

REPORT OF THE 2023 ICCAT BLUE SHARK STOCK ASSESSMENT MEETING

(17-21 July, hybrid/ Madrid, Spain)

SUMMARY

The Blue Shark Stock Assessment Meeting was held 17-21 June 2023 in hybrid format at the ICCAT Secretariat in Madrid, Spain, to assess North Atlantic and South Atlantic stocks. The Group also reviewed the results of the Shark Research and Data Collection Program (SRDCP) workshop and advanced work on recommendations and responses to the Commission, but its primary focus was on the stock assessment. With respect to the available assessment data, some CPCs had updated their data after the deadline established at the Data Preparatory Meeting, but the difference between the resulting updated Task 1 and the data used for assessment modeling was less than 0.5%. Therefore, catch data used for modeling were not updated to include these revisions. Both stocks were assessed using JABBA and SS3 platforms. Reference cases were developed for both JABBA and SS3 models for both the North and South Atlantic stocks and their joint distributions were used to develop management advice.

RÉSUMÉ

La réunion d'évaluation du stock de requin peau bleue s'est tenue du 17 au 21 juin 2023 au format hybride au Secrétariat de l'ICCAT à Madrid (Espagne), afin de réaliser des évaluations des stocks de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud. Le Groupe a également examiné les résultats de l'atelier du programme de recherche et de collecte de données sur les requins (SRDCP) et a avancé dans l'élaboration de recommandations et de réponses à la Commission, mais il s'est principalement concentré sur l'évaluation des stocks. En ce qui concerne les données d'évaluation disponibles, certaines CPC ont mis à jour leurs données après la date limite fixée lors de la réunion de préparation des données, mais la différence entre les données actualisées de la tâche 1 et les données utilisées pour la modélisation de l'évaluation était inférieure à 0,5%. Par conséquent, les données de capture utilisées pour la modélisation n'ont pas été mises à jour pour tenir compte de ces révisions. Les deux stocks ont été évalués à l'aide des plateformes JABBA et SS3. Des cas de référence ont été développés pour les modèles JABBA et SS3 pour les stocks de l'Atlantique Nord et Sud et leurs distributions conjointes ont été utilisées pour formuler un avis de gestion.

RESUMEN

La reunión de evaluación de stocks de tiburón azul se celebró del 17 al 21 de junio de 2023 en formato híbrido en la Secretaría de ICCAT en Madrid, España, para evaluar los stocks del Atlántico norte y del Atlántico sur. El Grupo también revisó los resultados del taller del Programa de investigación y recopilación de datos sobre tiburones (SRDCP) y avanzó en la elaboración de recomendaciones y respuestas a la Comisión, pero su principal objetivo fue la evaluación de stocks. Con respecto a los datos de evaluación disponibles, algunas CPC habían actualizado sus datos después del plazo establecido en la Reunión de preparación de datos, pero la diferencia entre la Tarea 1 actualizada resultante y los datos utilizados para el modelado de la evaluación fue inferior al 0,5 %. Por lo tanto, los datos de capturas utilizados para la modelación no se actualizaron para incluir estas revisiones. Ambos stocks se evaluaron mediante las plataformas JABBA y SS3. Se desarrollaron casos de referencia para los modelos JABBA y SS3, tanto para el stock del Atlántico norte como para el stock del Atlántico sur, y sus distribuciones conjuntas se utilizaron para elaborar recomendaciones en materia de ordenación.

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements

The meeting was held in Madrid (Spain) between 17-21 July 2023. The Shark Species Group Rapporteur and meeting Chairman, Mr. Rodrigo Forselledo, opened the meeting and welcomed the participants (the Group). Mr. Camille Manel, ICCAT Executive Secretary, welcomed the participants and wished them success in their meeting. The Chair proceeded to review the agenda which was adopted without changes (**Appendix 1**).

The List of Participants is included in **Appendix 2**. The List of Documents presented at the meeting is attached as **Appendix 3**. Document and presentation summaries are included in **Appendix 4**. The following participants served as rapporteurs:

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

2. Summary of available data for assessment

2.1 Stock identity

The Chair reviewed the decisions made about stock structure during the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023). He reminded the Group that tagging data supported a small degree of mixing between the northern and southern stocks and genetic analysis supported a small degree of mixing between the northern and Mediterranean stocks. However, the Group agreed that the data were not sufficient to support assessing the northern and southern stocks as a mixed stock. For the 2023 stock assessment the Group agreed to leave the current stock designations in place. The 2023 stock assessment was conducted for the northern and southern stocks only.

2.2 Catches

The Secretariat presented the updated nominal catch series. The available data were posted on the meeting's Nextcloud for the participants' review along with a dashboard that allowed users to review and visualize the available data. The Secretariat also reviewed the three CPC revised catch series that were provided after the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023). The revisions were minor, and the catch series for input into the assessment remained nearly identical to those presented at the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023). The differences between the data series used in the modeling and the updated Task 1 catch data were less than 0.5%. Therefore, the catch data used for modeling were not updated to include these revisions. Catch data used in the modelling are presented in **Figure 1**. Catch data for the northern and southern stock by fleet are summarized in **Table 1** and **Table 2**, respectively.

The Group noted that Mediterranean Sea catch series remain incomplete. To permit future stock assessments, CPCs that catch/bycatch blue shark in the Mediterranean were encouraged to submit their data including historical data.

SCRS/2023/121 summarized the revision and update of the available detailed catch and size data per fleet up to 2021. Most of the data presented in the paper were those that had been approved during the Data Preparatory Meeting. It was pointed out that approximately 99% of the catches of blue shark come from longline gear. For the stock assessment purposes, longline fleets were grouped into 10 fleets for the northern stock and 11 for the southern stock. The so-called “Other” fleet designation included all catch data (including minor purse seine and gillnet) that are not included in the other major fleet designations.

Catch series for blue shark (*Prionace glauca*) include the reconstructed catch time series used in the 2015 stock assessment. The reconstructed catch time series are considered the best estimates of catch for the northern and southern stocks. Considerable differences between reported and reconstructed catches were noted for years prior to 2000 for the northern stock and prior to 2010 for the southern stock. After the years 2000 and 2010 for the northern and southern stocks, respectively, the reconstructed time series match the reported Task 1 time series reasonably well. For the assessment, the reconstructed time series were used up to 2013 and the reported Task 1 catch time series for all years afterward (2014-2021).

The Group inquired if catches estimated in the 2015 Blue Shark Stock Assessment Session (Anon., 2016) were included in the Task 1 data. In response it was noted that they are not included. However, the plan articulated by the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023) recommendations was to send the reconstructed catch series to the CPCs by the end of July 31st for their review and approval by September 1st, 2023. CPCs requiring more time can review and approve these data series later. Upon CPC approval (or if there is no response) these reconstructed series will subsequently be submitted for approval at the Subcommittee of Statistics for the inclusion in the official Task 1 data.

The Group inquired if reconstructed catch time series included changes made between northern and southern stocks by some CPCs. In response it was noted that where CPCs had provided updated time series in the catch, then they were included. It was also noted there was some degree of overlap between the observer data (i.e., historical data) and the revised CPC data (i.e., Task 2). To avoid duplication, the Group agreed that the revised CPC data had priority.

2.3 Indices of abundance

The Chair summarized the indices that were reviewed by the Group during the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023). None of the reviewed indices was rejected for use in the stock assessment. Plots of standardized indices of abundance are presented in **Figure 2**. Available Catch Per Unit Effort (CPUE) indices for the northern and southern blue shark stock are provided in **Table 3** and **Table 4**, respectively. During the Data Preparatory Meeting, the Group also reviewed a cluster analysis that provided a way to group indices into groups that represented different hypothesis about the trajectory of the stocks.

The Group inquired about the Japanese longline (1971-1993) early series and the historical U.S. research survey series (1957-2000) that were used in the 2015 assessment. These indices did not have to be updated and were not discussed at the Data Preparatory Meeting when the other CPUE series were presented.

2.4 Biology

The Chair summarized the biological information agreed-to during the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023). This included the information used in the 2015 Blue Shark Stock Assessment Session (Anon., 2016) and relevant updated information.

2.5 Length compositions

SCRS/2023/121 also reviewed the catch length composition time series. It was noted that in the 2015 assessment, length composition data were provided by the CPCs at the meeting. In the Data Preparatory Meeting, the Group agreed to use the historical data used in the 2015 assessment plus additional data provided by CPCs, noting that some CPCs undertook a full review of the size information provided. The paper provided a summary of the blue shark size data by source. The spatial distribution of the size data was noted and the number of size samples available by sex were also presented. Size data were provided to the modelers both by sex and aggregated. In order of priority: 1) CPCs that provided revisions were used as the main source of length composition data; 2) length composition data from observer data; then 3) Task 2 size data were used.

The variability in mean size by fleet was reviewed. It was noted that there was less variability in mean size by sex when this information was available.

2.6 Other relevant data

SCRS/2023/115 provided a summary of the results of modelling life-history priors for steepness and the intrinsic rate of growth. The Group inquired about the possible effects of density dependence on the estimates of productivity given that the stock was not considered to be depleted. In response, it was noted that the paper stated that blue shark stocks have been exposed to fishing for multiple decades and their biomasses are likely far from their unexploited levels so that the parameter estimates here should only be moderately, if at all, influenced by density dependence. Accordingly, the derived productivity should not be very different from the true intrinsic, or maximum, rate of increase.

The Group discussed the appropriateness of estimated steepness for blue shark from biological perspective, because the estimates appeared to be close to those of tuna and billfish species. It was suggested that research be conducted into the methodology and resultant parameter values.

SCRS/2023/116 obtained estimates of life history parameters and steepness from Fishlife. Fishlife combines the results of both Fishbase and the Ransom Myers legacy databases. The paper concluded that the Fishlife estimates of the intrinsic rate of growth and steepness were unrealistic.

The Group noted that apparently low steepness estimates determined using Fishlife should not be surprising. Fishlife estimates are more likely to produce productivity for a generic Carcharhinidae shark as opposed to blue sharks specifically, because Fishlife is a hierarchical method based on taxonomy. Once the Fishlife estimates were updated using published estimates from the Leslie Matrix, then the updated posterior provided more realistic results.

3. Methods and other data relevant to the assessment

3.1 Production models for continuity with 2015 assessment

SCRS/2023/126 used the software and inputs from the 2015 Blue Shark Stock Assessment Session (Anon., 2016), updating only the catch and CPUE data, and found that there were some differences in results between the legacy Bayesian Surplus Production (BSP and BSP2) software, the Just another Gibbs sampler (JAGS) code used in 2015, and Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA) for both the North and South stocks.

The Group discussed these differences and concluded that the differences were probably not caused by the different algorithms, but rather by the differences in priors, weighting, and how process error is treated. In particular, the older software used a less informative prior for the unfished biomass K (uniform on $\log(K)$), which cannot be reproduced exactly in JABBA. Most other model choices could be reproduced in JABBA.

The Group also discussed the impacts of process error in the legacy BSP and JABBA. On one hand, the inclusion of process error increases model flexibility to fit the data better. On the other hand, the inclusion of too much process error may result in the estimated stock status being disconnected with the data and deteriorate model prediction skills. The Group discussed the issues of data quality such as conflicting CPUE trends due to small sample size, limited temporal-spatial coverage and conflicts among indices.

The Group acknowledged the comprehensive work conducted with the legacy BSP software for this species over the years. However, JABBA is easier to learn and provides diagnostics and model evaluation techniques needed for modern assessments that are useable for other platforms like Stock Synthesis III (SS3). Thus, the Group agreed not to use the legacy BSP software in this or future assessments. Useful techniques that were available in older software, such as a continuous time version of the production model or additional prior distributions, could be added to JABBA in the future.

To further evaluate whether differences between the 2015 and 2023 Blue Shark Stock Assessments were caused by differences in model inputs or by the new data, a set of sensitivity analyses was conducted in JABBA. For the South, the results of the sensitivity analysis showed that there was the addition of the series of relative abundance presented by Japan in the 2015 Blue Shark Stock Assessment, which was not identified for use in 2023. This early index did not have a great impact on the response of the Bayesian models of surplus production adjusted. The contribution of the inclusion of this aggregated series resulted in an initial period that was a little less stable, however, throughout the series there was no distinction of the patterns already observed (**Figure 3**).

For the North, several sensitivity runs were evaluated. There were three sets of runs: a refers to Schaefer vs. Pella and the K prior with low process error; b refers to different start years and indices with estimated process error; and c refers to the post model pre data (PMPD) runs. Some runs used a prior for B/K in the first model year that was lognormal (median=1, sd=0.2). Two older indices, the Japanese longline early index, and US-Obs-Cru (Aires-da-Silva *et al.*, 2008), which were not included in the base case, were included in some sensitivities. As in the 2015 Blue Shark Stock Assessment, the US-Obs-Cru series was only used through 1991, because from 1992 forward other indices included some of the same information. Some runs used a Schaefer model, with either the base case prior or a wider lognormal prior for K. Process error was either treated as fixed at a low value ($\text{SigmaR}=0.01$) or estimated as in the base case. Otherwise, the CPUE weighting, and priors were the same as the base case. All the sensitivities were consistent with each other, and with the base case, in finding that the population had decreased below B_{MSY} in the 1990s before recovering to around B_{MSY} in the mid-2000s (**Figure 4**).

To further diagnose the implications of the priors and the catch data for the assessment in the North, two PMPD diagnostic runs (as was done in the 2015 Blue Shark Stock Assessment) were presented in which the model was run with the same priors and catch data, but with no index data. This can be done in JABBA by inputting a single CPUE index, with one data point with a value of 1.0, and high fixed coefficient of variation (CV) and turning off posterior predictive checks in the JABBA fitting. The PMPD diagnostic runs found a decrease followed by an increase, indicating that this trend is largely driven by the large catches in the 1980s and decreasing catches in the late 1990s and early 2000s, in combination with the priors. However, the index data are needed to estimate the scale of the decrease and increase (**Figure 4**).

The trends were very similar in biomass and fishing mortality for all the variations in the model inputs for both north and south, so the group decided to use only the JABBA base case for status estimation and projections. The consistency of the sensitivities with the base cases implies that the results are robust to these modeling decisions. In future assessments, there will be no need to either start the assessment for the north in 1957 or to include either the Japan early or the US-Obs-Cru indices.

3.2 Length-based age-structured models: Stock Synthesis (SS)

SS3 from the North

SCRS/2023/128 presented the preliminary version of the stock assessment model using Stock Synthesis (SS) for blue shark in the North Atlantic, fit to data from 1971 to 2022. There were 10 fleets and 8 CPUE indices, where the length compositions from the indices were mirrored to the catches to partition removals by length. The two-sex model used the life history parameters agreed upon at the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023), with initial CVs set at 10% for minimum age and L_{INF} in the von Bertalanffy growth model. CVs on the CPUE series were determined using the 2-stage Francis method. Steepness of the spawner-recruit function and natural mortality were the median values from the 6 life history estimators in SCRS/2023/115.

The initial model runs had issues with convergence and did not pass diagnostic analyses. Fits to the CPUE indices were relatively poor and the model could not resolve bimodalities or abrupt discontinuities in the length composition data, which affected estimation of selectivity parameters.

The main revisions to the SS model for the North influenced the catch compositions. The U.S. length composition data were replaced with those used in 2015. During the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023), it was agreed that for fleets for which size composition data were not available, assumptions on selectivity must be made. In that sense, the Venezuelan length composition data were assumed to be representative of the Belize fleet. Similarly, the data from Chinese Taipei were assumed to be representative of 'other' catches. Selectivity for most fleets was fixed as logistic. The analysts noted that with fewer parameters, there would be reduced variance in parameter estimates.

The input CPUE CVs and length composition sample sizes for preliminary models followed the method described in SCRS/2023/128 and citations therein. The weighting method applied for the final reference case model run followed the method described above for SS3 from the South. The average standard deviation of each $\log(\text{CPUE})$ series is the maximum of the following three quantities: 1) the average value calculated from those originally reported in the CPUE standardization documents; 2) the root mean square error (RMSE) of the residuals resulting from a LOESS fit to the $\log(\text{CPUE})$ series; and 3) the value of 0.2.

Analysts proposed additional changes to try to improve the models fit to the data. These included allowing greater variability in recruitment, by increasing SigmaR from 0.28 to 0.38, and replacing the fixed value for natural mortality with age-specific natural mortality calculated from the deterministic life history analyses (SCRS/2023/115).

Final estimates of instantaneous natural mortality rates (yr⁻¹) used in the North Atlantic Stock Synthesis model were obtained with 6 life-history invariant methods used in the deterministic life tables (Pers. Communication Enric Cortés July 2023), as summarized below.

