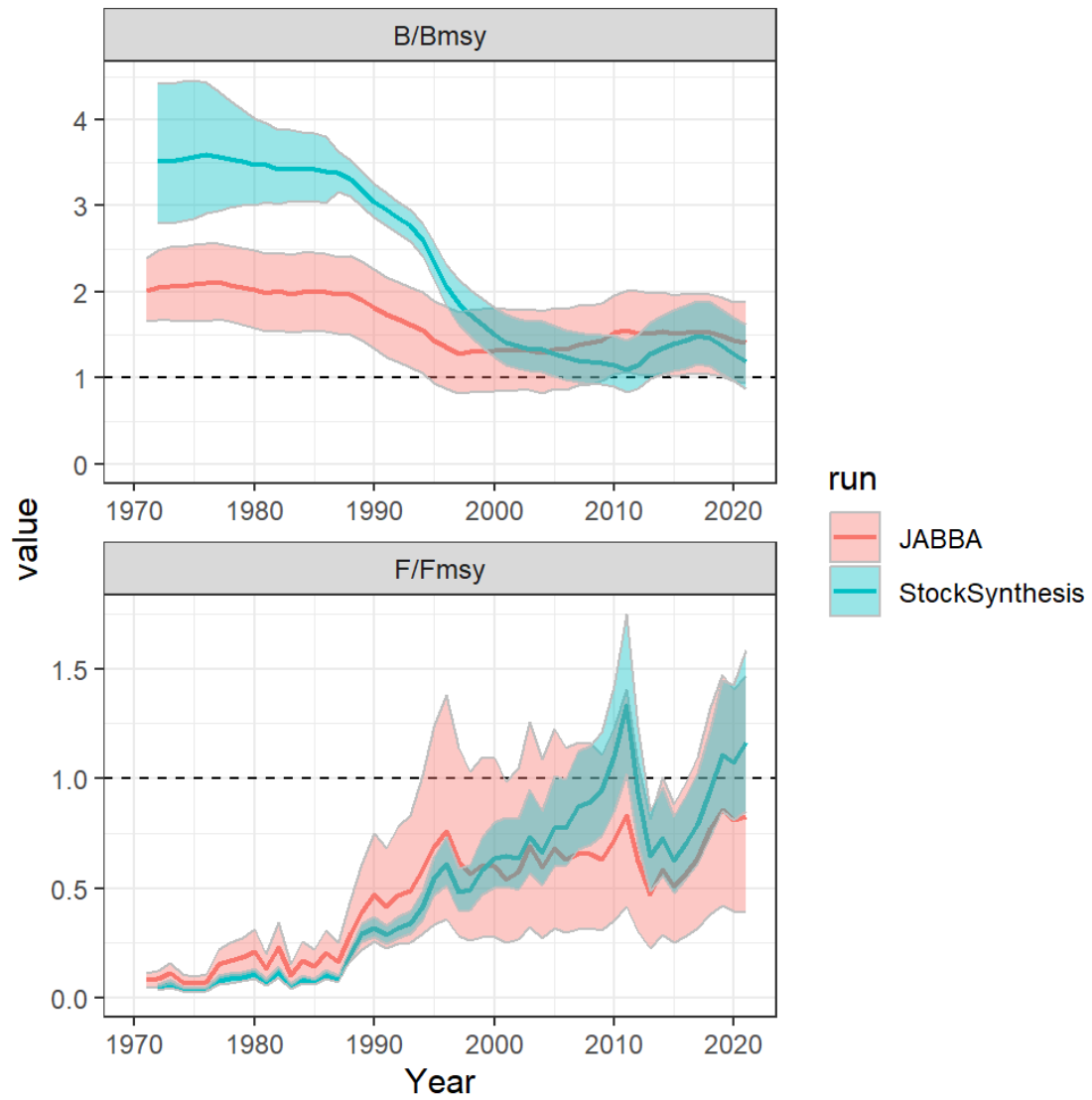


Figure 49. Estimated annual trends from JABBA (orange lines) and Stock Synthesis (green lines) for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% CI (JABBA: 15,000 iterations, Stock Synthesis: 15,000 iterations using MVLN).