<i>Age</i>	<i>Female</i>	<i>Male</i>	<i>Average of female and male</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

Additionally, the proposal was to use the same age-specific values for both sexes prior to age 5 and then sex-specific mortality rates for older ages. All changes implemented to the SS model for the North were done sequentially.

A jitter analysis (10 iterations) was done for each sequential change in the model to help evaluate model behavior (**Figure 5**). In general, the jitters converged to the same likelihood as the model and had the same fit, except case 3 which was removed from consideration. The new base case formulation for SS in the North incorporated the updated CPUE CVs, the deterministic life history parameter values, the age-specific natural mortality series and higher SigmaR described above. This formulation passed the jitter (30 iterations), so the Group reviewed model diagnostics.

The Group discussed the likelihood profile plots of log R0 (not shown). It was noted that the length data, particularly from EU-Spain, are the most influential in the fit and thus the scale of abundance in the fitted model. The likelihood profiles indicated some conflict among the CPUE indices and the length composition, where log R0 might converge at a lower value if Spanish data were downweighed. However, the Group decided that the likelihood profiles are not necessarily a diagnostic for model acceptance or rejection, but rather a diagnostic used to explore how different information interacts in the model.

Fits to the indices time series for North Atlantic blue shark Stock Synthesis model reference case are shown in **Figure 6**. Fits to the aggregated length time series for North blue shark Stock Synthesis model reference case are shown in **Figure 7**. The residuals for the majority of CPUE indices were not randomly distributed, which is a consequence of the conflict between these indices and the information in the length compositions. However, the joint residuals (**Figure 8**) were centered on zero and there was no pervasive retrospective pattern in a 5-year peel. The analysts noted that relative to the base case in SCRS/2023/128, this model is much more stable. The final stock synthesis parameter values are provided in **Table 5**.

The Group discussed the decreasing trend in recruitment deviations plotted from 100,000 draws obtained with the Multivariate Log Normal (MVLN) distribution (**Figure 9** and Section 4 below) relative to the predicted increase in time series of spawning output (spawning stock fecundity (SSF) see Section 4) since 2010. For a productive species, it may be difficult to detect a response in recruitment following an increase or decrease in spawning output. Future work could explore the trade-off between selectivity and recruitment variability in the SS model.

It was noted that the fixed logistic selectivity for Portuguese size data was quite influential in the model fit. These data are strongly bimodal due to effort being concentrated in areas with notably different size distributions of blue shark. It was recommended to split the CPUE index and length composition into two components for future assessments.

There was discussion about the increase in SigmaR from 0.28 to 0.38. The analysts clarified that the current fixed value (0.38) is obtained iteratively based on the value estimated in the model and corresponds well to an International Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean (ISC) assessment for blue shark using 0.4. While the value is smaller than what is being used in this assessment for the South (0.5), other biological assumptions are different so it is difficult to determine if they would be directly comparable.

The agreed reference case of the Stock Synthesis for the North Atlantic showed stability in the log-likelihood with different starting values (**Figure 5**). The final model gradient was lower than a target of 0.0001, and considered acceptable for model convergence, particularly since the solution was stable across different starting parameter values. A jitter analysis of the final reference case model indicated that all 100 jittered model runs converged, with no model runs resulting in a lower total negative likelihood estimate value relative to the base run (163.87 likelihood units), and few model runs resulting in larger total negative likelihood values (**Figure 5**).

Consequently, the Group noted that the jittered model was robust to the initial values of the parameters and gave no evidence that the model converged to local minimum of the objective function instead of the global minimum. The model showed generally acceptable fits to the indices (**Figure 6**) and to the length composition for all fishing fleets (**Figure 7**). The joint residuals plot was randomly distributed for the length fits (RMSE = 8.9%) as well for the indices with no apparent pattern (RMSE = 49.4%) (**Figure 8**). Estimated deviations from the stock-recruitment curve (i.e., recruitment deviates) indicated high variability in year-to-year recruitment (**Figure 9**), with decreasing trends in deviations towards the end of the time series.

Four out of six length compositions and three out of eight index residuals passed the runs test (**Figure 10**), as shown below (red highlight indicates runs test p value < 0.05).

Blue shark North Atlantic Stock Synthesis (runs test values)

	Index (S1-S8) and fleet (F1-F10)	Runs.p	Test	Sigma3.lo	Sigma3.hi	Type
1	S1_ESP-LL-N	0.012	Failed	-0.19185	0.191849	CPUE
2	S2_JP-LL-N	0	Failed	-0.53304	0.533039	CPUE
3	S3_CTP-LL-N	0.272	Passed	-0.71705	0.71705	CPUE
4	S4_US-Obs-E	0.011	Failed	-0.93773	0.937733	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0.358	Passed	-0.61067	0.610672	CPUE
6	S6_VEN-LL	0	Failed	-1.9459	1.945901	CPUE
7	S7_POR-LL-N	0.017	Failed	-0.30599	0.305995	CPUE
8	S8_MOR-LL	0.728	Passed	-0.85162	0.851624	CPUE
9	F1_EU-ESP	0.292	Passed	-0.11964	0.119641	LEN
10	F2_JPN	0.042	Failed	-0.16278	0.162777	LEN
11	F3_CTP	0.01	Failed	-0.1666	0.166595	LEN
12	F4_USA	0.063	Passed	-0.09921	0.099213	LEN
13	F5_VEN	0.11	Passed	-0.25229	0.252295	LEN
14	F7_CPR	NA	Excluded	NA	NA	LEN
15	F10_EU-POR	0.552	Passed	-0.31647	0.316472	LEN

A retrospective analysis deleting up to five years of CPUE data starting from the final assessment year resulted in Mohn's rho values estimated for stock fecundity (-0.06) and F/F_{MSY} (0.15) fell within the acceptable range of -0.15 and 0.20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2017) (**Figure 10**). The retrospective analysis did not show any significant departure from the previously estimated values for stock fecundity and F/F_{MSY} (**Figure 11**).

Hindcasting cross-validation with the same range of years deleted from the CPUE series and predicting the deleted CPUE values 1-year ahead resulted in four out of six indices and two out of five length compositions with mean absolute scaled error (MASE) values lower than 1, and two out of five presented MASE values near 1 (**Figure 12**), as shown below (red highlighting identifies hindcast MASE values greater than one; indicating that a 1-year ahead prediction based on a naïve random-walk was more accurate than one coming from the model for those CPUE series).

Blue shark North Atlantic Stock Synthesis (hindcast MASE values)

	Index (S1-S8) and fleet (F1-F10)	MASE	N.Eval	Type
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	NA	0	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0.734588	5	CPUE
6	S6_VEN-LL	NA	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	NA	0	LEN
13	F5_VEN	NA	0	LEN
14	F7_CPR	2.905658	2	LEN
15	F10_EU-POR	0.81585	4	LEN

A list of model parameters is provided in **Table 5**, including estimated values and their associated asymptotic standard errors, initial parameter values, minimum and maximum values, priors if used, and whether the parameter was fixed or estimated.

Following from what was discussed and noted in the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023), a sensitivity analysis was conducted for the North stock with SS3 considering the tagging growth model and comparing the results with the vertebral growth model used for the base case. Due to time constraints during the 2023 Blue Shark Stock Assessment Meeting, the sensitivity analysis was conducted without estimating natural mortality values in line with the tagging growth parameters. For comparing both models, a revision of the sensitivity analysis with an update of natural mortality information should be considered in future work.

SS3 from the South

Document SCRS/2023/120 presented the preliminary version of the stock assessment model using Stock Synthesis for the blue shark (*Prionace glauca*) in the South Atlantic, including the initial model setup, fleet definitions, selectivity, and parameterizations. The document proposed a two-sex reference case model from 1971 to 2021 with eight-fleet running fitted to the length composition and four indices of abundance. The life-history parameters were sex-specific based on the data preparatory recommendations. Diagnostics for the proposed model configurations demonstrated fast and stable convergence, good retrospective, and acceptable solutions 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 were presented for the reference model and estimates of spawning stock biomass (SSB) and recruitment across the entire uncertainty grid.

After the presentation, the Group raised some concerns about the fits to the length composition and questioned fixing selectivity parameters. Modelers indicated that the model didn't converge if letting SS3 freely estimate all selectivity parameters.

The Group also pointed out that running hindcasting diagnostics with a seven or eight-year peel could result in different model prediction skills.

To address the concerns raised by the Group, the modelers proposed to update the initial case by changing the growth parameters and the M at age vector by sex to one single set of growth parameters and M at age vector for both males and females combined. Growth parameters for the South Atlantic blue shark were further discussed and the Group agreed to use Joung *et al.*, (2017) model. This study was based on the larger sample sizes, more comprehensive size range, and broader geographical coverage, the parameters used were $L_{inf} = 291.8$ cm FL (transformed from TL), $k = 0.13$ yr⁻¹, and $t_0 = -1.29$. Furthermore, the Group agreed to use the M-at-age vector from Table 3 in SCRS/2023/115. The Group also decided to use the median steepness value of 0.8 provided in SCRS/2023/115.

After presenting the updated model version and searching for improving the fits to the indices, the Group discussed the proposed time blocks for the BR&UY, JPN, and CH-TP indices, as well as changing the M at age parameters based on median M estimated in SCRS/2023/115. The later change was proposed due to an observation of unrealistic high natural mortality at age 0 (0.9). The new M at age vector was tested on the model, and no substantial changes were observed.

Modelers proposed a time block for three of the indices of abundance based on model diagnostics. The Group highlighted the need to determine if there was information that supported using time blocks on standardized CPUE series. National scientists from Brazil and Uruguay noted that for their fleets, blue shark catches have become economically important. In the case of Japan index, it was noted that the reporting ratio for blue shark and sharks in general (SCRS/2023/049) changed substantially from 2006 to 2007.

After the presentations of diagnostics (Runs test, joint residuals plots, mean absolute scaled error (MASE) estimations, retrospective analysis, and Akaike information criterion (AIC) values) for two scenarios: with a time block for BR&UY indices and for JPN indices. The results showed that using a time block for both indices (BR&UY and JPN) improved the fits of the model to the data.

The Group agreed on a reference case scenario using the last presented model configuration and time-block for BR&UY and JPN indices (BSH_S_ATL_R012). The Group inquired if the Chinese Taipei index also indicated a potential time block, national scientists indicated no major changes in the fishery has been observed, however as mentioned during the Data Preparatory meeting the value of the index for the 2020 year shows a high peak in the series, attributed to increased catches of small sized sharks. The Group agreed not to include a time block for this index.

The Group agreed to the reference case. The reference case of the Stock Synthesis model shows stability in the log-likelihood with different starting values (**Figure 13**). Jitter diagnostic indicated that the model converged in a global minimum. The maximum gradient component of the model was 7.23827e-05 and the model had a positive definition hessian matrix.

The reference model showed a generally acceptable fit to the indices (**Figure 14**) and to the length composition for all fishing fleets (**Figure 15**). The residual patterns of the indices and the length fits were good overall. Estimated deviations from the stock-recruitment curve (i.e., recruitment deviates) indicated high variability in year-to-year recruitment (**Figure 16**), with negative deviations in the beginning of the time series and a random pattern after 1998 until the end of the time series. The joint residuals plot showed that residuals were randomly distributed for the length fits (RMSE = 8.6%) and showed a pattern with negative residuals in the beginning, positive in the middle and negative in the end of the time series for the fits to the indices (RMSE = 24.9%) (**Figure 17**). All eight length compositions and four out of six indices “passed” into the runs test (**Figure 18**). The Mohn’s rho values estimated for SSB (-0.05) and F (0.13) fell within the acceptable range of -0.15 and 0.20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2017) (**Figure 19**). The retrospective analysis did not show any pathological patterns. Regarding the hindcasting, two out of four indices and four out of eight length compositions have MASE values lower than 1, and three out of eight presented MASE values near 1 (**Figure 20**).

Model parameters are provided in **Table 6**. These include estimated values and their associated asymptotic standard errors, initial parameter values, minimum and maximum values, priors if used, and whether the parameter was fixed or estimated.

The Group reviewed the likelihood profile for R0. The profile indicated that there were conflicting trends in the length composition and index data. These conflicts were not considered sufficient to reject the model’s use. The plot of the likelihood profile is in **Figure 21**.

The estimated time series of SSB for the reference case indicated that stock steeply decreased from the late 1980s to the early 2000s, then remained decreasing but slowly until early 2010s (**Figure 22**). It presented a discrete increase until late 2010s and a new decrease until 2021 (**Figure 22**).

3.3 JABBA North

SCRS/2023/124 presented a summary of the preliminary fits of the Bayesian surplus production model JABBA for the North Atlantic blue shark stock. As agreed in the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023), the assessment period was 1971-2021. The JABBA runs were conducted with five different configurations of a Pella-Tomlinson biomass dynamic model; the five configurations corresponded 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 was based directly on the method suggested by Courtney *et al.*, 2017, whereas the other one included an additional variance component for each abundance index series, estimated within the stock assessment in JABBA. Runs were conducted including all CPUE series accepted by the Data Preparatory Meeting (scenario “All”). In addition, four other scenarios corresponding to the different groupings of CPUEs indicated by the Data Preparatory Meeting were also evaluated. In all, this resulted in $5 \times 2 \times 5 = 50$ JABBA runs. The document presented detailed results for the scenario “All”, and also provided a comparison of results among all 50 runs. The scenario “All”, as well as most of the other JABBA runs conducted in the document, estimated that the harvest rate has been below target (H_{MSY}) in the most recent years and that the stock is currently around B_{MSY} .

The Group acknowledged and thanked the authors for the comprehensive work done in preparation for the assessment meeting. The Group commented with regards to the alternative weighting options, and discussed options with or without the extra parameter in the JABBA model for variance associated with each index. The modelers indicated that the additional parameter will allow the model to improve fitting to each index if it statistically improves the overall likelihood.

The Group asked about the prior for carrying capacity K . The modelers indicated that with no additional information, it was decided to use general guidelines with a prior estimated as $8 \times$ the maximum historic catch (1971-2021) (443864t) with a CV of 100%. The posterior of K estimated by the model has a smaller variance relative to the initial prior, indicating that there is information in the data that allowed the model to estimate K .

The Group also commented on the overall concept of index weighting, noting that during the data preparatory meeting, it was recommended to follow the Working Group on Stock Assessment Methods (WGSAM) to assume a fixed minimum CV for all indices, and if the estimated standardization CPUE CV was higher than 0.2 to use that value. Modelers indicated that a scenario using input CV was run, and an alternative scenario using a weighting scheme similar to the stock synthesis internal reweighting was also run, and an additional scenario allow the model to estimate an additional index variance parameter. Overall, the preliminary results indicated that major differences in model results are associated with the CPUE series, more clearly shown when comparing indices from target vs non-target fisheries.

The Group inquired about the initial B1971/K prior. The modeler clarified that this prior was chosen assuming that some fishing exploitation was already ongoing in 1971, but with no additional or auxiliary information, it was decided to use a Beta prior with mean of 0.7 and $cv=0.2$.

Document SCRS/2023/127 presented a summary of the preliminary fits of the Bayesian surplus production model JABBA for the South Atlantic blue shark stock. The distinct scenarios were based on a life history parameters, steepness and model weighting. The scenarios based on a more conservative values of steepness (0.5) had shown more pessimistic than others.

The Group acknowledged and thanked the contributors for the comprehensive work done in preparation for the assessment meeting.

3.4 Other methods

SCRS/2023/122 presented work conducted in response to the Recommendation in 2021 that the shark working group should “Consider, together with the WGSAM, alternative stock assessment methods (as per Kell, 2021b, other SCRS papers, and the fisheries literature)”. The paper details a blue shark case study based on the presentation given at the 2022 ICCAT Intersessional Meeting of the Sharks Species Group (Online, 16-18 May 2022) and WGSAM in 2022, following which the authors had been asked to develop guidelines for the use of the hindcast as part of selection, rejection, weighting and extension of models in ensembles (Anon. 2022). The case study is based on the blue shark JABBA assessment (SCRS/2023/124), but the methods are also applicable to integrated stock assessments. Examples of diagnostics, weighting of ensembles, and evaluation of the skill of forecasts were also discussed, e.g., from the Center for the Advancement of Population Assessment Methodology (CAPAM), other RFMOs and ICES. Diagnostics can be used to develop a base case or best assessment (e.g., Carvalho *et al.*, 2022), or to weight ensembles (ICES, 2023).

Once a base case is developed a sensitivity analysis should be developed, where a limited set of scenarios, i.e., robustness trials, are considered that include the most important uncertainties. There are different ways of choosing the scenarios to consider, e.g., through elicitation (Leach *et al.*, 2014). These can then be used to evaluate the robustness of advice based on a base case and to identify research needs. In contrast in an uncertainty analysis the intention is to quantify the probability of derived outputs based on uncertainty in the inputs. Where there is large uncertainty about model structure and fixed parameters ensembles can be used. A problem in with an ensemble is if the choice of scenarios is non-unique or unrepresentative. The procedures adopted for selection, rejection, and weighting of scenarios will therefore affect the robustness of advice, and when developing ensembles, the weighting scheme should be pre-specified. Given the time available in the meeting, it was not possible to develop such an ensemble.

The standard set of diagnostics is available in both JABBA and SS3 platforms. These were applied and reviewed for models under consideration in this assessment. A next step could be to use the blue shark assessments to further develop tools for model validation, the skill of assessments to classify stock status and perform stock forecasts. These could be implemented in a common framework and made available for the next shark assessment.

4. Stock status results

For all the models, the CVs on the CPUE indices were reweighted, after discussion in the Group. The weighting method applied for the final runs, for both North and South stocks, used as the average standard deviation of each $\log(\text{CPUE})$ series the maximum of the following three quantities: 1) the average value calculated from those originally reported in the CPUE standardization documents; 2) the RMSE of the residuals resulting from a LOESS fit to the $\log(\text{CPUE})$ series; and 3) the value of 0.2.

4.1 Production models

The sensitivity runs conducted for continuity with the 2015 Blue Shark Stock Assessment were all similar to the base case in both the North and South Atlantic. Therefore, no further analyses were conducted, and these models were not incorporated into the joint Kobe plot to assess status or used in the population projections.

4.2 Stock Synthesis (SS)

North Atlantic blue shark Stock Synthesis model estimates

The time series of spawning stock output, recruitment, and fishing mortality (measured as instantaneous fishing mortality rates for all fleets combined) are plotted in **Figures 23, 24, and 25**, respectively. Spawning stock size in the stock-recruitment relationship was modelled as spawning stock fecundity (SSF) and calculated as the sum of female numbers at age (reported in 1,000s) multiplied by annual female pup production at age (male and female pups, assuming a 1:1 ratio of male to female pups) at the beginning of each calendar year. The estimated time series of SSF for the reference case indicated that the stock maintained a relatively stable spawning stock size and then gradually decreased from the mid-1980s to approximately 2005, followed by an increase throughout the remainder of the time series (**Figure 23**).

Periods of lower recruitments were estimated for the years 2002 and 2019 (**Figure 24**), however slightly lower recruitments in the 1990s combined with increasing landings resulted in the decreasing biomass trend between 1990 and 2000. Recruitment in years prior to 1990 exactly follows the stock recruitment relationship.

The estimated total annual fishing mortality for all fleets combined (F) was calculated with SS3 option 4 = true. F for range of ages (0-28) is relative to the fishing mortality obtained by SS3 at equilibrium MSY in the same units. In general, F steadily increased until 1995 (**Figure 25**), followed by a decrease until 2007, after which the estimated fishing mortality increased and then decreased in the terminal years.

An age-structured production model (ASPM) diagnostic was presented to the Group which showed that the model had internal consistency between the catches and the CPUE series used in the analysis.

The multivariate lognormal (MVLN) approach was used to develop the Kobe phase plot for the North Atlantic blue shark Stock Synthesis model. The apparent lack of a clear negative correlation between relative F and relative biomass (B) was discussed as a potential issue that needed to be explored. It was not clear if this was a result of differences between Markov Chain Monte Carlo simulation (MCMC) and sampling the MVLN, an issue in extracting the MVLN, or a problem with the fit of the model.

In response, a sub-group began investigation of the MVLN approach for the North Atlantic blue shark Stock Synthesis model. The sub-group noted that the true density of the MVLN distribution may be obscured when plotting overlapping points. It may be clearer from a greater number of replicates or a contour plot of the point density. It was also noted that the difference between MVLN and MCMC may not necessarily be a methodological issue. However, the lack of a negative correlation between F and B in the estimated Hessian matrix appears uncommon for an assessment model. An SCRS document summarizing any consensus understanding or recommendations obtained from the sub-group's review of this specific application may be presented during the upcoming SCRS Shark Species meeting from 20-21 September 2023, if available.

South Atlantic blue shark Stock Synthesis model estimates

The time series of spawning stock output, recruitment estimates, and fishing mortality (measured as instantaneous fishing mortality rates for all fleets combined) are plotted in **Figures 22, 26, and 27**, respectively. The estimated time series of spawning output for the reference case indicated that the stock rapidly decreased from the late 1980s to the early 2000s, then continued decreasing at a slower rate until the early 2010s (**Figure 22**). It presented a discrete increase until the late 2010s and a new decrease until the end of the time series in 2021 (**Figure 22**).

Notably strong recruitments were estimated for the years 2008, 2012, and 2013. The 2012 and 2013 recruitments (**Figure 26**) have resulted in biomass increase during the 2010s (**Figure 28**). Lower recruitments in the late 2010s combined with increasing landings resulted in the decreasing biomass trend in the model terminal years.

Fishing mortality was estimated as the sum of the full F_s by fleet (apical F_s) divided by F_{MSY} calculated in the same units. In general, F steadily increased from the 1990s until early 2010s, reaching the series maximum in 2011 ($F=1.33$) (**Figure 27**). After a slight decrease, F increased again in the model terminal years, reaching a value of 1.16 in 2021 (**Figure 27**).

4.3 JABBA stock status results

North stock

The Group reviewed the updated JABBA fits to the North stock. The reweighting method for the CPUE CVs resulted in average values of 0.2 for the Spanish, Portuguese, Japanese and Moroccan indices, 0.29 and 0.28 for the two U.S. series, and 0.64 and 0.97 for the Chinese Taipei and Venezuela series, respectively. The interannual variability in the standard deviation of the log(CPUE) series was kept as in the original CPUE standardization documents, resulting in the annual values shown in **Figure 28**, which were used as input for the North stock JABBA assessment. In addition, an extra term, added to the variance, was estimated as part of the stock assessment within JABBA for each CPUE series.

The Group agreed that the JABBA reference case for the North Atlantic stock be based on the life history parameter provided in Cortés and Taylor (SCRS/2023/115). Log-normal prior distributions approximating the range of values identified as most likely from that document were derived for r (prior median=0.39 and CV=0.31) and m (prior median=1.5 and CV=0.31). A log-normal prior distribution was also used for K , as required in JABBA, with “default” median value = $8 \cdot \max(\text{observed catch from 1971-2021}) = 443864$ t and a large CV=1, to make it relatively non-informative. A beta distribution with mean=0.7 and CV=0.2 was used for the population stability index (PSI), where PSI corresponds to $B(1971)/K$. Process error stochastic deviations were allowed around the surplus production dynamic model in all years, with a very small fixed CV value (0.01) for the period 1971-1991 and an estimated CV value for the years 1992 and onwards, when the CPUE series used to fit the model began. The CV on the catch series was fixed to 0.01.

A set of diagnostics following Carvalho *et al.* (2021) was provided: model convergence, fit to the data, model consistency (retrospective pattern), and prediction skill through hindcast cross-validation (Kell *et al.*, 2016; 2021a).

The results of the MCMC convergence tests and visual examination of MCMC trace plots showed that this model has adequate convergence properties. Marginal prior and posterior distributions are provided in **Figure 29**. For r and m , the prior and posterior distributions are very similar, whereas for K the posterior is much narrower than the prior, indicating that there is information in the input data about K . The estimated process error deviates show some continued periods of years with positive or negative estimated values (**Figure 30**), with no obvious trend departing from zero when considering the entire time series.

The fit to the eight CPUE indices is provided in **Figure 31**, together with the residuals and the results of the runs test for the residuals, which was only passed by three of the eight CPUE indices. Goodness-of-fit statistics indicated a high RMSE estimate of 52.8% (**Figure 32**). The residuals suggest data-conflicts caused by different trends in the CPUE indices, particularly in the last years, starting around 2015 (**Figure 31**).

A retrospective analysis deleting up to five years of CPUE data starting from the final assessment year showed minimal deviations from the full model (**Figure 33**). The estimated Mohn’s rho values fell within the acceptable range of -0.15 and 0.20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2017) and were low for both B/B_{MSY} and F/F_{MSY} , indicating that the retrospective pattern is negligible. Hindcasting cross-validation with the same range of years deleted from the CPUE series and predicting the deleted CPUE values 1-year ahead resulted in MASE statistic values above 1 for most CPUE series, indicating that a 1-year ahead prediction based on a naive random-walk was more accurate than one coming from the model for those CPUE series (**Figure 34**). However, when posterior predictive intervals were computed for the CPUE observations also taking into account their associated observation error (CV), after removing the last 5 years of the CPUE series, the corresponding posterior predictive intervals encompassed the observed CPUE values, including those of the last 5 years that had been excluded when fitting the model (**Figure 35**). The jackknife analyses of CPUE indices, fitting the model excluding one CPUE series at a time, indicated that the Portuguese and Japanese CPUE series are the most influential on the model results (**Figure 36**).

The Group agreed that although the diagnostics were not particularly good, the results obtained from the different JABBA formulations discussed at the meeting were consistent and should be informative to include in the management advice. The results suggest that the final reference case model is stable and provides a reasonably robust fit to the data.

The final annual stock trends are shown in **Figure 37**. Biomass shows a declining trend from the 1990s to the early 2000s, then slowly increases to 2016, and declines slightly thereafter (top left panel). Fishing mortality was initially low in the 1970s but increased throughout the 1980s and remained at similar values until 2015 and declined afterwards (top right panel).

Summaries of the posterior quantiles for parameters and management quantities of interest are presented in **Table 7**. The MSY estimate is 33,822 t (31,085 t – 36,465 t) and the median marginal posterior value for B_{MSY} is 120,012 t (83,682 t – 176,399 t). The F_{MSY} median estimate is 0.28 (0.18-0.42).

The final model estimated median values of $B_{2021}/B_{MSY} = 0.96$ (95%CI: 0.71-1.35) and $F_{2021}/F_{MSY} = 0.68$ (95%CI: 0.47-0.91), are presented in **Table 7**.

Sensitivity analyses were also done to explore the impact of incorporating the U.S. early survey and early Japanese indices and starting the model in 1957, consistent with the 2015 Blue Shark Stock Assessment. The analyses showed that the conclusions were not sensitive to the starting year or to the inclusion of the two additional CPUE indices. The Group agreed to use as the reference case the model starting in 1971 and the CPUE indices agreed at the 2023 Blue Shark Data Preparatory Meeting (Anon., 2023).

South stock

The Group agreed that the JABBA reference case for the South Atlantic stock should be based on the life history parameters presented by Cortés and Taylor (SCRS/2023/115) and use all CPUEs, with time-blocks on two of them (see section 3.3). A set of diagnostics following Carvalho *et al.* (2021) was provided: model convergence, fit to the data, model consistency (retrospective pattern), and prediction skill through hindcast cross-validation (Kell *et al.*, 2016; 2021a). In addition, jackknife analyses were also provided.

The results of the MCMC convergence tests and the visual examination of trace plots show that this model has adequate convergence and a high level of model stability. Marginal posterior distributions along with prior densities were provided in **Figure 38**. The posterior to prior median ratio (PPMR) for r was close to 1, indicating, as expected, that the posterior is heavily influenced by the prior. The small posterior-prior-variance-ratio (PPVRs) for K indicated that the input data was more informative about K . Estimated process error deviates show an increasing trend in the most recent years (**Figure 39**), which might indicate that the stock's productivity has been above average during this recent period. Although this trend is noticeable, the estimated credibility intervals for this quantity always contained zero throughout the entire time series. The estimated CV values in the model are shown in **Table 8**.

Time series of observed (circle, input data) and predicted (solid line) CPUE of the South Atlantic blue shark JABBA reference case are shown in **Figure 40**. Five of the six CPUE indices passed the runs test (**Figure 40**, right panel) with reasonable goodness-of-fit and high RMSE estimate of 23.2% (**Figure 41**). The residual patterns suggest data conflicts caused by opposite trends in the CPUE indices, particularly in the last seven years (2015-2021). More specifically, the EU-Spain longline index shows an increasing trend while the Japan longline index shows a decreasing pattern in recent years (**Figure 41**). Additionally, the high variation (e.g., higher residuals of the whole time series) observed in the Chinese Taipei index for the last years of the time series also contributed to this pattern.

A retrospective analysis for eight years shows some deviations from the full model for F , B , and F/F_{MSY} estimates (**Figure 42**) with the Mohn's rho values of 0.29, -0.22, and 0.23, respectively. The estimated Mohn's rho for these quantities fell outside of the acceptable range of -0.15 and 0.20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015; Carvalho *et al.*, 2017). In general, the retrospective patterns are influenced by the conflict among the indices of abundance, mainly by the strong influence of the Chinese Taipei 2020 index value, that is almost two times higher than all values used in this assessment. The author of the index reminded the Group that the fleet operated in 2020 in different fishing areas than usual and with a lower observer coverage due to the COVID pandemic, and the fleet captured a significant amount of small size blue sharks resulting in a high CPUE in number (Anon., 2023).

For B/B_{MSY} , process error, and MSY, the values of Mohn's rho (-0.1, -0.01, and -0.08, respectively) indicated that the retrospective pattern was negligible for these quantities. Hindcasting cross-validation results indicated that Brazil-Uruguay longline index and the Chinese Taipei index have good prediction skills (**Figure 43**). The jackknife analyses of CPUE indices indicated that all indices are influential to the surplus production function shape, and trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} especially in the period between the mid-1990s and the late 2000s (**Figure 44**).

The results suggest that the final model was stable and provides a reasonable fit to the data. Summaries of the posterior quantiles for parameters and management quantities of interest are presented in **Table 8**. The MSY estimate was 29,299 t (23,128 t – 47,758 t) and the median marginal posterior for B_{MSY} was 135,211 t (91,781 t - 225,806 t). The F_{MSY} median estimate was 0.22 (0.15-0.32).

Overall, the median of the estimated B/B_{MSY} remained above 1.0 for all assessed years (**Figure 45**). The B/B_{MSY} trajectory showed a relatively stable trend for two decades since 1971 and declined from about 2.0 to 1.2 in the following decade from the late 1980s to the mid-1990s. The estimated biomass remained at around 1.2 until the mid-2000s before they slightly increased and stabilized at around 1.5 in the 2010s. In recent years, following the recent high catches, the estimates showed a decreasing trend but remained above the B_{MSY} level.

The median of the estimated F/F_{MSY} was under 1.0 in all assessed years (**Figure 46**). It showed a slow increase until the late 1980s, followed by a large increase (0.2 to 0.7) from the late 1980s to the mid-1990s, driven primarily by the increase in the catches. After the peak in the mid-1990s, F/F_{MSY} slightly fluctuated between about 0.6 and 0.8 until the beginning of 2010s. Fishing mortality suddenly decreased from 0.8 to around 0.5 and 0.6 in the early 2010s but then quickly increased back to the historical highest level.

The final model estimated median values of $B_{2021}/B_{MSY} = 1.41$ (95%CrI: 0.93 - 1.87) and $F_{2021}/F_{MSY} = 0.82$ (95%CrI: 0.39-1.47), respectively.

4.4 Other methods

Other than those listed below, final results of no other assessment methods were presented during the meeting.

4.5 Synthesis of assessment results

The Group had a lengthy discussion on various topics related to how to develop scientific advice for both stocks, like how to address uncertainties associated with the stock assessment, how to weigh scenarios, etc. The Group agreed to focus on developing an internally consistent, best-possible stock assessment model and consequently decided not to implement a model-grid approach. The Group felt that a grid approach may help quantify some of the model uncertainties, however, all tasks related to running a structural uncertainty grid could not be accomplished during the meeting. Acknowledging the importance of model weighting methods and approaches, the Group considered that this is a common feature of all stock assessments, noting that in general the SCRS defaults to an equal weighting of accepted models but deferred further discussions to the WGSAM for future guidelines.

North stock

The Group reviewed both JABBA and Stock Synthesis results and discussed how to produce scientific advice and management recommendations for the North Atlantic blue shark stock. The Group compared outputs between the models (**Figure 46** and **Table 9**). The trajectories and estimates of F/F_{MSY} were similar between the models, and the credibility interval of the JABBA reference case fully covered the confidence interval of the Stock Synthesis reference case in the entire period. The trajectories of B/B_{MSY} were similar, but the estimates by Stock Synthesis were above the ones from JABBA until the 2000s. Thereafter, the trends and estimates of B/B_{MSY} became more similar with a complete overlap of the uncertainty associated with these estimates.