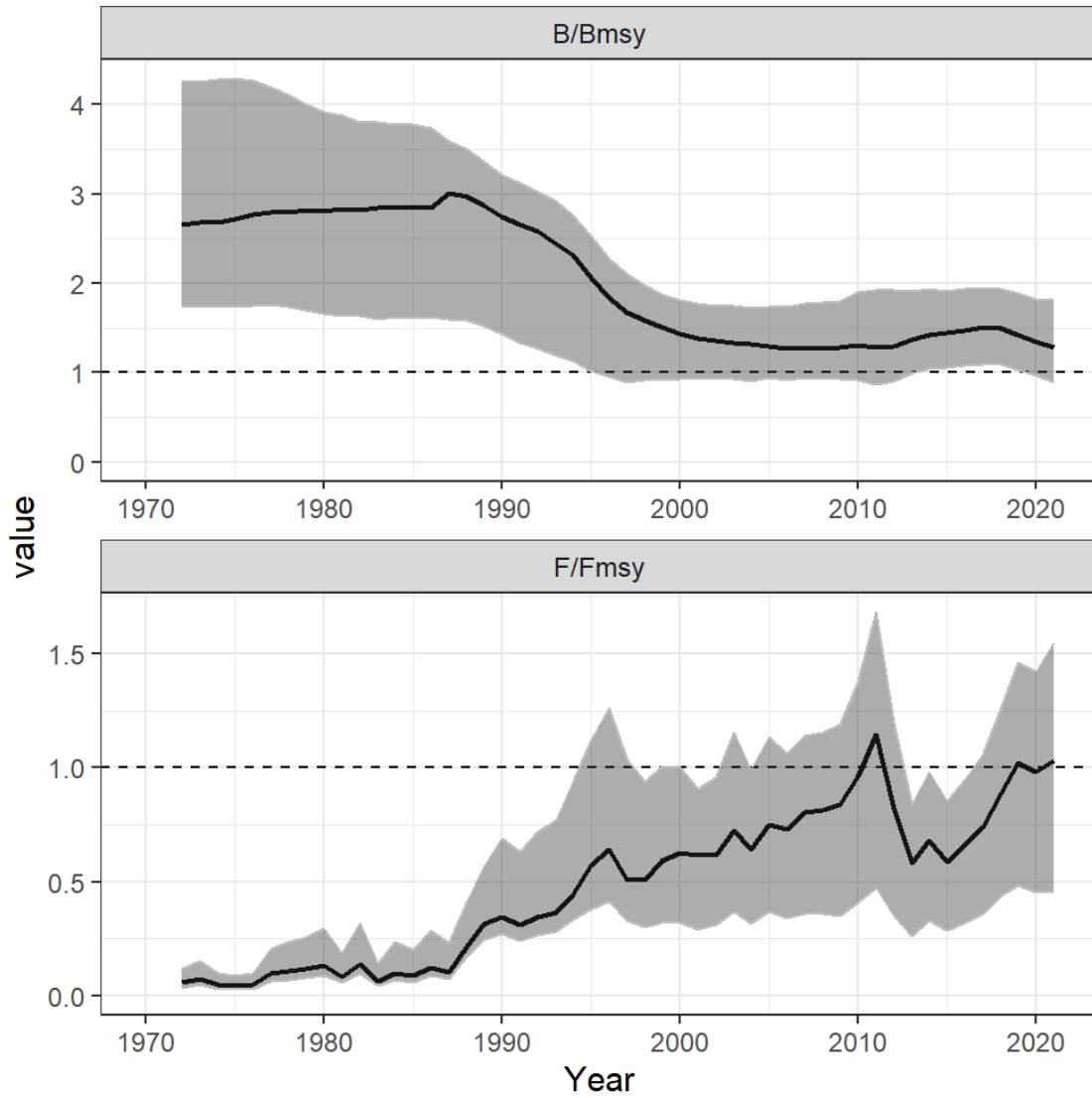


Figure 50. The combined results between JABBA and Stock Synthesis for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% confidence interval using 30,000 iterations from JABBA (15,000 iterations) and Stock Synthesis (15,000 iterations using MVLN).

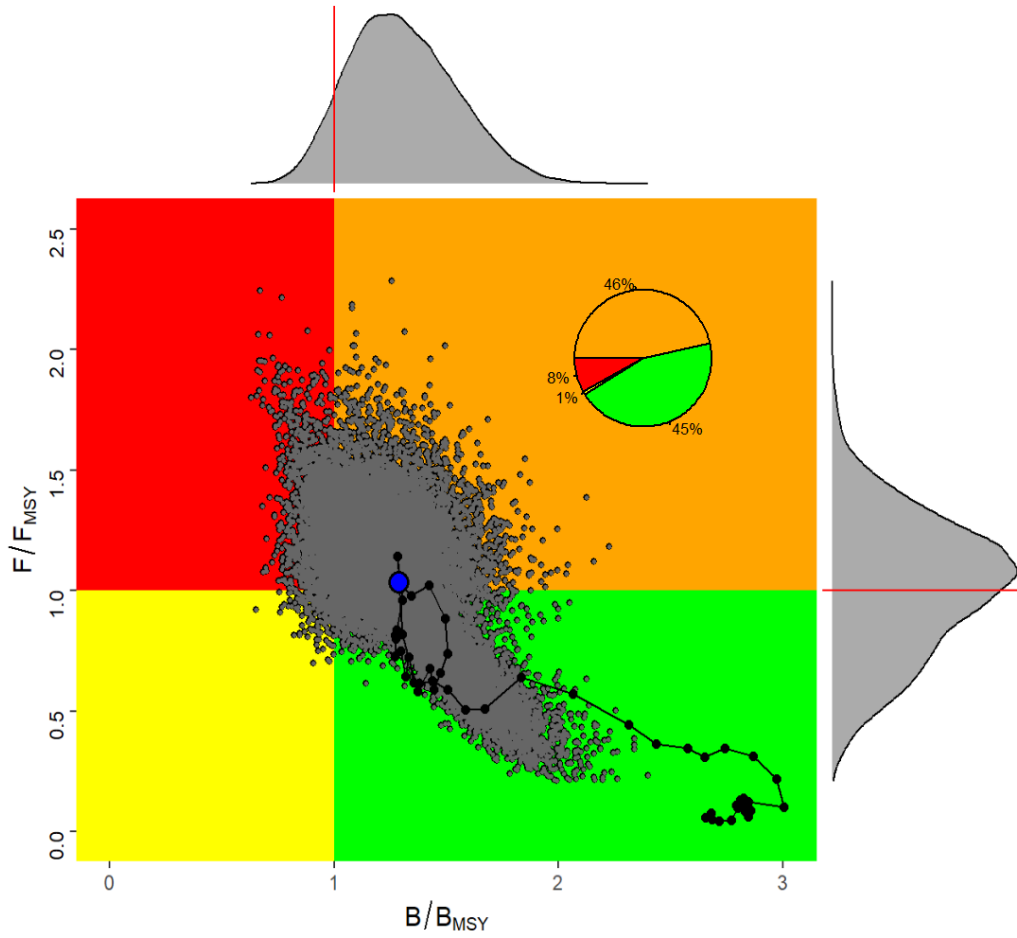


Figure 51. Joint Kobe phase plot from JABBA and Stock Synthesis for the South Atlantic blue shark stock. Solid black dots and solid line indicate the stock status trajectory, with the blue dot indicating the terminal year (2021), grey dots are the interactions from each model for the terminal year with the marginal distributions plotted in the lateral axis.