The Group noted that conflicts in the indices of abundance affected model performances in both platforms and that there is still room for improvement in the Stock Synthesis model. The Group agreed that for the North blue shark stock assessment, the scientific advice will be based on the combined results from the JABBA and Stock Synthesis reference cases with equal weighting. It was agreed also that the stock projections would be done for each platform assuming constant catch scenarios from 2024 onward and combined thereafter to produce the Kobe II strategy matrices.

It was noted that the SCRS agreed to report biomass or spawning stock biomass at the end of the year and the corresponding fishing mortality that was applied during the entire year. Therefore, in the assessment results, SSB/SSB_{MSY} from Stock Synthesis gives biomass estimates at the end of the year. However, it was noted that JABBA produces the estimates of the B-ratio at the beginning of the year from the code checking. The Group recommended that modelers (via WGSAM) confirm the output timeframe associated with biomass and the corresponding fishing mortality in both JABBA and Stock Synthesis to assure proper comparison and combination of results, as this will affect most of the ICCAT assessments for all species.

The 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. The joint results (**Figure 47**) showed that the trajectory of B/B_{MSY} was stable at the historically highest level (around 2.0) until the mid-1980s followed by a continuous decrease to the historically lowest level (around 0.7) in the early 2000s responding to the increase of catches and

fishing mortality. The biomass then gradually increased to B_{MSY} level in the mid-2010s and remained at about B_{MSY} levels at the end of the 2021 assessment year. The trajectory of F/F_{MSY} was similar to the catch history. It showed a rapid increase in the 1980s to the level above F_{MSY} and fluctuated between 1.0 and 1.5 until 2018. The estimates since 2019 were below F_{MSY} responding to a decrease in the catch in recent years. The joint MSY was 32,689 t (geometric mean of both models, with a 95% confidence interval range of 30,403-36,465 t).

The combined results indicate that the stock is at MSY level ($B_{2021}/B_{MSY} = 1.00$, with 95% confidence interval: 0.75-1.31) and is not experiencing overfishing ($F_{2021}/F_{MSY} = 0.70$ with a 95% confidence interval: 0.50-0.93). The Kobe phase plot indicates that there is a 49.6% probability that the stock currently falls within the yellow quadrant of the Kobe plot, a 49.7% probability that the stock falls within the green, and less than a 1% chance that it is in the red or orange quadrants (**Figure 48**).

South stock

The Group reviewed both JABBA and Stock Synthesis reference case results and compared the outputs between the models for the South Atlantic blue shark stock (**Figure 49** and **Table 10**). The median trajectories of B/B_{MSY} showed that the stock has not been below B_{MSY} level during the entire period considered in the present assessment for both models. Both models showed a decreasing trend of B/B_{MSY} in the 1990s from the virgin biomass, and the estimates after the 2000s ranged between 1.0 and 1.5. Although the trajectories were different, the confidence bounds overlapped for most of the years. It was noted that the magnitude of the estimates before the 2000s largely differed between models (about 2.0 for JABBA and 3.5 for Stock Synthesis in the 1970s).

The trajectories of F/F_{MSY} were similar between models, but the magnitude of the estimates was higher in Stock Synthesis since the mid-2000s. Generally, the estimates of F/F_{MSY} were below 1.0 except for some years with large catches that resulted in differences in predicted stock status in the most recent years between models. The JABBA estimate for 2021 was below F_{MSY} , whereas the Stock Synthesis estimate was above F_{MSY} . However, the confidence bounds from both models overlapped completely, with much higher uncertainty indicated by the JABBA results.

The Group considered that both models showed reasonable model fits and diagnostics, therefore the Group agreed to combine the JABBA and SS3 models when assessing stock status and producing projections. The joint time series and the Kobe plot were built with 15,000 iterations based on Monte-Carlo multivariate lognormal (MVLN) approach for the Stock Synthesis reference case and 15,000 MCMC samples from the JABBA reference case. The combined results (**Figure 50**) showed that the trajectory of B/B_{MSY} was stable at the historically highest level (below 3.0) until the late 1980s followed by a continuous decrease to the historically lowest level (around 1.3) in the mid-2000s. Since then, the estimates were relatively stable between 1.3 and 1.5. The trajectory of F/F_{MSY} was like the catch history, showing a gradual continuous increase from the late 1980s to the historically highest level in 2011 (1.14). The estimates were below F_{MSY} in the mid-2010s but increased again to the F_{MSY} level in most recent years. The estimated joint MSY was 27,711 t (geometric mean of both models, with 95% confidence interval range of 23,128 – 47,758 t).

The combined results indicate that the stock is not overfished ($B_{2021}/B_{MSY} = 1.29$, with 95% confidence interval: 0.89-1.81) but is undergoing overfishing ($F_{2021}/F_{MSY} = 1.03$ with 95% confidence interval: 0.45 – 1.55). A joint Kobe phase plot (**Figure 51**) shows that there is a 46.5% probability that the stock is currently in the orange quadrant of the Kobe plot, a 44.7% probability that the stock falls within the green, and 8.02% probability of being in the red quadrant, with less than 1% chance that it is in the yellow quadrant.

The Group discussed the different distribution shapes of the iterations in the Kobe plots for JABBA and Stock Synthesis in both the North and South blue shark stocks (**Figure 51**). It was noted that the surplus production models (JABBA) estimate fewer model parameters and tend to show a much higher correlation between F and B compared to age-structure models (Stock Synthesis) which estimate a greater number of parameters. The Group questioned if there is no correlation in the stock synthesis results or if the MVLN approach does not take into consideration the correlation of parameters. The Group agreed that this will be better investigated by running stochastic MCMC projections in stock synthesis and comparing them with equivalent projections from the MVLN approach, and that this work will be done intersessionally.

5. Projections

The Group agreed to conduct stochastic stock status projections based on both the selected JABBA and Stock Synthesis reference cases for both North and South Atlantic blue shark stocks, giving equal weighting to each model platform. Due to time constraints, the Group agreed to conduct the stochastic projections after the meeting due to time constraints.

As the official reported blue shark Task 1 nominal catches for 2022 were not available, the Group suggested reviewing the official catch reports at the Sharks Species Group meeting in September 2023 to evaluate if the catch assumptions for 2022 for both stock projections need further refinement. The Secretariat will coordinate with the Chair in early September 2023 to conduct this revision.

North Atlantic blue shark

Projection setting:

- Set 23,418 t (average mean catch of 2019-2021 in Task 1 nominal catches) as the best estimate of the 2022 and 2023 expected catch. This includes the U.S. preliminary estimates of N-BSH catches for 2022 of 37 t provided by national scientists during the meeting.
- 11 constant future catch scenarios for the periods between 2024 and 2033 as follows: 0, 20,000 to 40,000 t with a 2,500 t interval; and 32,689 the estimated combined MSY level.
- 100,000 iterations in both models.
- For Stock Synthesis, use a 3-year average (2019-2021) for future catch distribution by fleet and their corresponding selectivity.
- For Stock Synthesis, apply the multivariate lognormal (MVLN) approach for the stochastic projections.
- For Stock Synthesis, future recruitment values (beyond the year 2019) were taken directly from the stock-recruitment relationship.
- For JABBA, sample the posteriors for all parameters including the leading parameters (r and K), the observation error parameters, and the process error.

Projection results:

The annual trends of the relative B/B_{MSY} and F/F_{MSY} stochastic projections of the current combined stock status for North Atlantic blue shark stock are presented in **Figure 52**. **Table 11** shows the percentage of model projection runs for which the biomass level fell below 20% of B_{MSY} . Results indicated that future constant catches at or above 35,000 t would bring the stock to low biomass levels considered to be high risk and not sustainable in the long term. The Kobe II Strategy Matrices (**Table 12**) were estimated and show the probability that overfishing is not occurring ($F \leq F_{MSY}$), that the stock is not overfished ($B \geq B_{MSY}$), and the joint probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (i.e., $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$). Equilibrium MSY was estimated to be 32,689 t.

The stochastic projections (**Figure 52**) indicated that future (2024 and thereafter) constant catch levels of 32,689 t (MSY) will maintain the North Atlantic blue shark stock above the reference B_{MSY} and below the F_{MSY} point with a 50% or higher probability (i.e., in the green quadrant of the Kobe plot (**Table 12c**)) by the end of the projection period (10 years; 2033). There is, however, a transition period in the projections (2025 – 2029) where, while fishing at the MSY level, the stock will have a lower probability of being in the green quadrant (46%). This transition period reflects the age structure and recent predicted average recruitment trends, particularly from the Stock Synthesis model results.

If current catches (average of 2019-2021) of about 23,500 t are maintained, the stock is expected to remain in the green quadrant of the Kobe phase plot through the whole projection period with a probability of 50% or higher. The same holds for catch levels not exceeding 27,500 t per year (**Table 12c**).

South Atlantic blue shark

Projection settings:

- Set 34,983 t (average mean catch of 2019-2021 in Task 1) as the best estimate of the 2022 and 2023 expected catch.
- 10 future constant catch scenarios: 0; 15,000 – 32,500 t with 2,500 t interval; and the estimated joint MSY level of 27,711 t (geometric mean of combined JABBA and stock synthesis estimates).
- 15,000 iterations in both models.
- For Stock Synthesis, use a 3-year average (2019-2021) for future catch distribution by fleet and corresponding selectivity.
- For Stock Synthesis, apply the multivariate lognormal (MVLN) approach for the stochastic projections.
- For Stock Synthesis, future recruitment values (beyond the year 2019) were taken directly from the stock-recruitment relation estimated within the model, excluding the last 3 years (2019-2021) of recruitment deviations.
- For JABBA, sample the posteriors for all parameters including the leading parameters (r and K), the observation error parameters, and the process error.

Projection results:

The annual trends of the relative B/B_{MSY} and F/F_{MSY} stochastic projections of the current combined stock status for South Atlantic blue shark stock are presented in **Figure 53**. **Table 13** shows the percentage of model projection runs for which the biomass level fell below 20% of B_{MSY} . Results indicated that future constant catches at or above 30,000 t would bring the stock to low biomass levels and were considered high risk and not sustainable in the long term. The Kobe 2 Strategy Matrices (**Table 14**) were estimated and show the probability that overfishing is not occurring ($F \leq F_{MSY}$), stock is not overfished ($B \geq B_{MSY}$), and the joint probability of being in the green quadrant of the Kobe plot (i.e., $F \leq F_{MSY}$ and $B \geq B_{MSY}$). Equilibrium MSY was estimated to be 27,711 t.

The stochastic projections (**Figure 53**) indicated that a future (2024 and thereafter) constant catch level of 27,711 t (MSY) will maintain the South Atlantic blue shark stock above the reference B_{MSY} and below the F_{MSY} point with a 50% or higher probability (i.e., in the green quadrant of the Kobe plot (**Table 14c**)) by the end of the projection period (10 years; 2033).

If current catches (average of 2019-2021) of about 35,000 t are maintained, the stock is expected to rapidly decline in biomass. Removals at this level are not sustainable in the long term, with a risk of falling below 20% of the estimated B_{MSY} reference level in a few years. Only catches at MSY (27,711 t) or less will keep the stock in the green quadrant of the Kobe plot.

6. Recommendations

6.1 Research and statistics

Recommendations without financial implications

Considering the need to reduce uncertainty in the stock assessments of pelagic shark species impacted by ICCAT fisheries and bearing in mind *Recommendation by ICCAT to replace Recommendation 16-13 on improvement of compliance review of conservation and management measures regarding sharks caught in association with ICCAT fisheries* (Rec. 18-06) and other previous recommendations which made the submission of shark Task 1 and 2 data mandatory, the Group once again strongly urges CPCs to provide the corresponding statistics, including estimates of discards (dead and alive) from all ICCAT fisheries, including recreational and artisanal fisheries, and to the extent possible non-ICCAT fisheries capturing these species. The Group considers that a basic premise for correctly evaluating the status of any stock is to have a solid basis to estimate total removals.

As a result of changes in the data reporting requirements over time, significant gaps in the historical shark data remain in the ICCAT-DB. Therefore, the Group once again reiterates previous recommendations that national scientists review the SCRS reports cards to identify shark data gaps and submit the missing data to the Secretariat to comply with ICCAT data reporting requirements. The Group recommends that national scientists from CPCs that in the past have reported shark data as part of a species complex explore the possibility of re-submitting those data at the species level.

The Group recommends that CPCs that catch blue sharks in the Mediterranean Sea provide the required Task 1 nominal catches (including estimates of dead and live discards) and Task 2 size and catch-effort data including historical time series. In addition, the Group also recommends that CPCs endeavor to increase their efforts to collect blue shark biological samples in the Mediterranean Sea.

The Group recommends promoting the activities of the SCRS Ad Hoc Working Group on Coordination of Tagging Information and that national scientists further emphasize conventional shark tagging activities.

The Group recommends that the SCRS Working Group on Stock Assessment Methods (WGSAM) review and recommend the appropriate reporting of biomass and fishing mortality time reference. More specifically, if the biomass to be considered should be the estimate at the end or the beginning of the year for which the corresponding fishing mortality is provided. This should be confirmed for the commonly used stock assessment models (e.g., JABBA, Stock Synthesis).

The Group also recommends that new efforts be made on the possibility of having CITES permits issued directly to ICCAT for biological sampling and research purposes.

Recognizing the difficulties to collect, introduce from the sea, and share biological samples for CITES listed species, the Group recommends that the SCRS and the Commission encourage CPCs to explore mechanisms to facilitate permitting within CPCs for introductions from the sea and to ship samples between CPCs.

The Group recommends that, if possible, a representative from ICCAT attend the 77th Meeting of the CITES Standing Committee which will be held from 6-10 November 2023 to identify some of the difficulties with permitting that ICCAT is experiencing.

The Group recommends exploring the possibility of using the blue shark assessments to further develop tools for model validation, for evaluating the capability of assessments to estimate stock status, and for performing stock forecasts. These could be implemented in a common framework and made available for future stock assessments.

Recommendations with financial implications

The Group recommends that the Secretariat acquire and make available to the SCRS Species Groups high-performance computer Cloud resources to conduct tasks such as standard diagnostics, MCMC runs, stochastic projections, and uncertainty grids.

6.2 Management

Management recommendations will be developed at the Sharks Species Group meeting.

7. Responses to the Commission

During the meeting, the list of responses to the Commission was reviewed. Most of these responses correspond to the conservation of shortfin mako i.e., *Recommendation by ICCAT on the conservation of the North Atlantic stock of shortfin mako caught in association with ICCAT fisheries* (Rec. 21-09) (north stock) and *Recommendation by ICCAT on the conservation of the South Atlantic stock of shortfin mako caught in association with ICCAT fisheries* (Rec. 22-11) (south stock). It was noted that most of the responses could not be developed before the 31 July 2023, deadline for the data submission of Task 1 and 2 corresponding to year 2022. The Group agreed to work intersessionally to prepare the responses using the same methodology applied during the 2022 Sharks Species Group meeting. It was also noted that given the similarity of these two Recommendations, some of the responses would apply to both.

8. Shark Research and Data Collection Programme (SRDCP)

The activities and conclusions of the ICCAT Workshop on the Shark Research and Data Collection Programme (SRDCP) that was held from 13 to 15 July 2023, were presented to the Group. The main conclusion of the workshop will be included in an SCRS document that will be prepared before the September 2023 Species Group Meeting (SCRS/2023/138). The tasks developed within this project involved: age and growth, genetics movements and habitat utilization, post-release mortality, reproduction studies, improvement of available information for population assessments, and other activities. The difficulties faced by the programme, and possible ways to overcome those, were discussed. Future steps for the second phase of the programme were also discussed, including the new elasmobranch species that were recently included as part of the ICCAT Convention, advances in available information on pelagic sharks not included in the SRDCP, activities to be continued, and new activities to be included.

In order to establish the outline of the next phase of the SRDCP, and continuing what was previously done in 2013, the Group agreed to develop a data gap analysis to guide research and data collection in the coming years prior to the SCRS plenary meeting in 2023. This will include all the highly migratory elasmobranch species that are now under the ICCAT Convention.

Considering that 92% of shark species in the ICCAT Convention are currently listed under CITES, other discussions focused on the need for greater flexibility and more efficient mechanisms for the collection and sharing of samples from CITES-listed species. This aspect was considered crucial by the workshop participants, as many of the tasks under the SRCDP require the collection and sharing of biological samples, and therefore the success of many of the SRDCP tasks depends on the ability to collect the samples from those pelagic shark species currently listed in Appendix II of CITES. Consequently, the advice that the Sharks Species Group and the SCRS can provide to the Commission depends on continuing those studies.

During the workshop, it was also felt necessary to promote the activities of the ICCAT Ad Hoc Working Group on Coordination of Tagging Information. The Group recommended that scientists further emphasize conventional shark tagging activities.

After the presentation on the SRDCP workshop, most of the discussions centered on the consequences of CITES listing of shark species and the corresponding difficulties with importing samples from international waters, and then sharing samples among scientists in different countries. It was again noted that many of those difficulties can be resolved by CITES national authorities, but the reality is that in practice this has not happened. The workshop's discussion cited examples of actual cases where it is simply not possible to conduct sampling.

It was also noted that in the past, the Sharks Species Group, with the support of the Secretariat, the SCRS, and the Chair of Panel 4, contacted CITES to discuss the possibility of having special sampling permits issued directly to ICCAT, as well as other tRFMOs that are developing biological research on those species. This would be mostly for solving the complex issue of the "introductions from the sea", i.e., introducing samples from international waters to national countries. It was noted that the CITES Standing Committee will meet in November 2023, and that they will discuss several aspects related to permits, including scientific sampling and introductions from the sea. Ideally, some CPCs that are also Parties to CITES could send a proposal requesting that the CITES Standing Committee open a discussion on those points; such documentation needs to be sent to CITES by September.

9. Other matters

SCRS/2023/123 provides an exploratory analysis of the catches of blue shark by the Spanish longline fleet operating in the waters of the western Mediterranean. The authors use logbook data to provide basic information about blue shark catches, fishing effort, and the different gear types used by the fleet, which vary in the fishing depth, number of hooks used, seasonality and fishing areas depending on the target species. Observer data show that catches and nominal CPUE of blue shark (estimated as number of individuals caught per thousand hooks) change across gear types with the highest values occurring in the surface longline gears and the smallest in bottom and semi-pelagic longlines targeting swordfish. In addition, there are spatial differences in the observed nominal CPUEs which showed that the Southeast coast of Spain is a potential area of high blue shark nominal CPUE values. Moreover, the largest blue shark individuals were caught in the semi-pelagic and bottom longline fleets targeting swordfish. Further analyses can be conducted on the spatio-temporal trends in CPUEs as well as the estimation of annual indices of abundance and/or total catches.

The Group discussed the differences between each type of longline gear. They have different target species (i.e., albacore, bluefin tuna, little tunny or swordfish), fishing depth, areas and seasons, as well as different configurations (number and size of hooks, nylon thickness or whether or not the nylon is braided), among others. All these factors can potentially influence the catchability of blue shark.

The Group also noted that while nominal CPUEs were different among the different longline gear types, these differences did not seem to be substantial. However, no formal statistical analyses were conducted to test if the differences were significant.

The Group noted that results for the surface longline targeting bluefin tuna should be interpreted with caution as very few trips and sets were monitored by the observers in this fleet.

The Group asked if blue shark is considered a commercial or a bycatch species. The blue shark in the Spanish longline Mediterranean fishery is a bycatch species, and although it is sold in the local market, fishers do not retain and land them in large numbers due to the problem of preserving the meat onboard until the vessels return to port. Blue shark meat requires a special refrigeration process and equipment that vessels operating in the Mediterranean, which are generally smaller than the Spanish vessels operating in the Atlantic, do not have. For this reason, blue sharks are usually discarded, except for those caught in the last few hauls before returning to home-base port.

The Group asked about catches of blue shark in other gears like purse seine in the Spanish Mediterranean. Currently there is no information available about catches in other gears, but this is something that can be explored in the future. The Group agreed that it would be very useful to update catch information from other fisheries and all CPCs in the Mediterranean Sea.

The Spanish scientists have conducted biological sampling of blue shark in previous projects, but sampling activities are not currently being conducted. Nevertheless, biological sampling can be conducted again if necessary. The Group agreed that it would be very useful to update life history information in the Mediterranean Sea.

The Group encourages CPCs to submit their blue shark data from the Mediterranean. The Group recommends the submission of all biological and fishery statistical data concerning blue sharks from the Mediterranean Sea, including different fishing fleets, and gears.

Due to the current data limitations that preclude conducting stock assessments for the blue shark Mediterranean stock, the Group discussed the potential use of alternative methodologies such as Ecological Risk Assessment (ERA), Productivity and Susceptibility Analysis (PSA) or Sustainability Assessment for Fishing Effect (SAFE).

Given the time constraints, it was agreed that sections 4 and 5 of this report would be adopted by correspondence according to the following schedule: 1) Initial draft to be send to meeting participants via email on 9 August 2023; 2) then participants will have a period until 16 August 2023 to review and send comments to the Chair.

The Group also agreed to prepare in advance draft documents for the Sharks Species Group meeting in September, including the updates for the Blue Shark Executive Summary, Responses to the Commission, and the Shark Workplan.

10. Adoption of the report and closure

The Group could not finish sections 4 and 5 at the meeting. These were to be adopted by correspondence after the meeting. The Chair thanked all participants for their hard work during the meeting. The meeting was adjourned.

References

- 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.

RAPPORT DE LA REUNION DE L'ICCAT D'EVALUATION DES STOCKS DE REQUIN PEAU BLEUE DE 2023

(17-21 juillet, hybride, Madrid, Espagne)

1. Ouverture, adoption de l'ordre du jour et organisation de la réunion

La réunion a été tenue à Madrid (Espagne) du 17 au 21 juillet 2023. Le Rapporteur du Groupe d'espèces sur les requins et Président de la réunion, M. Rodrigo Forselledo, a ouvert la réunion et souhaité la bienvenue aux participants (le Groupe). M. Camille Manel, Secrétaire exécutif de l'ICCAT, a souhaité la bienvenue aux participants et leur a souhaité une réunion fructueuse. Le Président a passé en revue l'ordre du jour qui a été adopté sans modification (**appendice 1**).

La liste des participants figure à l'**appendice 2**. La liste des documents présentés à la réunion est jointe à l'**appendice 3**. Les résumés des documents et des présentations sont inclus à l'**appendice 4**. Les personnes suivantes ont assumé les fonctions de rapporteur :

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

2. Résumé des données disponibles pour l'évaluation

2.1 Identité du stock

Le Président a examiné les décisions prises sur la structure du stock à la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023). Il a rappelé au Groupe que les données de marquage soutenaient un faible degré de mélange entre les stocks du nord et du sud et que les analyses génétiques soutenaient un faible degré de mélange entre les stocks du nord et de la Méditerranée. Toutefois, le Groupe a convenu que les données n'étaient pas suffisantes pour étayer une évaluation des stocks du Nord et du Sud comme un stock mixte. Pour l'évaluation du stock de 2023, le Groupe a convenu de maintenir les désignations du stock actuelles. L'évaluation du stock de 2023 a été réalisée pour les stocks du Nord et du Sud uniquement.

2.2 Prises

Le Secrétariat a présenté les séries de captures nominales actualisées. Les données disponibles ont été publiées sur le Nextcloud de la réunion pour examen des participants, conjointement avec un tableau de bord permettant aux utilisateurs d'examiner et de visualiser les données disponibles. Le Secrétariat a également passé en revue les séries de captures révisées de trois CPC qui avaient été fournies à l'issue de la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023). Les révisions étaient mineures et les séries de captures à entrer dans l'évaluation sont restées pratiquement identiques à celles présentées à la Réunion de préparation des données. Les différences entre les séries de données utilisées dans la modélisation et les données de captures actualisées de la tâche 1 étaient de moins de 0,5%. Par conséquent, les données de captures utilisées pour la modélisation n'ont pas été actualisées pour inclure ces révisions. La **figure 1** présente les données de captures utilisées dans la modélisation. Les données de captures pour les stocks du Nord et du Sud, par flottille, sont résumées respectivement au **tableau 1** et au **tableau 2**.

Le Groupe a noté que les séries de captures de la mer Méditerranée sont toujours incomplètes. Afin de pouvoir réaliser les futures évaluations du stock, les CPC qui capturent le requin peau bleue, ou le capturent en tant que prises accessoires, en Méditerranée ont été encouragées à soumettre leurs données, y compris les données historiques.

Le document SCRS/2023/121 résumait la révision et la mise à jour des données détaillées de capture et de taille disponibles par flottille jusqu'en 2021. La plupart des données présentées dans ce document étaient celles qui avaient été approuvées à la Réunion de préparation des données. Il a été souligné que près de 99% des captures de requin peau bleue sont le fait de l'engin de palangre. À des fins d'évaluation du stock, les flottilles palangrières ont été regroupées en 10 flottilles pour le stock du Nord et en 11 flottilles pour le stock du Sud. La désignation « autres » flottilles incluait toutes les données de captures (y compris les flottilles mineures à la senne et au filet maillant) qui ne sont pas incluses dans les autres désignations des principales flottilles.

Les séries de captures de requin peau bleue (*Prionace glauca*) incluent les séries temporelles de captures reconstruites, utilisées dans l'évaluation du stock de 2015. Les séries temporelles de captures reconstruites sont considérées être les meilleures estimations des captures pour les stocks du Nord et du Sud. De grandes différences ont été constatées entre les captures déclarées et les captures reconstruites pour les années antérieures à 2000 pour le stock du Nord et les années antérieures à 2010 pour le stock du Sud. Après les années 2000 et 2010 pour les stocks du Nord et du Sud, respectivement, les séries temporelles reconstruites concordent relativement bien avec les séries temporelles de la tâche 1. Pour l'évaluation, on a utilisé les séries temporelles reconstruites jusqu'en 2013 et les séries temporelles de captures déclarées de la tâche 1 pour toutes les années suivantes (2014-2021).

Le Groupe a demandé si les captures estimées à la Session d'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015 (Anon., 2016) avaient été incluses dans les données de la tâche 1. Il a été répondu qu'elles n'y sont pas incluses. Toutefois, le plan élaboré par les recommandations de la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023) consistait à envoyer les séries de captures reconstruites aux CPC avant le 31 juillet pour examen, et approbation avant le 1^{er} septembre 2023. Les CPC qui nécessitent plus de temps pourront étudier et approuver ces séries de données ultérieurement. Après approbation par les CPC (ou en l'absence de réponse), ces séries reconstruites seront ultérieurement soumises pour approbation du Sous-comité des statistiques à des fins d'inclusion dans les données officielles de la tâche 1.

Le Groupe a demandé si les séries temporelles de captures reconstruites incluaient les changements apportés entre les stocks du Nord et du Sud par certaines CPC. En réponse, il a été noté que lorsque les CPC avaient fourni des séries temporelles actualisées dans la capture, celles-ci avaient alors été incluses. Il a également été noté qu'il y avait un certain degré de recoupement entre les données des observateurs (c.-à-d. les données historiques) et les données des CPC révisées (c.-à-d. la tâche 2). En vue d'éviter toute duplication, le Groupe a convenu que les données des CPC révisées étaient prioritaires.

2.3 Indices d'abondance

Le Président a résumé les indices qui avaient été étudiés par le Groupe lors de la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023). Aucun des indices étudiés n'a été rejeté à des fins d'utilisation dans l'évaluation du stock. La **figure 2** présente les graphiques des indices d'abondance standardisés. Les indices de capture par unité d'effort (CPUE) disponibles pour les stocks de requin peau bleue du Nord et du Sud figurent, respectivement, au **tableau 3** et au **tableau 4**. Au cours de la Réunion de préparation des données, le Groupe a également étudié une analyse en grappes qui permettait de regrouper les indices en groupes représentant différentes hypothèses sur la trajectoire des stocks.

Le Groupe a demandé des informations sur la série de la palangre japonaise du début de la période (1971-1993) et sur la série historique de prospection de recherche des États-Unis (1957-2000) qui avaient été utilisées dans l'évaluation de 2015. Ces indices n'avaient pas à être actualisés et n'avaient pas été discutés à la Réunion de préparation des données lors de la présentation des autres séries de CPUE.

2.4 Biologie

Le Président a résumé les informations biologiques qui avaient été convenues lors de la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023). Elles incluaient les informations utilisées à la Session d'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015 (Anon., 2016) ainsi que des informations actualisées pertinentes.

2.5 Compositions par tailles

Le document SCRS/2023/121 étudiait également les séries temporelles de composition par tailles des captures. Il a été noté qu'à l'évaluation de 2015, les données de composition par tailles avaient été fournies par les CPC à la réunion. À la Réunion de préparation des données, le Groupe a convenu d'utiliser les données historiques utilisées dans l'évaluation de 2015 ainsi que les données additionnelles fournies par les CPC, notant que certaines CPC avaient procédé à un examen exhaustif des informations de tailles soumises. Le document fournissait un résumé des données de tailles du requin peau bleue par source. La répartition spatiale des données de tailles a été notée et le nombre d'échantillons de tailles disponibles par sexe a également été présenté. Les données de tailles, agrégées et par sexe, ont été soumises aux modélisateurs. Par ordre de priorité : 1) les révisions fournies par les CPC ont été utilisées comme la principale source des données de composition par tailles ; 2) les données de composition par tailles des données des observateurs ; puis 3) les données de taille de la tâche 2 ont été utilisées.

La variabilité de la taille moyenne par flottille a été étudiée. Il a été noté qu'il y avait moins de variabilité de la taille moyenne par sexe lorsque ces informations étaient disponibles.

2.6 Autres données pertinentes

Le document SCRS/2023/115 incluait un résumé des résultats de la modélisation des distributions a priori du cycle vital pour la pente et du taux intrinsèque de croissance. Le Groupe a demandé des renseignements sur les possibles effets de la dépendance à la densité sur les estimations de la productivité compte du fait que le stock n'était pas considéré être épuisé. En réponse, il a été noté que le document indiquait que les stocks de requin peau bleue sont exposés à la pêche depuis plusieurs décennies et que leur biomasse est probablement loin de se situer aux niveaux non-exploités, de sorte que les estimations des paramètres ne devraient être ici que modérément, voire pas du tout, influencées par la dépendance à la densité. Par conséquent, la productivité déduite ne devrait pas être très différente du véritable taux intrinsèque, ou maximum, de croissance.

Le Groupe a discuté de la pertinence de la pente estimée pour le requin peau bleue d'un point de vue biologique, étant donné que les estimations semblaient être proches de celles des espèces de thonidés et d'istiophoridés. Il a été suggéré de mener des recherches sur la méthodologie et les valeurs des paramètres en résultant.

Le document SCRS/2023/116 incluait les estimations des paramètres du cycle vital et de la pente obtenues de Fishlife. Fishlife associe les résultats des bases de données Fishbase et Ransom Myers legacy. Le document concluait que les estimations du taux intrinsèque de croissance et de la pente de Fishlife n'étaient guère réalistes.

Le Groupe a noté qu'il n'est pas surprenant que les estimations de la pente, déterminées à l'aide de Fishlife, soient apparemment basses. Les estimations de Fishlife sont plus susceptibles de produire la productivité pour un requin *Carcharhinidae* générique plutôt que pour les requins peau bleue précisément, étant donné que Fishlife est une méthode hiérarchique basée sur la taxonomie. Après avoir actualisé les estimations de Fishlife à l'aide des estimations publiées issues de la matrice de Leslie, la distribution a posteriori actualisée permettait d'obtenir des résultats plus réalistes.

3. Méthodes et autres données pertinentes pour l'évaluation

3.1 Modèles de production à des fins de continuité avec l'évaluation de 2015

Le document SCRS/2023/126 utilisait le logiciel et les valeurs d'entrée de la Session d'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015 (Anon., 2016), en n'actualisant que les données de captures et de CPUE. Il concluait à des différences dans les résultats entre l'ancien logiciel de production excédentaire bayésien (BSP et BSP2), le code de l'échantillonneur Just another Gibbs (JAGS) utilisé en 2015 et le modèle Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA) tant pour le stock du Nord que pour le stock du Sud.

Le Groupe a discuté de ces différences et a conclu qu'elles n'étaient probablement pas dues aux différents algorithmes mais plutôt à des différences dans les distributions a priori, la pondération et la façon de traiter l'erreur de processus. L'ancien logiciel utilisait notamment une distribution a priori moins informative pour la biomasse non pêchée K (uniforme sur $\log(K)$), qui ne pas être reproduite exactement dans JABBA. La plupart des autres choix du modèle pouvaient être reproduits dans JABBA.

Le Groupe a également discuté des impacts de l'erreur de processus dans l'ancien BSP et dans JABBA. D'une part, l'inclusion de l'erreur de processus augmente la flexibilité du modèle pour mieux s'ajuster aux données. D'autre part, l'inclusion d'une erreur de processus trop importante pourrait rendre l'état du stock estimé déphasé

par rapport aux données et détériorer les capacités de prédiction du modèle. Le Groupe a discuté des problèmes de qualité de données, tels que des tendances de CPUE divergentes en raison de la petite taille de l'échantillon, d'une couverture spatio-temporelle limitée et des conflits entre les indices.