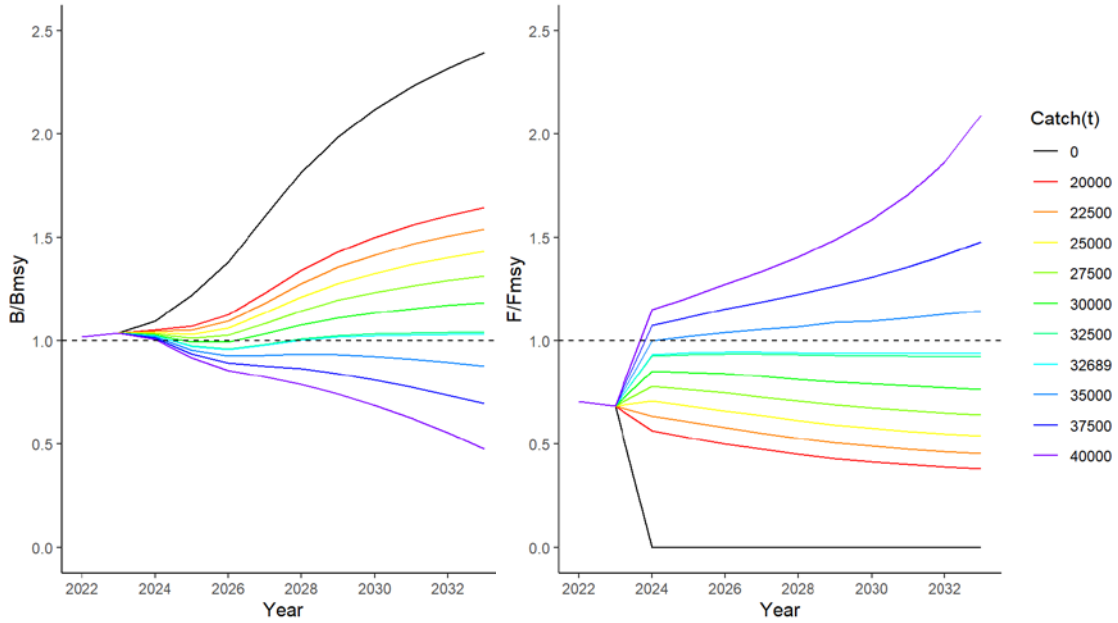


Figure 52. Projections for B/B_{MSY} and F/F_{MSY} based on both Stock Synthesis and JABBA reference cases for North Atlantic blue shark stock for various levels of future constant catch ranging from 20,000 – 40,000 t, including a zero-catch scenario starting in 2024. The initial catch for the years 2022-2023 was set to 23,418 t, which is the average catch of the recent 3 years (2019-2021). The projections are run until 2033 (10 years).

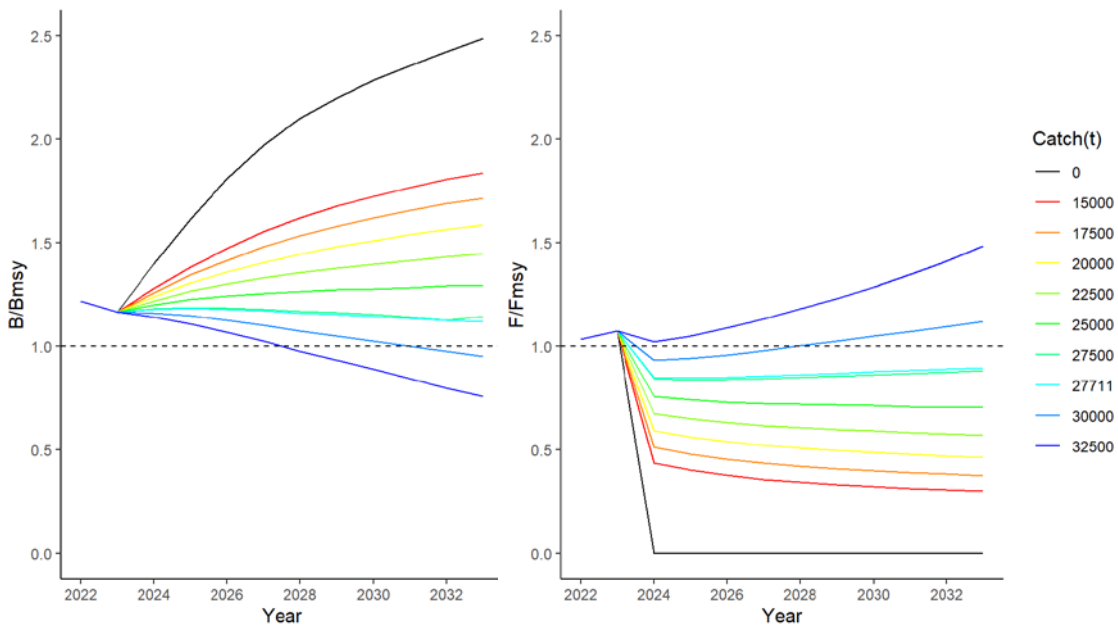


Figure 53. Projections for B/B_{MSY} and F/F_{MSY} based on both Stock Synthesis and JABBA reference cases for South Atlantic blue shark stock for various levels of future constant catch ranging from 15,000 – 32,500 t, including a zero-catch scenario starting in 2024. The initial catch for the years 2022-2023 was set to 34,983 t, which is the average catch of the recent 3 years (2019-2021). The projections are run until 2033 (10 years).