Le Groupe a reconnu les travaux exhaustifs réalisés sur l'ancien logiciel BSP pour cette espèce au fil des ans. Cependant, JABBA est plus facile à apprendre et fournit les diagnostics et les techniques d'évaluation du modèle nécessaires pour les évaluations modernes qui sont exploitables sur d'autres plateformes, telles que Stock Synthesis III (SS3). Le Groupe a donc convenu de ne pas utiliser l'ancien logiciel BSP pour cette évaluation ou les futures évaluations. Des techniques utiles qui étaient disponibles dans l'ancien logiciel, comme une version temporelle continue du modèle de production ou des distributions a priori additionnelles, pourraient être ajoutées à JABBA à l'avenir.

Afin d'évaluer de manière approfondie si les différences entre les évaluations du stock de requin peau bleue de 2015 et 2023 étaient causées par les différences dans les valeurs d'entrée des modèles ou par les nouvelles données, un ensemble d'analyses de sensibilité a été réalisé dans JABBA. Pour le Sud, les résultats de l'analyse de sensibilité montraient que la série d'abondance relative présentée par le Japon avait été ajoutée dans l'évaluation du requin peau bleue de 2015, laquelle n'avait pas été identifiée à des fins d'utilisation en 2023. Cet indice du début de la période n'avait pas de fort impact sur la réponse des modèles bayésiens de production excédentaire ajustés. La contribution de l'inclusion de cette série agrégée donnait lieu à une période initiale qui était un peu moins stable, mais on ne distinguait pas les schémas déjà observés tout au long de la série (**figure 3**).

Pour le Nord, plusieurs scénarios de sensibilité ont été évalués. Il y avait trois ensembles de scénarios : a. se rapporte à Schaefer vs. Pella et la distribution a priori de K avec une faible erreur de processus ; b. se rapporte à différentes années de départ et différents indices avec une erreur de processus estimée ; et c. se rapporte aux scénarios « post-modèle pré-données » (PMPD). Certains scénarios utilisaient une distribution a priori pour B/K dans la première année du modèle qui était lognormale (médiane=1, sd=0,2). Deux indices plus anciens, l'indice de la palangre japonaise du début de la période et la série US-Obs-Cru (Aires-da-Silva *et al.*, 2008), qui n'avaient pas été inclus dans le cas de base, ont été inclus dans certains scénarios de sensibilité. Tout comme dans l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015, la série US-Obs-Cru n'a été utilisée que jusqu'en 1991 car d'autres indices incluaient certaines informations identiques à partir de 1992. Certains scénarios utilisaient un modèle de Schaefer, soit avec la distribution a priori du cas de base soit avec une distribution a priori lognormale plus vaste pour K. L'erreur de processus était soit traitée comme fixée à une faible valeur ($\text{SigmaR}=0,01$) soit estimée comme dans le cas de base. Autrement, la pondération des CPUE et les distributions a priori étaient les mêmes que celles du cas de base. Tous les scénarios de sensibilité concordait entre eux et avec le cas de base en ce qu'ils concluaient que la population avait reculé en-deçà de B_{PME} dans les années 1990 avant de se rétablir aux alentours de B_{PME} au milieu des années 2000 (**figure 4**).

Afin de diagnostiquer plus avant les implications des distributions a priori et des données de captures pour l'évaluation du Nord, deux scénarios de diagnostics PMPD (comme cela été réalisé dans l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015) ont été présentés, dans lesquels le modèle a été exécuté avec les mêmes distributions a priori et données de captures mais sans les données de l'indice. Cela peut être réalisé dans JABBA en entrant un seul indice de CPUE, avec un point de données avec une valeur de 1,0 et un coefficient de variation (CV) fixe élevé et en désactivant les contrôles de prédiction a posteriori dans l'ajustement de JABBA. Les scénarios de diagnostics PMPD ont conclu à une réduction suivie d'une augmentation, indiquant que cette tendance est fortement induite par les fortes captures dans les années 1980 et la réduction des captures à la fin des années 1990 et au début des années 2000, en association avec les distributions a priori. Toutefois, les données de l'indice sont nécessaires pour estimer l'échelle de la réduction et de l'augmentation (**figure 4**).

Les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche étaient très similaires pour toutes les variations des valeurs d'entrée du modèle tant pour le Nord que pour le Sud. Le Groupe a donc décidé de n'utiliser que le cas de base de JABBA pour l'estimation et les projections de l'état. La cohérence des scénarios de sensibilité par rapport au cas de base implique que les résultats sont robustes face à ces décisions de modélisation. Dans les futures évaluations, il ne sera pas nécessaire de débiter l'évaluation en 1957 pour le Nord ni d'inclure l'indice du Japon du début de la période ou l'indice US-Obs-Cru.

3.2 Modèles structurés par âge basés sur la taille : Stock Synthesis

SS3 pour le Nord

Le document SCRS/2023/128 présentait la version préliminaire du modèle d'évaluation du stock en utilisant Stock Synthesis (SS) pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, ajusté aux données de 1971 à 2022. Il y avait 10 flottilles et 8 indices de CPUE, les compositions par tailles des indices reflétant les captures afin de séparer les

ponctions par tailles. Le modèle à deux sexes utilisait les paramètres du cycle vital convenus à la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023), avec les CV initiaux établis à 10% pour l'âge minimum et L_{inf} du modèle de croissance de von Bertalanffy. Les CV des séries de CPUE ont été déterminés à l'aide de la méthode en 2 étapes de Francis. La pente de la fonction reproducteur-recrue et la mortalité naturelle étaient les valeurs médianes des 6 estimateurs du cycle vital du document SCRS/2023/115.

Les scénarios initiaux du modèle ont rencontré des problèmes de convergence et n'ont pas réussi les analyses des diagnostics. Les ajustements aux indices de CPUE étaient relativement faibles et le modèle n'a pas pu résoudre les bimodalités ou les discontinuités abruptes des données de composition par tailles, ce qui a affecté l'estimation des paramètres de sélectivité.

Les principales révisions apportées au modèle SS pour le Nord ont influencé les compositions des captures. Les données de composition par tailles des États-Unis ont été remplacées par celles utilisées en 2015. Au cours de la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023), il avait été convenu que des postulats sur la sélectivité devaient être formulés pour les flottilles pour lesquelles les données de composition par tailles n'étaient pas disponibles. En ce sens, les données de composition par tailles du Venezuela ont été supposées être représentatives de la flottille du Belize. De même, les données du Taipei chinois ont été supposées être représentatives des « autres » captures. Une sélectivité logistique a été établie pour la plupart des flottilles. Les analystes ont noté que l'utilisation d'un nombre plus restreint de paramètres réduirait la variation des estimations des paramètres.

Les CV des CPUE d'entrée et les tailles d'échantillons de composition par tailles pour les modèles préliminaires suivaient la méthode décrite dans le document SCRS/2023/128 et les citations qui y sont incluses. La méthode de pondération appliquée pour le scénario du cas de référence du modèle final suivait la méthode décrite ci-dessus pour SS3 pour le Sud. L'écart type moyen de chaque série de $\log(\text{CPUE})$ est le maximum des trois quantités suivantes : 1) la valeur moyenne calculée d'après celles initialement déclarées dans les documents de standardisation des CPUE ; 2) la racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) des valeurs résiduelles résultant d'un ajustement LOESS à la série $\log(\text{CPUE})$; et 3) la valeur de 0,2.

Les analystes ont proposé des changements supplémentaires pour tenter d'améliorer l'ajustement du modèle aux données. Ils consistaient, entre autres, à permettre une plus grande variabilité du recrutement, en augmentant SigmaR de 0,28 à 0,38, et à remplacer la valeur fixe de la mortalité naturelle par une mortalité naturelle spécifique à l'âge calculée d'après les analyses déterministes du cycle vital (SCRS/2023/115).

Les estimations finales des taux de mortalité naturelle instantanée (1 an) utilisées dans le modèle Stock Synthesis pour l'Atlantique Nord ont été obtenues avec 6 méthodes invariables du cycle vital utilisées dans les tableaux déterministes du cycle vital (communication pers. Enric Cortés juillet 2023), telles que résumées ci-dessous.

<i>Âge</i>	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>	<i>Moyenne de femelles et de mâles</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

En outre, il était proposé d'utiliser les mêmes valeurs spécifiques à l'âge pour les deux sexes avant l'âge 5, puis des taux de mortalité spécifiques au sexe pour les âges plus avancés. Tous les changements appliqués au modèle SS pour le Nord ont été réalisés de façon séquentielle.

Une analyse de jitter (10 itérations) a été réalisée pour chaque changement séquentiel apporté au modèle pour permettre d'évaluer le comportement du modèle (**figure 5**). En général, l'analyse de jitter convergait vers la même vraisemblance que le modèle et avait le même ajustement, sauf pour le cas 3 qui a cessé d'être étudié. La nouvelle formulation du cas de base de SS pour le Nord incluait les CV des CPUE actualisés, les valeurs des paramètres déterministes du cycle vital, la série de mortalité naturelle spécifique à l'âge et les valeurs de SigmaR plus élevées décrits ci-dessus. Cette formulation a réussi l'analyse de jitter (30 itérations) et le Groupe a donc revu les diagnostics du modèle.

Le Groupe a discuté des diagrammes de profil de vraisemblance de log R0 (non indiqué). Il a été noté que les données de tailles, notamment de l'UE-Espagne, ont la plus grande influence dans l'ajustement et donc dans l'échelle de l'abondance dans le modèle ajusté. Les profils de vraisemblance indiquaient un certain conflit entre les indices de CPUE et la composition par tailles, log R0 pouvant converger à une valeur plus faible si les données espagnoles étaient pondérées à la baisse. Toutefois, le Groupe a décidé que les profils de vraisemblance ne constituent pas forcément un diagnostic pour accepter ou rejeter un modèle, mais sont plutôt un diagnostic utilisé pour étudier comment différentes informations interagissent dans le modèle.

La **figure 6** présente les ajustements aux séries temporelles des indices pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. La **figure 7** présente les ajustements aux séries temporelles de tailles agrégées pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de

l'Atlantique Nord. Les valeurs résiduelles pour la majorité des indices de CPUE n'étaient pas distribuées de façon aléatoire, ce qui est la conséquence du conflit entre ces indices et les informations de compositions par tailles. Cependant, les valeurs résiduelles conjointes (**figure 8**) étaient centrées sur zéro et il n'y avait pas de schéma rétrospectif systématique dans une élimination de 5 années. Les analystes ont noté que par rapport au cas de base du document SCRS/2023/128, ce modèle est bien plus stable. Le **tableau 5** présente les valeurs finales des paramètres de Stock Synthesis.

Le Groupe a discuté de la tendance à la baisse des écarts du recrutement représentés graphiquement d'après 100.000 tracés obtenus avec la distribution lognormale à plusieurs variables (MVLN) (**figure 9** et point 4 ci-dessous) par rapport à l'augmentation prévue dans la série temporelle de la production de frai (fécondité du stock reproducteur, (SSF), se reporter au point 4) depuis 2010. Pour une espèce productive, il pourrait s'avérer difficile de détecter une réponse dans le recrutement faisant suite à une augmentation ou à une réduction de la production de frai. Les travaux complémentaires pourraient étudier le compromis entre la sélectivité et la variabilité du recrutement dans le modèle SS.

Il a été noté que la sélectivité logistique fixe pour les données de tailles portugaises avait une grande influence dans l'ajustement du modèle. Ces données sont fortement bimodales en raison de la concentration de l'effort dans des zones avec des distributions de tailles de requin peau bleue très différentes. Il a été recommandé de diviser l'indice de CPUE et la composition par tailles en deux composantes pour les futures évaluations.

Une discussion a été tenue sur l'augmentation de SigmaR (de 0,28 à 0,38). Les analystes ont expliqué que la valeur fixe actuelle (0,38) est obtenue itérativement en se basant sur la valeur estimée dans le modèle et correspond bien à une évaluation du requin peau bleue du Comité scientifique international des thonidés et des espèces apparentées dans l'océan Pacifique Nord (ISC) utilisant 0,4. Bien que la valeur soit inférieure à celle qui est utilisée dans cette évaluation pour le Sud (0,5), d'autres hypothèses biologiques sont différentes et il est donc difficile de déterminer si elles seraient directement comparables.

Le cas de référence convenu du modèle Stock Synthesis pour l'Atlantique Nord montrait une stabilité de la vraisemblance logarithmique avec différentes valeurs de départ (**figure 5**). Le gradient final du modèle était inférieur à l'objectif de 0,0001, et considéré comme acceptable pour la convergence du modèle, d'autant plus que la solution était stable pour différentes valeurs de paramètres de départ. Une analyse de jitter du cas de référence du modèle final indiquait que les 100 scénarios du modèle en jitter convergeaient, aucun scénario du modèle n'entraînant une valeur de l'estimation de la vraisemblance négative totale inférieure au scénario de base (163,87 unités de vraisemblance), et quelques scénarios du modèle entraînant des valeurs de vraisemblance négative totale plus élevées (**figure 5**).

Par conséquent, le Groupe a noté que le modèle en jitter était robuste face aux valeurs initiales des paramètres et ne donnait aucune indication que le modèle convergeait vers des minimums locaux de la fonction objectif au lieu du minimum global. Le modèle présentait des ajustements généralement acceptables aux indices (**figure 6**) et à la composition par tailles pour toutes les flottilles de pêche (**figure 7**). Le diagramme des valeurs résiduelles conjointes était distribué de manière aléatoire pour les ajustements des tailles (RMSE = 8,9%) ainsi que pour les indices sans schéma apparent (RMSE = 49,4%) (**figure 8**). Les écarts estimés de la courbe du stock-recrutement (c.-à-d. les écarts du recrutement) indiquaient une forte variabilité du recrutement d'une année sur l'autre (**figure 9**), avec des tendances à la baisse dans les écarts vers la fin de la série temporelle.

Quatre des six valeurs résiduelles de compositions par tailles et trois des huit valeurs résiduelles des indices ont réussi le test des scénarios (**figure 10**), comme indiqué ci-dessous (la couleur rouge en surbrillance indique une valeur p du test des scénarios < 0,05).

Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord (valeurs des tests des scénarios)

	Indice (S1-S8) et flottille (F1-F10)	Runs.p	Test	Sigma3.lo	Sigma3.hi	Type
1	S1_ESP-LL-N	0,012	Échoué	-0,19185	0,191849	CPUE
2	S2_JP-LL-N	0	Échoué	-0,53304	0,533039	CPUE
3	S3_CTP-LL-N	0,272	Réussi	-0,71705	0,71705	CPUE
4	S4_US-Obs-E	0,011	Échoué	-0,93773	0,937733	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0,358	Réussi	-0,61067	0,610672	CPUE
6	S6_VEN-LL	0	Échoué	-1,9459	1,945901	CPUE
7	S7_POR-LL-N	0,017	Échoué	-0,30599	0,305995	CPUE
8	S8_MOR-LL	0,728	Réussi	-0,85162	0,851624	CPUE
9	F1_EU-ESP	0,292	Réussi	-0,11964	0,119641	LEN
10	F2_JPN	0,042	Échoué	-0,16278	0,162777	LEN
11	F3_CTP	0,01	Échoué	-0,1666	0,166595	LEN
12	F4_USA	0,063	Réussi	-0,09921	0,099213	LEN
13	F5_VEN	0,11	Réussi	-0,25229	0,252295	LEN
14	F7_CPR	NA	Exclu	NA	NA	LEN
15	F10_EU-POR	0,552	Réussi	-0,31647	0,316472	LEN

Une analyse rétrospective éliminant jusqu'à cinq années de données de CPUE à partir de la dernière année de l'évaluation a donné lieu à des valeurs de rho de Mohn estimées pour la fécondité du stock (-0,06) et F/F_{PME} (0,15) se situant dans la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014 ; Carvalho *et al.*, 2017) (**figure 10**). L'analyse rétrospective n'a pas montré d'écart important par rapport aux valeurs précédemment estimées pour la fécondité du stock et F/F_{PME} (**figure 11**).

La validation croisée de simulation rétrospective avec la même gamme d'années éliminées des séries de CPUE et la prévision à un an d'avance des valeurs de CPUE éliminées ont donné lieu à des valeurs d'erreur moyenne absolue mise à l'échelle (MASE) inférieures à 1 pour quatre des six indices et deux des cinq compositions par tailles, et à deux des cinq valeurs MASE présentées proches de 1 (**figure 12**), comme indiqué ci-dessous (la couleur rouge en surbrillance identifie les valeurs MASE de simulation rétrospective supérieures à un, indiquant qu'une prévision à un an d'avance basée sur une marche aléatoire naïve était plus exacte que celle issue du modèle pour ces séries de CPUE).

Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord (valeurs MASE de simulation rétrospective)

	Indice (S1-S8) et flottille (F1-F10)	MASE	N.eval	Type
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	NA	0	CPUE
5	S5_US-Obs-L	0,734588	5	CPUE
6	S6_VEN-LL	NA	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	NA	0	LEN
13	F5_VEN	NA	0	LEN
14	F7_CPR	2,905658	2	LEN
15	F10_EU-POR	0,81585	4	LEN

Une liste des paramètres du modèle est fournie dans le **tableau 5**, y compris les valeurs estimées et leurs erreurs types asymptotiques associées, les valeurs initiales des paramètres, les valeurs minimales et maximales, les distributions a priori (si utilisées), et indiquant si le paramètre a été fixé ou estimé.

Faisant suite à ce qui avait été discuté et noté lors de la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023), une analyse de sensibilité a été réalisée pour le stock du Nord avec SS3 étudiant le modèle de croissance par marquage et comparant les résultats avec le modèle de croissance vertébrale utilisé pour le cas de base. Faute de temps disponible à la Réunion d'évaluation des stocks de requin peau bleue de 2023, l'analyse de sensibilité a été conduite sans estimer les valeurs de la mortalité naturelle en concordance avec les paramètres de croissance par marquage. Afin de comparer les deux modèles, il convient d'envisager, dans le cadre des futurs travaux, de réviser l'analyse de sensibilité en actualisant les informations sur la mortalité naturelle.

SS3 du Sud

Le document SCRS/2023/120 présentait la version préliminaire du modèle d'évaluation du stock utilisant Stock Synthesis (SS) pour le requin peau bleue (*Prionace glauca*) dans l'Atlantique Sud, y compris la configuration initiale du modèle, les définitions des flottilles, la sélectivité et le paramétrage. Le document proposait un cas de référence du modèle à deux sexes, de 1971 à 2021, avec huit flottilles en fonctionnement, ajusté à la composition par tailles et quatre indices d'abondance. Les paramètres du cycle vital étaient spécifiques au sexe en se fondant sur les recommandations de la réunion de préparation des données. Les diagnostics pour les configurations du modèle proposées ont démontré une convergence rapide et stable, de bonnes rétrospectives et des solutions acceptables sur différentes valeurs de départ. Une grille d'incertitude de huit modèles a été proposée, étudiant deux ensembles de paramètres de croissance, deux vecteurs de M à l'âge en résultant et quatre valeurs de pente. En outre, un ensemble exhaustif de diagnostics des modèles a été présenté pour le modèle de référence et les estimations de la biomasse du stock reproducteur (SSB) et du recrutement dans l'ensemble de la grille d'incertitude.

Faisant suite à la présentation, le Groupe a fait part de certaines préoccupations liées aux ajustements à la composition par tailles et s'est interrogé sur la fixation des paramètres de sélectivité. Les modélisateurs ont indiqué que le modèle ne convergerait pas en laissant SS3 estimer librement tous les paramètres de sélectivité.

Le Groupe a également indiqué que l'exécution de diagnostics de simulation rétrospective avec l'élimination de sept ou huit années pourrait entraîner des capacités de prédiction du modèle différentes.

Afin de répondre aux préoccupations soulevées par le Groupe, les modélisateurs ont proposé d'actualiser le cas initial en remplaçant les paramètres de croissance et le vecteur de M à l'âge par sexe par un seul ensemble de paramètres de croissance et un vecteur de M à l'âge pour les mâles et les femelles combinés. Les paramètres de croissance pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud ont été discutés plus en détail et le Groupe a convenu d'utiliser le modèle de Joung *et al.* (2017). Cette étude se basait sur de plus grandes tailles d'échantillons, une gamme de tailles plus exhaustive et une couverture géographique plus vaste. Les paramètres utilisés étaient $L_{inf} = 291,8$ cm FL (transformé depuis TL), $k = 0,13$ an⁻¹ et $t_0 = -1,29$. Le Groupe a, en outre, convenu d'utiliser le vecteur de M à l'âge issu du tableau 3 du document SCRS/2023/115. Le Groupe a également décidé d'utiliser la valeur médiane de la pente de 0,8 fournie dans le document SCRS/2023/115.

Après avoir présenté la version du modèle actualisé et cherché à améliorer les ajustements aux indices, le Groupe a discuté des blocs temporels proposés pour les indices BR&UY, JPN et CH-TP et de la modification des paramètres de M à l'âge en se basant sur la médiane de M estimée dans le document SCRS/2023/115. Ce dernier changement a été proposé après avoir observé une mortalité naturelle élevée à l'âge 0 (0,9) peu réaliste. Le nouveau vecteur de M à l'âge a été testé sur le modèle et aucun changement significatif n'a été observé.

Les modélisateurs ont proposé un bloc temporel pour trois des indices d'abondance sur la base des diagnostics du modèle. Le Groupe a souligné qu'il était nécessaire de déterminer s'il existait des informations étayant l'utilisation de blocs temporels sur les séries de CPUE standardisées. Les scientifiques nationaux du Brésil et de l'Uruguay ont noté que pour leurs flottilles, les captures de requins peau bleue sont devenues importantes d'un point de vue économique. Dans le cas de l'indice du Japon, il a été noté que le ratio de déclaration pour le requin peau bleue et les requins en général (SCRS/2023/049) a considérablement changé de 2006 à 2007.

Après les présentations des diagnostics (test des scénarios, diagrammes des valeurs résiduelles conjointes, estimations de l'erreur moyenne absolue mise à l'échelle (MASE), analyse rétrospective et valeurs du Critère d'information d'Akaike (AIC)) pour deux scénarios avec un bloc temporel pour les indices BR&UY et pour les indices JPN, les résultats ont montré que l'utilisation d'un bloc temporel pour les deux indices (BR&UY et JPN) améliorait les ajustements du modèle aux données.

Le Groupe a convenu d'un scénario du cas de référence utilisant la dernière configuration du modèle présentée et un bloc temporel pour les indices BR&UY et JPN (BSH_S_ATL_R012). Le Groupe a demandé si l'indice du Taipei chinois indiquait aussi un bloc temporel potentiel. Les scientifiques nationaux ont précisé qu'aucun changement majeur n'a été observé dans la pêcherie. Cependant, comme mentionné à la réunion de préparation des données, la valeur de l'indice pour l'année 2020 présente un pic élevé dans la série, attribuable à une augmentation des captures de requins de petite taille. Le Groupe a convenu de ne pas inclure de bloc temporel pour cet indice.

Le Groupe a convenu du cas de référence. Le cas de référence du modèle Stock Synthesis montre une stabilité dans la vraisemblance logarithmique avec différentes valeurs de départ (**figure 13**). Le diagnostic de Jitter indiquait que le modèle convergeait vers un minimum global. La composante de gradient maximum du modèle était $7,23827e-05$ et le modèle avait une matrice hessienne de définition positive.

Le modèle de référence présentait un ajustement généralement acceptable aux indices (**figure 14**) et à la composition par tailles pour toutes les flottilles de pêche (**figure 15**). Les schémas des valeurs résiduelles des indices et les ajustements des tailles étaient globalement bons. Les écarts estimés de la courbe du stock-recrutement (c.-à-d. les écarts du recrutement) indiquaient une forte variabilité du recrutement d'une année sur l'autre (**figure 16**), avec des écarts négatifs au début de la série temporelle et un schéma aléatoire après 1998 jusqu'à la fin de la série temporelle. Le diagramme des valeurs résiduelles conjointes montrait que les valeurs résiduelles étaient distribuées de façon aléatoire pour les ajustements des tailles (RMSE = 8,6%) et montrait un schéma avec des valeurs résiduelles négatives au début de la série temporelle, positives au milieu et négatives à la fin pour les ajustements aux indices (RMSE = 24,9%) (**figure 17**). Les huit compositions par tailles et quatre des six indices ont « réussi » le test des scénarios (**figure 18**). Les valeurs du ρ de Mohn estimées pour SSB (-0,05) et F (0,13) se situaient dans la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2014 ; Carvalho *et al.*, 2017) (**figure 19**). L'analyse rétrospective n'a pas présenté de schémas pathologiques. En ce qui concerne la simulation rétrospective, les valeurs MASE de deux des quatre indices et de quatre des huit compositions par tailles étaient inférieures à 1, et trois des huit valeurs MASE présentées étaient proches de 1 (**figure 20**).

Le **tableau 6** présente les paramètres du modèle. Ils incluent les valeurs estimées et leurs erreurs types asymptotiques associées, les valeurs initiales des paramètres, les valeurs minimales et maximales, les distributions a priori (si utilisées), en indiquant si le paramètre a été fixé ou estimé.

Le Groupe a étudié le profil de vraisemblance pour R0. Le profil indiquait des tendances contradictoires dans les données de composition par tailles et des indices. Ces conflits n'ont pas été considérés suffisants pour rejeter l'utilisation du modèle. Le diagramme du profil de vraisemblance est inclus à la **figure 21**.

La série temporelle estimée de la SSB pour le cas de référence indiquait que le stock a brusquement diminué à partir de la fin des années 1980 jusqu'au début des années 2000, puis a continué à diminuer mais lentement jusqu'au début des années 2010 (**figure 22**). Il affichait une discrète augmentation jusqu'à la fin des années 2010 puis une nouvelle réduction jusqu'en 2021 (**figure 22**).

3.3 JABBA Nord

Le document SCRS/2023/124 présentait un résumé des ajustements préliminaires du modèle de production excédentaire bayésien JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Comme convenu à la réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023), la période d'évaluation était 1971-2021. Les scénarios de JABBA ont été réalisés avec cinq configurations différentes d'un modèle de dynamique de la biomasse de Pella-Tomlinson. Ces cinq configurations correspondaient à différentes distributions a priori des paramètres r et m . Deux procédures de pondération des données différentes ont été appliquées aux indices d'abondance (série de CPUE standardisée) utilisés pour ajuster le modèle, dont l'une d'entre elles se basait directement sur la méthode suggérée par Courtney *et al.*, 2017, tandis que l'autre incluait une composante de variance additionnelle pour chaque série d'indice d'abondance, estimée dans l'évaluation du stock dans JABBA. Les scénarios ont été réalisés en incluant toutes les séries de CPUE acceptées par la réunion de préparation des données (scénario « All »). De plus, quatre autres scénarios correspondant aux différents regroupements des CPUE indiqués par la réunion de préparation des données ont également été évalués. Dans l'ensemble, cela a donné lieu à $5 \times 2 \times 5 = 50$ scénarios de JABBA. Le document présentait les résultats détaillés du scénario « All » et fournissait aussi une comparaison des résultats entre les 50 scénarios. Le scénario « All » ainsi que la plupart des autres scénarios de JABBA réalisés dans le document estimaient que le taux de capture s'est situé en-deçà du niveau cible (H_{PME}) au cours des années les plus récentes et que le stock se situe actuellement aux alentours de B_{PME} .

Le Groupe a remercié les auteurs et reconnu les travaux exhaustifs menés en vue de la réunion d'évaluation. Le Groupe a discuté des options de pondération alternatives et des options avec et sans le paramètre supplémentaire dans le modèle JABBA pour la variance associée à chaque indice. Les modélisateurs ont indiqué que le paramètre additionnel permettra au modèle d'améliorer l'ajustement à chaque indice s'il améliore statistiquement la vraisemblance globale.

Le Groupe a posé une question sur la distribution a priori pour la capacité de charge K. Les modélisateurs ont indiqué qu'en l'absence d'informations supplémentaires, il avait été décidé d'utiliser les directives générales avec une distribution a priori estimée comme $8 \times$ la capture historique maximum (1971-2021) (443.864 t) avec un CV de 100%. La distribution a posteriori de K estimée par le modèle a une variance inférieure à celle de la distribution a priori initiale, ce qui indique que les données comportent des informations permettant au modèle d'estimer K.

Le Groupe a également discuté du concept global de la pondération des indices, notant que lors de la réunion de préparation des données, il avait été recommandé de suivre les directives du Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation des stocks (WGSAM) à l'effet de postuler un CV minimum fixe pour tous les indices, et que si le CV de la CPUE standardisée estimé était supérieur à 0,2, d'utiliser cette valeur. Les modélisateurs ont indiqué qu'un scénario utilisant le CV d'entrée avait été exécuté, qu'un scénario alternatif utilisant un mécanisme de pondération similaire à la repondération interne de Stock Synthesis avait également été exécuté, et qu'un scénario additionnel permet au modèle d'estimer un paramètre de variance de l'indice supplémentaire. Dans l'ensemble, les résultats préliminaires indiquaient que les différences majeures dans les résultats du modèle sont liées aux séries de CPUE, ce qui est clairement démontré lorsque l'on compare les indices des pêcheries cibles et des pêcheries non-cibles.

Le Groupe a demandé des renseignements sur la distribution a priori initiale de B1971/K. Le modélisateur a expliqué que cette distribution a priori avait été choisie en supposant qu'une exploitation de la pêche avait déjà lieu en 1971, mais que faute d'informations supplémentaires ou auxiliaires, il avait été décidé d'utiliser une distribution a priori bêta avec une moyenne de 0,7 et un CV=0,2.

Le document SCRS/2023/127 présentait un résumé des ajustements préliminaires du modèle de production excédentaire bayésien JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les différents scénarios se basaient sur les paramètres du cycle vital, la pente et la pondération du modèle. Les scénarios fondés sur des valeurs de pente plus conservatrices (0,5) se sont avérés plus pessimistes que les autres .

Le Groupe a remercié les intervenants et reconnu les travaux exhaustifs menés en vue de la réunion d'évaluation.

3.4 Autres méthodes

Le document SCRS/2023/122 présentait les travaux menés en réponse à la recommandation formulée en 2021 visant à ce que le Groupe d'espèce sur les requins « Envisage, avec le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation des stocks, des méthodes alternatives d'évaluation des stocks (conformément à Kell, 2021b, à d'autres documents du SCRS et à la littérature halieutique) ». Le document détaille une étude de cas sur le requin peau bleue, basée sur la présentation faite lors de la réunion intersessions du Groupe d'espèce sur les requins de 2022 de l'ICCAT (en ligne, 16-18 mai 2022) et au WGSAM en 2022, à la suite de laquelle il avait été demandé aux auteurs de développer des lignes directrices pour l'utilisation de la simulation rétrospective dans le cadre de la sélection, du rejet, de la pondération et de l'extension des modèles dans des ensembles (Anon., 2022). L'étude de cas se base sur l'évaluation JABBA du requin peau bleue (SCRS/2023/124), mais les méthodes sont aussi applicables aux évaluations des stocks intégrées. Des exemples de diagnostics, la pondération des ensembles et l'évaluation de la capacité de prévisions ont également été discutés, par exemple ceux du Center for the Advancement of Population Assessment Methodology (CAPAM), d'autres ORGP et du CIEM. Les diagnostics peuvent être utilisés pour développer un cas de base ou la meilleure évaluation (par ex. Carvalho *et al.*, 2022), ou pour pondérer les ensembles (CIEM, 2023).

Après avoir développé un cas de base, une analyse de sensibilité doit être développée, dans laquelle un ensemble limité de scénarios, c.-à-d. des tests de robustesse, sont étudiés, lesquels incluent les incertitudes les plus importantes. Il existe différents moyens de choisir les scénarios à étudier, par exemple à travers la recherche d'informations (Leach *et al.*, 2014). Ils peuvent alors être utilisés afin d'évaluer la robustesse de l'avis en se fondant sur un cas de base et d'identifier les besoins en matière de recherche. En revanche, dans une analyse de l'incertitude, l'intention est de quantifier la probabilité des sorties déduites en se basant sur l'incertitude dans les valeurs d'entrée. Lorsqu'il existe de grandes incertitudes quant à la structure du modèle et aux paramètres fixes, des ensembles peuvent être utilisés. Le problème avec un ensemble est si le choix des scénarios est non-unique ou peu représentatif. Les procédures adoptées pour la sélection, le rejet et la pondération des scénarios affecteront donc la robustesse de l'avis, et lors du développement des ensembles, le mécanisme de pondération devrait être pré-spécifié. Compte tenu du temps disponible à la réunion, il n'a pas été possible de développer cet ensemble.