Agenda

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements
2. Summary of available data for assessment
 - 2.1 Stock identity
 - 2.2 Catches
 - 2.3 Indices of abundance
 - 2.4 Biology
 - 2.5 Length compositions
 - 2.6 Other relevant data
3. Methods and other data relevant to the assessment
 - 3.1 Production models
 - 3.2 Length-based age-structured models: Stock Synthesis
 - 3.3 Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA)
 - 3.4 Other methods
4. Stock status results
 - 4.1 Production models
 - 4.2 Stock Synthesis
 - 4.3 JABBA
 - 4.4 Other methods
 - 4.5 Synthesis of assessment results
5. Projections
6. Recommendations
 - 6.1 Research and statistics
 - 6.2 Management
7. Responses to the Commission
8. Shark Research and Data Collection Programme (SRDCP)
9. Other matters
10. Adoption of the report and closure

List of participants*¹

CONTRACTING PARTIES

ALGERIA

Ouchelli, Amar *

Sous-directeur de la Grande Pêche et de la Pêche Spécialisée, Ministère de la Pêche et des Productions Halieutiques,
Route des quatre canons, 16000 Alger
Tel: +213 550 386 938, Fax: +213 234 95597, E-Mail: amarouchelli.dz@gmail.com; amar.ouchelli@mpeche.gov.dz

Ali, Bouazza

Hai ibn sina n 148 bousfer village, 31014 Oran
Tel: +213 777 046 846, E-Mail: Bouazza.ali9@gmail.com

Tamourt, Amira ¹

Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques, 16100 Alger

BELIZE

Coc, Charles

Keystone Building, Suite 501, 304 Newtown Barracks, Belize City
Tel: +501 223 4918, E-Mail: charles.coc@bhsfu.gov.bz

Howe, Ernie

High Seas Fisheries Officer, Belize High Seas Fisheries Unit, Ministry of Finance, Government of Belize, Keystone Building, Suite 501, 304 Newtown Barracks, Belize City
Tel: +501 223 4918, Fax: +501 223 5087, E-Mail: ernie.howe@bhsfu.gov.bz

BRAZIL

Cardoso, Luis Gustavo

Federal University of Rio Grande - FURG, Italy Av. Carreiros Campus, 96203-900 Rio Grande - RS
Tel: +55 53 999010168, E-Mail: cardosolg15@gmail.com

Kikuchi, Eidi

Federal University of Rio Grande - Institute of Oceanography, 96201-900 Rio Grande
Tel: +55 53 991 641 561, E-Mail: eidikikuchi@hotmail.com

Sant'Ana, Rodrigo

Researcher, Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados - LEMA Escola Politécnica - EP, Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, Rua Uruquai, 458 - Bloco E2, Sala 108 - Centro, Itajaí, CEP 88302-901 Santa Catarina Itajaí
Tel: +55 (47) 99627 1868, E-Mail: rsantana@univali.br

CANADA

Bowlby, Heather

Research Scientist, Ecosystems and Oceans Science, 1 Challenger Drive, Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2
Tel: +1 902 456 2402, E-Mail: heather.bowlby@dfo-mpo.gc.ca

CHINA, (P.R.)

Feng, Ji

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai
Tel: +86 159 215 36810, E-Mail: fengji_shou@163.com; fji13_shou@yeah.net; 276828719@qq.com; f52e@qq.com

Geng, Ziyi

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai; E-Mail: 2227519912@qq.com

CÔTE D'IVOIRE

Konan, Kouadio Justin

Chercheur Hydrobiologiste, Centre de Recherches Océanologiques (CRO), 29 Rue des Pêcheurs, BP V 18, Abidjan 01
Tel: +225 07 625 271, Fax: +225 21 351155, E-Mail: konankouadjustin@yahoo.fr

* Head Delegate.

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

EGYPT

Ahmed Mahmoud, Reem
25 Elkoraany St, Suez, 8134805
Tel: +20 106 815 4856, E-Mail: reem_95_ahmed@yahoo.com

Elsawy, Walid Mohamed
Associate Professor, National Institute of Oceanography and Fisheries, 210, area B - City, 5th District Road 90, 11311
New Cairo
Tel: +201 004 401 399, Fax: +202 281 117 007, E-Mail: walid.soton@gmail.com

Sayed Farrag, Mahmoud Mahrous
Associate Professor of Marine Biology, Zoology Department, Faculty of Science, Al-Azhar University, Assiut, 71511
Tel: +20 100 725 3531, Fax: +20 882 148 093, E-Mail: m_mahrousfarrag@yahoo.com

EUROPEAN UNION

Amoedo Lueiro, Xoan Inacio
Biólogo, FIP Blues Technical team, Pza. de Pontearreas, 11, 3ºD, 36800 Pontevedra, Spain
Tel: +34 678 235 736, E-Mail: tecnico@fipblues.com

Báez Barrionuevo, José Carlos
Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto Pesquero de Fuengirola s/n, 29640, Spain
Tel: +34 669 498 227, E-Mail: josecarlos.baez@ieo.csic.es

Barciela Segura, Carlos
ORPAGU, C/ Manuel Álvarez, 16. Bajo, 36780 Pontevedra, Spain
Tel: +34 627 308 726, E-Mail: cbarciela@orpagu.com; septimocielo777@hotmail.com

Coelho, Rui
Researcher, Portuguese Institute for the Ocean and Atmosphere, I.P. (IPMA), Avenida 5 de Outubro, s/n, 8700-305
Olhão, Portugal
Tel: +351 289 700 508, E-Mail: rpcoelho@ipma.pt

Erauskin-Extramiana, Maite
AZTI, Herrera Kaia, Portualdea z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa, Spain
Tel: +34 634 210 341, E-Mail: merauskin@azti.es

Fernández Costa, Jose Ramón
Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Ciencia e Innovación - CSIC, Centro Costero de A Coruña, Paseo
Marítimo Alcalde Francisco Vázquez, 10 - P.O. Box 130, 15001 A Coruña, Spain
Tel: +34 981 218 151, Fax: +34 981 229 077, E-Mail: jose.costa@ieo.csic.es

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

Garibaldi, Fulvio
University of Genoa - Dept of Earth, Environment and Life Sciences, 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: fulvio.garibaldi@unige.it; largepel@unige.it;
garibaldi.f@libero.it

Juan-Jordá, María José
Instituto Español de Oceanografía (IEO), C/ Corazón de María, 8, 28002 Madrid, Spain
Tel: +34 671 072 900, E-Mail: mjuan.jorda@ieo.csic.es; mjuanjorda@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

Pozo-Montoro, María

Universidad de Murcia, Dpto. Ecología e Hidrología, Campus de Espinardo, 30100 Murcia, Spain
Tel: +34 628 072 230, E-Mail: mpozo-montoro@outlook.com

Ramos Cartelle, Ana

Ministerio de Economía y Competitividad, Instituto Español de Oceanografía, C.O. De A Coruña, Paseo Marítimo Alcalde Francisco Vázquez, 10 - P.O. Box 130, 15001 A Coruña, Spain
Tel: +34 981 205 362; +34 981 218151, Fax: +34 981 229077, E-Mail: ana.cartelle@ieo.csic.es

Rueda Ramírez, Lucía

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

THE GAMBIA

Jallow, Abdoulie B

Fisheries Officer, R&D, Fisheries Department, 6 Marina Parade, Banjul
Tel: +220 395 8590, E-Mail: abdouliebjallow@gmail.com; abdouliebjallow@outlook.com

JAPAN

Kai, Mikihiko

Senior Researcher, Tuna Fisheries Resources Group, Tuna and Skipjack Resources Department, National Research Institute of Far Seas Fisheries - NRIFSF, Japan Fisheries Research and Education Agency, 5-7-1, Orido, Shimizu, Shizuoka 424-8633
Tel: +81 54 336 5835, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: kai_mikihiko61@fra.go.jp; kaim@affrc.go.jp; billfishkai@gmail.com

Miura, Nozomu

Assistant Director, International Division, Japan Tuna Fisheries Co-operative Association, 2-31-1 Eitai Koto-ku, Tokyo 135-0034
Tel: +81 3 5646 2382, Fax: +81 3 5646 2652, E-Mail: miura@japantuna.or.jp; gyojyo@japantuna.or.jp

Semba (Murakami), Yasuko

2-12-4, Fukuura, Kanazawa ward, Yokohama, Kanagawa 2368648
Tel: +81 45 788 7952, Fax: +81 45 788 5001, E-Mail: semba_yasuko25@fra.go.jp

Uozumi, Yuji ¹

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

MOROCCO

Abid, Nouredine

Chercheur et ingénieur halieute au Centre Régional de recherche halieutique de Tanger, Responsable du programme de suivi et d'étude des ressources des grands pélagiques, Centre régional de l'INRH à Tanger/M'dig, B.P. 5268, 90000 Drabed, Tanger
Tel: +212 53932 5134; +212 663 708 819, Fax: +212 53932 5139, E-Mail: nabid@inrh.ma

Baibbat, Sid Ahmed

Chef de Laboratoire des Pêches, Centre régional de l'INRH à Dakhla, Institut National de Recherches Halieutiques (INRH), 2, BD Sidi Abderrahmane, ain diab., 20100 Dakhla
Tel: +212 661 642 573, E-Mail: baibbat@inrh.ma; baibat@hotmail.com

PANAMA

Duarte, Robert

Biólogo, Autoridad de Recursos Acuáticos, Calle 45, Bella Vista, Edificio Riviera, 0819-02398
Tel: +507 511 6036; +507 696 56926, E-Mail: rduarte@arap.gob.pa

UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND

Phillips, Sophy

Fisheries Scientist, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Pakefield Road, Lowestoft Suffolk NR33 0HT
Tel: +44 1502 527754, E-Mail: sophy.phillips@cefasc.co.uk

Walker, Nicola

Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Lowestoft Suffolk NR33 0HT
Tel: +44 1502 524450, E-Mail: nicola.walker@cefas.co.uk

UNITED STATES

Babcock, Elizabeth

Professor, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Department of Marine Biology and Ecology, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami Florida 33149

Tel: +1 305 421 4852, Fax: +1 305 421 4600, E-Mail: ebabcock@miami.edu

Carlson, John

NOAA Fisheries Service-Sustainable Fisheries Division, 3500 Delwood Beach Road, Florida Panama City 32408

Tel: +1 850 624 9031, Fax: +1 850 624 3559, E-Mail: john.carlson@noaa.gov

Courtney, Dean

Research Fishery Biologist, NOAA/NMFS/SEFSC Panama City Laboratory, 3500 Delwood Beach Road, Panama City Beach Florida 32408

Tel: +1 850 234 6541, E-Mail: dean.courtney@noaa.gov

Díaz, Guillermo

NOAA-Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149

Tel: +1 305 361 4227; +1 305 898 4035, E-Mail: guillermo.diaz@noaa.gov

Rice, Joel

JSR Marine Consulting, 1690 Hillcrest Ave, Saint Paul, MN 55116

Tel: +1 651 442 6500, E-Mail: ricemarineanalytics@gmail.com

Zhang, Xinheng

NOAA/NMFS/SEFSC, 3500 Delwood Beach Rd., Florida 32408

Tel: +1 850 234 6541 ext. 264, Fax: +1 850 235 3559, E-Mail: Xinheng.Zhang@noaa.gov; Xinheng.Zhang0115@gmail.com

URUGUAY

Domingo, Andrés *

Dirección Nacional de Recursos Acuáticos - DINARA, Laboratorio de Recursos Pelágicos, Constituyente 1497, 11200 Montevideo

Tel: +5982 400 46 89, Fax: +5982 401 32 16, E-Mail: dimanchester@gmail.com

Forselledo, Rodrigo

Investigador, Dirección Nacional de Recursos Acuáticos - DINARA, Laboratorio de Recursos Pelágicos, Constituyente 1497, CP 11200 Montevideo

Tel: +598 2400 46 89, Fax: +598 2401 3216, E-Mail: rforselledo@gmail.com

Jiménez Cardozo, Sebastián

Vice-Convenor of ACAP's Seabird Bycatch Working Group, Constituyente 1497, 11200 Montevideo

Tel: +598 240 04689, E-Mail: jimenezpsebastian@gmail.com; sjimenez@mgap.gub.uy

Mas, Federico

DINARA - Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Laboratorio de Recursos Pelágicos (LaRPe), CICMAR - Centro de Investigación y Conservación Marina, Constituyente 1497, CP 11200 Montevideo

Tel: +59 898 902 293, E-Mail: f.masbervejillo@gmail.com; federico.mas@cicmar.org

VENEZUELA

Novas, María Inés

Directora General de la Oficina de Integración y Asuntos Internacionales, Ministerio del Poder Popular de Pesca y Acuicultura - MINPESCA; Tel: +58 412 456 3403, E-Mail: oai.minpesca@gmail.com; asesoriasminv@gmail.com

OBSERVERS FROM COOPERATING NON-CONTRACTING PARTIES, ENTITIES, FISHING ENTITIES

CHINESE TAIPEI

Liu, Kwang-Ming

Professor, Institute of Marine Affairs and Resource Management, National Taiwan Ocean University, No.2, Peining Rd., Jhongjheng District, Keelung City 20224, 202301

Tel: +886 2 2462 2192, Fax: +886 2 2462 0291, E-Mail: kmliu@mail.ntou.edu.tw

COSTA RICA

Álvarez Sánchez, Liliana

Funcionaria de la Oficina Regional del Caribe – Limón, Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, 4444

Tel: +506 863 09387, Fax: +506 263 00600, E-Mail: lavarez@incopesca.go.cr

OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

EUROPÊCHE

Kell, Laurence

Visiting Professor in Fisheries Management, Centre for Environmental Policy, Imperial College London, Henstead, Suffolk SW7 1NE, United Kingdom

Tel: +44 751 707 1190, E-Mail: laurie@seaplusplus.co.uk; l.kell@imperial.ac.uk; laurie@kell.es

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN

Fowler, Sarah

IUCN, Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Switzerland

Tel: +41 229 990 000, E-Mail: fowler.sarah.123@gmail.com

PRO WILDLIFE

Altherr, Sandra

PRO WILDLIFE, Engelhardstrasse 10, 81369 Munich, Germany

Tel: +49 89 9042 99010, Fax: +49 89 9042 99099, E-Mail: sandra.altherr@prowildlife.de

SHARKPROJECT INTERNATIONAL

Ziegler, Iris

SHARKPROJECT International, Rebhaldenstrasse 2, 8910 8910 Affoltern am Albis, Switzerland

Tel: +49 174 3795 190, E-Mail: iziegler@sharkproject.org; int.cooperation@sharkproject.org; dririsziegler@web.de

THE OCEAN FOUNDATION

Fordham, Sonja V

Shark Advocates International, President, c/o The Ocean Foundation, suite 250, 1320 19th Street, NW Fifth Floor, Washington, DC 20036, United States

Tel: +1 202 436 1468, E-Mail: sonja@sharkadvocates.org

THE SHARK TRUST

Hood, Ali

The Shark Trust, 4 Creykes Court, The Millfields, Plymouth PL1 3JB, United Kingdom

Tel: +44 7855 386083, Fax: +44 1752 672008, E-Mail: ali@sharktrust.org

WORLDWIDE 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

Henriques, Ana

AUDAX - Centro de Empreendedorismo do ISCTE-IUL, Rua Adriano Correia de Oliveira, 4A - Lab H3, 1600-312 Lisboa, Portugal

Tel: +353 196 798 3974, E-Mail: ahenriques@natureza-portugal.org

Niedermueller, Simone

WWF Mediterranean, Via Po, 25 C, 00198 Rome, Italy

Tel: +43 676 834 88259, E-Mail: simone.niedermueller@wwf.at

OTHER PARTICIPANTS

SCRS CHAIRMAN

Brown, Craig A.

SCRS Chairman, Sustainable Fisheries Division, Southeast Fisheries Science Center, NOAA, National Marine Fisheries Service, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149, United States

Tel: +1 305 586 6589, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

EXTERNAL EXPERT

Braccini, Matias

Senior Research Scientist, Shark and Ray Sustainability, Department of Primary Industries and Regional Development,
39 Northside Dr Hillarys WA 6025, Australia

Tel: +61 0892 030 211, E-Mail: Matias.Braccini@dpird.wa.gov.au

ICCAT Secretariat

C/ Corazón de María 8 – 6th floor, 28002 Madrid – Spain

Tel: +34 91 416 56 00; Fax: +34 91 415 26 12; E-mail: info@iccat.int

Manel, Camille Jean Pierre

Neves dos Santos, Miguel

Ortiz, Mauricio

Taylor, Nathan

Kimoto, Ai

Mayor, Carlos

Appendix 3

List of papers and presentations

<i>Doc Ref</i>	<i>Title</i>	<i>Authors</i>
SCRS/2023/115	Estimates of Vital Rates and Population Dynamics Parameters of Interest for Blue Sharks in the North and South Atlantic Ocean	Cortés E., Taylor N.G.
SCRS/2023/116	Multivariate Model Estimates of Life History Parameters and Productivity for North and South Atlantic Blue Shark Stocks	Taylor N.G., Cortés E.
SCRS/2023/120	South Atlantic Blue Shark Stock Assessment 1971-2021 Using Stock Synthesis	Gustavo-Cardoso L., Kikuchi E., Rice J., Courtney D., Sant'Ana R., Leite Mourato B., Fernandez C.
SCRS/2023/121	Update of Input Data (Catch and Size) for the Atlantic Blue Shark (<i>Prionace Glauca</i>) Stock Assessment Models 2023	Ortiz M., Kimoto A., Palma C., Mayor C.
SCRS/2023/122	Model Validation for Selection and Weighting of Scenarios	Kell L.T., Winker H.
SCRS/2023/123	Exploratory analysis of blue shark catches, <i>Prionace glauca</i> in the Spanish Mediterranean waters	Rueda L., Baez J.C., Garcia-Barcelona S., Moreno J., Macias D.
SCRS/2023/124	JABBA Runs for the North Atlantic Blue Shark	Fernandez C.
SCRS/2023/126	Bayesian Surplus Production Models for Blue Sharks using the Legacy BSP Software	Babcock E.A.
SCRS/2023/127	South Atlantic Blue Shark Stock: Just Another Bayesian Biomass Assessment	Sant'Ana R., Mourato B., Cardoso L.G., Kimoto A., Ortiz M.
SCRS/2023/128	Preliminary Stock Synthesis (SS3) Model Runs Conducted for North Atlantic Blue Shark (1971-2021)	Courtney D., Fernandez C., Rice J., Cardoso L.G., Kikuchi E.
SCRS/P/2023/098	Age Structured Production Model Diagnostic SS3 Reference Case	Rice J.

SCRS documents and presentation abstracts as provided by the authors

SCRS/2023/115 - Estimates of vital rates and population dynamics parameters of the North and South Atlantic stocks of blue shark (*Prionace glauca*) for potential use as inputs into production and integrated stock assessment models were computed based on the latest biological information available gathered at the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting. Population dynamics parameters included maximum population growth rate (r_{max}), generation time (T), steepness of the Beverton-Holt stock-recruitment relationship (h), spawning potential ratio at maximum excess recruitment (SPR_{MER}), position of the inflection point of population growth curves (R) and the corresponding shape parameter (m), and natural mortality (M). Six methods were used to compute deterministic estimates of r_{max} : four age-aggregated methods and two analogous age-structured methods. Additionally, a Leslie matrix approach was used to incorporate uncertainty in growth parameters, the maturity ogive, fecundity, natural mortality, and lifespan by assigning statistical distributions to those biological traits. For the North Atlantic stock, productivity (r_{max}) estimated with the Euler-Lotka/Leslie matrix deterministic method using a length-based mortality estimator was 0.283 yr⁻¹ and increased to 0.386 yr⁻¹ when using the mean of six life-history invariant mortality estimators; productivity estimated with the stochastic Leslie matrix was very similar to that estimated with the deterministic method using the mean of the six M estimators ($r_{max}=0.385$; 95% CI: 0.224-0.596). This high productivity was also expressed in the values of steepness ($h=0.86$, 95% CI: 0.57-0.96). For the South Atlantic stock, productivity (r_{max}) estimated with the Euler-Lotka/Leslie matrix deterministic method using the length-based M estimator was substantially lower than for the North Atlantic ($r_{max}=0.142$ yr⁻¹), but increased to 0.291 yr⁻¹ when using the mean of six M estimators; productivity estimated with the stochastic Leslie matrix was very similar to that estimated with the deterministic method using the mean of the six M estimators ($r_{max}=0.299$; 95% CI: 0.165-0.389) with a corresponding steepness of $h=0.80$ (95% CI: 0.46-0.93). The high values of productivity estimated here are in line with previously reported values for these and other populations of this species. The estimates of r_{max} and of the position of the inflection point of the production curve (R) and the associated shape parameter (m) can be used to generate priors for production models; the estimates of generation time can help identify the time horizon for projections; and the estimates of steepness and M can also be used as fixed parameter values or priors in Stock Synthesis.

SCRS/2023/116 - We obtain estimates of life history parameters and steepness from the Fishlife database that contains the metanalytical information from Fishbase and from the Myers Legacy data. The first stage in the estimation process was to conduct the analysis using the existing records in the FishLife database. The second stage was to update the analysis with most recent life history parameters being applied in the 2023 ICCAT Blue Shark Assessment. Finally, we compare the results of the parameters derived using Fishlife with those used Leslie Matrix approaches. The set of life-history parameters and steepness can form the basis for priors in assessments and Operating Models for Management Strategy Evaluation.

SCRS/2023/120 - This document describes the provisional version of the stock assessment model using Stock Synthesis (SS) for the blue shark (*Prionace glauca*) in the South Atlantic, including the initial model setup, fleet definitions, selectivity, and parameterizations. The eight-fleet model runs from 1971 to 2021 and was fit to length composition data by sex for eight fleets and four indices of abundance. Life-history parameters were sex-specific, and the values were used based on the ICCAT Shark Working Group recommendations. Diagnostics for the proposed reference model demonstrated fast and stable convergence, good retrospectives, and a robust solution across different starting values. An eight-model uncertainty grid was proposed considering two sets of growth parameters, two resulting M -at-age vectors, and four steepness values. Furthermore, a comprehensive set of model diagnostics are presented for the reference model as well as estimates of SSB and recruitment across the entire uncertainty grid. The estimated SSB time series and depletion (B/B_0) indicate a decreasing stock from the late 1980s to the early 2000s, remaining relatively low during the 2000s to the early 2010s, then recovering until 2017 when presented a slight decrease until the end of the time series. Fishing mortality increased significantly from the late 1980s, reaching its all-time high in the early 2010s, decreasing fast until mid-2010s. Since then, it presented a steady increase reaching near-all-time high values in recent years.

SCRS/2023/121 - The Sharks Species Group (SHKSG) is scheduled to evaluate the North and South Atlantic blue shark stocks in 2023. During the Data Preparatory Meeting, the SHKSG requested the Secretariat to provide input data of catch and size until 2021 for Stock Synthesis and Surplus Production models based on the preliminary fleet structure used in 2016. This document summarizes the revision and update of the available detailed catch and size data per fleet up to 2021.

SCRS/2023/122 - The blue shark assessment, as do many stock assessments, has to consider alternative data sets, uncertain life history information, and auxiliary data sets such as length and tagging data. The shark working group has also been asked to provide, "... options for a harvest control rule (HCR) with associated limit, target and threshold reference points for the management of blue shark in the ICCAT Convention area". Furthermore, the Working Group on Stock Assessment Methods recommended that working groups should identify model uncertainties, biases and misspecifications, to be considered when specifying uncertainty grids to be considered. This worked example has therefore been conducted in response to the Recommendation that the Shark Working Group together with the Working Group on Stock Assessment Methods, should help develop guidelines for the selection, rejection, weighting and extension of stock assessment models when providing robust management advice.

SCRS/2023/123 - This study analyses information of blue shark catches from the longline fleet operating in the Spanish Mediterranean waters. Data from observers and logbooks have been used to provide an exploratory analysis of the main factors associated with such catches. Catch per Unit of Effort (CPUE) has been calculated as number of individuals caught per thousand hooks. Differences in catches and CPUEs have been observed for the different types of longline used, as well as spatio-temporal patterns. In addition, basic biological information on the BSH caught is provided. Further analysis can provide more accurate information on important aspects such as inter- and intra-annual variation in catches and identification of potential areas of higher concentration of catches of BSH.

SCRS/2023/124 - This document presents JABBA runs for Blue Shark in the North Atlantic. As agreed in the ICCAT Data Preparatory Meeting (April 2023), the assessment period is 1971-2021. JABBA runs were conducted with 5 different configurations of a Pella-Tomlinson biomass dynamic model; the 5 configurations correspond to different priors on the parameters r and m . Two different data weighting procedures were applied to the abundance indices (standardized CPUE series) used to fit the model, one of which includes statistical weighting using JABBA-estimated components of the weights. Runs were conducted including all CPUE series accepted by the Data Preparatory Meeting (scenario "All"). In addition, four other scenarios corresponding to the different clusters of CPUEs indicated by the Data Preparatory Meeting were also evaluated. In all, this resulted in $5 \times 2 \times 5 = 50$ JABBA runs. This document presents detailed results for the scenario "All", and also provides a comparison of results among all 50 runs. The scenario "All", as well as most of the other JABBA runs conducted in this document, estimate that the harvest rate has been below H_{MSY} for several years now and that the stock is currently around or above B_{MSY} .

SCRS/2023/126 - The 2015 blue sharks stock assessment included Bayesian surplus production models conducted with an old software called BSP that used the Sampling-Importance-Resampling algorithm rather than MCMC for numerical integration, along with some JAGS code that was similar to the JABBA R package that is currently used. The legacy BSP software and the old JAGS code were used with the new catch and CPUE data, but the same settings as were used for the 2015 assessment to verify that the choice of software does not influence the assessment results. The BSP software has some features that are not available in JABBA and have been used for blue sharks, such as the ability to estimate catches in the early years of the fishery from effort, and then use catches for the rest of the years. Conversely, BSP does not have JABBA's ability to model catches as uncertain, and JABBA provides many useful diagnostics. Because the differences in software are minor and JABBA is more convenient to and reproducible, JABBA should be the preferred Bayesian state-space production models for future assessments.

SCRS/2023/127 - Bayesian State-Space Surplus Production Models were fitted to South Atlantic blue shark tuna catch and CPUE data using the 'JABBA' R package. The third six distinct scenarios were based on a life history parameters, steepness and model weighting. All scenarios were based in a Pella-Tomlinson production function from an Age-Structured Equilibrium Model (ASEM). All scenarios showed similar trend for the trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} over time. In general, B/B_{MSY} had shown a decrease pattern at the first half of the time series followed by a slight increase after 1998. The F/F_{MSY} shown a general pattern with a sharp increase trend during 1990's, followed by stable trend. Kobe stock status plots had shown median quantities estimated for the last data year in the green quadrant. However, the scenarios based on a more conservative values of steepness (0.5) had shown more pessimistic than others.

SCRS/2023/128 - Stock Synthesis model runs were conducted for the North Atlantic blue shark based on the available catch, CPUE, length composition, and life history data compiled by the Shark Working Group. A sex-specific model was implemented in order to allow for observed differences in growth between sexes. Beverton-Holt stock-recruitment was assumed. The steepness of the stock recruitment relationship and natural mortality at age were fixed at independently estimated values. A two-stage data weighting approach was implemented. Model sensitivity was evaluated to CPUE groupings, to the steepness of the stock recruitment relationship, and to natural mortality at age compiled by the Shark Working Group. A wide range of model results were obtained from these preliminary structural uncertainty analyses that could be useful to inform a structural uncertainty grid for the 2023 blue shark stock assessment. A preliminary reference case model was identified that may be useful as a starting point for continued model development during the 2023 blue shark stock assessment.

SCRS/P/2023/098 provided a summary of diagnostics used for the stock synthesis base case.