L'ensemble de diagnostics standard est disponible tant sur la plateforme JABBA que sur la plateforme SS3. Ils ont été appliqués et étudiés pour les modèles à l'étude dans cette évaluation. La prochaine étape pourrait consister à utiliser les évaluations du stock de requin peau bleue pour développer plus avant des outils pour la validation des modèles, la capacité des évaluations à classer l'état du stock et à réaliser des prévisions du stock. Ces éléments pourraient être mis en œuvre dans un cadre commun et mis à disposition pour la prochaine évaluation des stocks de requins.

4. Résultats de l'état du stock

Faisant suite à une discussion tenue par le Groupe, les CV des indices de CPUE ont été repondérés pour tous les modèles. La méthode de pondération appliquée pour les scénarios finaux, pour les stocks du Nord et du Sud, utilisait en tant qu'écart type moyen de chaque série $\log(\text{CPUE})$ le maximum des trois quantités suivantes : 1) la valeur moyenne calculée d'après celles initialement déclarées dans les documents de standardisation des CPUE ; 2) la RMSE des valeurs résiduelles résultant d'un ajustement LOESS à la série $\log(\text{CPUE})$; et 3) la valeur de 0,2.

4.1 Modèles de production

Les scénarios de sensibilité réalisés à des fins de continuité avec l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015 étaient tous similaires au cas de base dans l'Atlantique Nord et Sud. Par conséquent, aucune analyse complémentaire n'a été effectuée et ces modèles n'ont pas été inclus dans le diagramme de Kobe conjoint pour évaluer l'état ni utilisés dans les projections de populations.

4.2 Stock Synthesis

Estimations du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord

Les séries temporelles de la production de frai du stock reproducteur, du recrutement et de la mortalité par pêche (mesurée comme les taux de mortalité par pêche instantanée pour toutes les flottilles combinées) sont représentées graphiquement aux **figures 23, 24 et 25**, respectivement. La taille du stock reproducteur dans la relation stock-recrutement a été modélisée comme la fécondité du stock reproducteur (SSF) et calculée comme la somme du nombre de femelles par âge (communiqués en milliers) multipliée par la production annuelle de nouveau-nés de la part des femelles par âge (nouveau-nés mâles et femelles, en supposant un ratio de 1:1 de nouveau-nés mâles et femelles) au début de chaque année civile. La série temporelle estimée de la SSF pour le cas de référence indiquait que le stock maintenait une taille du stock reproducteur relativement stable puis diminuait progressivement à partir du milieu des années 1980 jusqu'en 2005 environ, suivi d'une augmentation tout au long du restant de la série temporelle (**figure 23**).

Des périodes de plus faibles recrutements ont été estimées pour les années 2002 et 2019 (**figure 24**). Toutefois, des recrutements légèrement inférieurs dans les années 1990, associés à une augmentation des débarquements, ont donné lieu à une tendance descendante de la biomasse entre 1990 et 2000. Le recrutement dans les années antérieures à 1990 suit exactement la relation stock-recrutement.

La mortalité par pêche annuelle totale estimée pour toutes les flottilles combinées (F) a été calculée avec l'option 4 = vrai de SS3. F pour la gamme d'âges (0-28) est par rapport à la mortalité par pêche obtenue par SS3 à la PME en conditions d'équilibre dans les mêmes unités. En général, F a augmenté de façon régulière jusqu'en 1995 (**figure 25**), puis s'est réduite jusqu'en 2007, après quoi la mortalité par pêche estimée a augmenté et a ensuite diminué les dernières années.

Le Groupe a pris connaissance du diagnostic du modèle de production structuré par âge (ASPM) qui montrait que le modèle avait une cohérence interne entre les captures et les séries de CPUE utilisées dans l'analyse.

L'approche lognormale à plusieurs variables (MVLN) a été utilisée afin d'élaborer le diagramme de phase de Kobe pour le modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Le Groupe a discuté du manque apparent de corrélation négative claire entre la F relative et la biomasse (B) relative, ce qui est un problème potentiel qu'il convient d'étudier. Il n'était pas clair si cela était dû à des différences entre la simulation de chaînes Monte-Carlo Markov(MCMC) et l'échantillonnage de MVLN, un problème dans l'extraction de MVLN ou un problème lié à l'ajustement du modèle.

En réponse, un sous-groupe a procédé à l'analyse de l'approche MVLN pour le modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Le sous-groupe a noté que la réelle densité de la distribution MVLN pourrait être obscurcie lors du tracé des points de recoupement. Elle pourrait être plus claire d'après un plus grand nombre de répliques ou un tracé de contours de la densité de points. Il a également été noté que la différence entre MVLN et MCMC n'était pas forcément un problème méthodologique. Néanmoins, le manque de corrélation négative entre F et B dans la matrice Hessienne estimée semble être peu commun pour un modèle d'évaluation. Un document SCRS résumant tout consensus atteint ou toute recommandation obtenue lors de l'examen de cette application spécifique réalisé par le sous-groupe pourrait être présenté à la prochaine Réunion du groupe d'espèces sur les requins du SCRS, qui se tiendra les 20 et 21 septembre 2023, sous réserve de sa disponibilité.

Estimations du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud

Les séries temporelles de la production de frai du stock reproducteur, des estimations du recrutement et de la mortalité par pêche (mesurée comme les taux de mortalité par pêche instantanée pour toutes les flottilles combinées) sont représentées graphiquement aux **figures 22, 26 et 27**, respectivement. La série temporelle estimée de la production de frai pour le cas de référence indiquait que le stock a rapidement diminué à partir de la fin des années 1980 jusqu'au début des années 2000, puis a continué à diminuer à un rythme plus lent jusqu'au début des années 2010 (**figure 22**). Elle présentait une augmentation discrète jusqu'à la fin des années 2010 puis une nouvelle réduction jusqu'à la fin de la série temporelle en 2021 (**figure 22**).

De forts recrutements ont notamment été estimés pour les années 2008, 2012 et 2013. Les recrutements de 2012 et 2013 (**figure 26**) ont engendré l'augmentation de la biomasse au cours des années 2010 (**figure 28**). De plus faibles recrutements à la fin des années 2010, associés à une augmentation des débarquements, ont donné lieu à une tendance descendante de la biomasse dans les dernières années du modèle.

La mortalité par pêche a été estimée comme la somme de la totalité des F par flottille (F apicales), divisée par F_{PME} calculée dans les mêmes unités. En général, F a augmenté de façon régulière à partir des années 1990 jusqu'au début des années 2010, atteignant le maximum de la série en 2011 ($F=1,33$) (**figure 27**). Après un léger recul, F a de nouveau augmenté les dernières années du modèle, atteignant une valeur de 1,16 en 2021 (**figure 27**).

4.3 Résultats de l'état du stock obtenus avec JABBA

Stock du Nord

Le Groupe a examiné les ajustements actualisés de JABBA au stock du Nord. La méthode de repondération des CV des CPUE a entraîné des valeurs moyennes de 0,2 pour les indices de l'UE-Espagne, de l'UE-Portugal, du Japon et du Maroc, de 0,29 et 0,28 pour les deux séries des États-Unis, et de 0,64 et 0,97 pour les séries du Taipei chinois et du Venezuela, respectivement. La variabilité interannuelle de l'écart type de la série $\log(\text{CPUE})$ des documents initiaux de standardisation des CPUE a été conservée, aboutissant aux valeurs annuelles indiquées à la **figure 28**, qui ont été utilisées comme valeurs d'entrée pour l'évaluation JABBA pour le stock du Nord. En outre, un terme supplémentaire, ajouté à la variance, a été estimé dans le cadre de l'évaluation du stock dans JABBA pour chaque série de CPUE.

Le Groupe a convenu que le cas de référence de JABBA pour le stock de l'Atlantique Nord devrait se baser sur le paramètre du cycle vital fourni dans Cortés et Taylor (SCRS/2023/115). Les distributions a priori log-normales faisant une approximation de la plage des valeurs identifiées comme les plus probables issues de ce document ont été déduites pour r (médiane de la distribution a priori =0,39 et CV=0,31) et m (médiane de la distribution a priori =1,5 et CV=0,31). Une distribution a priori log-normale a également été utilisée pour K, comme requis dans JABBA, avec une valeur de la médiane « par défaut » = $8 \cdot \max(\text{capture observée de 1971 à 2021}) = 443.864 \text{ t}$ et un CV élevé=1, pour la rendre relativement non-informative. Une distribution bêta avec une moyenne =0,7 et un CV=0,2 a été utilisée pour l'indice de stabilité de la population (PSI), PSI correspondant à $B(1971)/K$. Des écarts stochastiques de l'erreur de processus ont été permis à travers le modèle de dynamique de production excédentaire dans toutes les années, avec une très faible valeur de CV fixée (0,01) pour la période 1971-1991 et une valeur de CV estimée pour 1992 et les années suivantes qui correspondaient au début de la série de CPUE utilisée pour ajuster le modèle. Le CV appliqué à la série de captures a été fixé à 0,01.

Un ensemble de diagnostics suivant Carvalho *et al.* (2021) a été fourni : convergence du modèle, ajustement aux données, cohérence du modèle (schéma rétrospectif) et capacité de prédiction par validation croisée de simulation rétrospective (Kell *et al.* 2016 ; 2021a).

Les résultats des tests de convergence MCMC et l'examen visuel des diagrammes MCMC montraient que ce modèle a des propriétés de convergence adéquates. La **figure 29** présente les distributions a priori et a posteriori marginales. Pour r et m , les distributions a priori et a posteriori sont très similaires, tandis que pour K la distribution a posteriori est bien plus étroite que la distribution a priori, ce qui indique que les données d'entrée comportent des informations sur K . Les écarts de l'erreur de processus estimés montrent des périodes continues d'années avec des valeurs estimées positives ou négatives (**figure 30**), sans tendance évidente s'écartant de zéro lorsque l'on examine la totalité de la série temporelle.

La **figure 31** présente l'ajustement aux huit indices de CPUE ainsi que les valeurs résiduelles et les résultats du test des scénarios pour les valeurs résiduelles, qui n'a été réussi que par trois des huit indices de CPUE. Les statistiques de qualité d'ajustement ont indiqué une estimation élevée de la RMSE de 52,8% (**figure 32**). Les valeurs résiduelles donnent à penser à des conflits dans les données dus à différentes tendances dans les indices de CPUE, particulièrement les dernières années, débutant aux alentours de 2015 (**figure 31**).

Une analyse rétrospective éliminant jusqu'à cinq ans de données de CPUE à partir de la dernière année de l'évaluation a montré des écarts minimes pour l'ensemble du modèle (**figure 33**). Les valeurs du rho de Mohn estimées se situaient dans la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015 ; Carvalho *et al.*, 2017) et étaient faibles pour B/B_{PME} et F/F_{PME} , indiquant que le schéma rétrospectif est négligeable. La validation croisée de simulation rétrospective avec la même gamme de données éliminées des séries de CPUE et la prévision à un an d'avance des valeurs de CPUE éliminées ont donné lieu à des valeurs statistique MASE supérieures à 1 pour la plupart des séries de CPUE, indiquant qu'une prédiction à un an d'avance basée sur une marche aléatoire naïve était plus exacte que celle issue du modèle pour ces séries de CPUE (**figure 34**). Toutefois, lorsque des intervalles de prédiction a posteriori ont été calculés pour les observations des CPUE tenant également compte de leur erreur d'observation associée (CV), après avoir éliminé les cinq dernières années des séries de CPUE, les intervalles de prédiction a posteriori correspondants englobaient les valeurs de CPUE observées, y compris celles des cinq dernières années qui avaient été exclues lors de l'ajustement du modèle (**figure 35**). Les analyses de type Jackknife des indices de CPUE, ajustant le modèle en excluant une série de CPUE à la fois, ont indiqué que les séries de CPUE de l'UE-Portugal et du Japon ont la plus grande influence sur les résultats du modèle (**figure 36**).

Le Groupe a convenu que même si les diagnostics n'étaient pas particulièrement satisfaisants, les résultats obtenus des différentes formulations JABBA discutées à la réunion concordent et devraient être informatives pour inclusion dans l'avis de gestion. Les résultats suggèrent que le cas de référence du modèle final est stable et fournit un ajustement raisonnablement robuste aux données.

La **figure 37** illustre les tendances annuelles finales du stock. La biomasse affiche une tendance à la baisse à partir des années 1990 jusqu'au début des années 2000, puis augmente lentement jusqu'en 2016, et décroît légèrement par la suite (panneau supérieur gauche). La mortalité par pêche était initialement basse dans les années 1970 mais a augmenté tout au long des années 1980, demeurant à des valeurs similaires jusqu'en 2015 et reculant par la suite (panneau supérieur droit).

Le **tableau 7** présente les résumés des quantiles de la distribution a posteriori pour les paramètres et les quantités de gestion d'intérêt. L'estimation de la PME est de 33.822 t (31.085 t – 36.465 t) et la valeur de la médiane de la distribution a posteriori marginale de B_{PME} est de 120.012 t (83.682 t - 176.399 t). L'estimation de la médiane de F_{PME} est de 0,28 (0,18 - 0,42).

Les valeurs de la médiane estimées du modèle final de $B_{2021}/B_{PME} = 0,96$ (IC 95% : 0,71-1,35) et de $F_{2021}/F_{PME} = 0,68$ (IC 95%: 0,47-0,91) sont présentées au **tableau 7**.

Des analyses de sensibilité ont également été réalisées pour étudier l'impact d'inclure l'indice de prospection des États-Unis du début de la période et l'indice du Japon du début de la période et de faire débuter le modèle en 1957, en conformité avec l'évaluation du stock de requin peau bleue de 2015. Les analyses ont montré que les conclusions n'étaient pas sensibles à l'année de départ ou à l'inclusion des deux indices de CPUE additionnels. Le Groupe a convenu d'utiliser en tant que cas de référence le modèle débutant en 1971 et les indices de CPUE convenus à la Réunion de préparation des données sur le requin peau bleue de 2023 (Anon., 2023).

Stock du Sud

Le Groupe a convenu que le cas de référence de JABBA pour le stock de l'Atlantique Sud devrait se baser sur les paramètres du cycle vital présentés par Cortés et Taylor (SCRS/2023/115) et utiliser toutes les CPUE, avec des blocs temporels pour deux d'entre elles (se reporter au point 3.3). Un ensemble de diagnostics suivant Carvalho *et*

al. (2021) a été fourni : convergence du modèle, ajustement aux données, cohérence du modèle (schéma rétrospectif) et capacité de prédiction par validation croisée de simulation rétrospective (Kell *et al.*, 2016 ; 2021a). En outre, des analyses de type Jackknife ont également été fournies.

Les résultats des tests de convergence MCMC et l'examen visuel des diagrammes montrent que ce modèle a une convergence adéquate et un niveau élevé de stabilité. Les distributions a posteriori marginales ainsi que les densités de la distribution a priori sont présentées à la **figure 38**. Le rapport entre la médiane de la distribution a priori et de la distribution a posteriori (PPMR) pour r était proche de 1, ce qui indique, comme prévu, que la distribution a posteriori est fortement influencée par la distribution a priori. Les faibles rapports de variance de la distribution a priori par rapport à la distribution a posteriori (PPVR) pour K indiquaient que les données d'entrée étaient plus informatives sur K . Les écarts estimés de l'erreur de processus montrent une tendance à la hausse les années les plus récentes (**figure 39**), ce qui pourrait indiquer que la productivité du stock était supérieure à la moyenne au cours de la période récente. Bien que cette tendance soit perceptible, les intervalles de crédibilité estimés pour cette quantité contenaient toujours zéro dans l'ensemble de la série temporelle. Les valeurs de CV estimées sont présentées dans le **tableau 8**.

La **figure 40** présente les séries temporelles des CPUE observées (cercle, données d'entrée) et prédites (ligne pleine) du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Cinq des six indices de CPUE ont réussi le test des scénarios (**figure 40**, panneau de droite), avec une qualité d'ajustement raisonnable et une estimation élevée de la RMSE de 23,2 % (**figure 41**). Les schémas résiduels suggèrent des conflits dans les données causés par les tendances opposées des indices de CPUE, en particulier au cours des sept dernières années (2015-2021). Plus précisément, l'indice de la palangre de l'UE-Espagne affiche une tendance à la hausse tandis que l'indice de la palangre du Japon présente un schéma à la baisse ces dernières années (**figure 41**). De plus, la forte variation observée de l'indice du Taipei chinois pour les dernières années de la série temporelle (par ex. les valeurs résiduelles plus élevées de l'ensemble de la série temporelle) a également contribué à ce schéma.

Une analyse rétrospective sur huit ans montre des écarts par rapport au modèle complet pour les estimations de F , B et F/F_{PME} (**figure 42**) avec des valeurs du rho de Mohn de 0,29, -0,22 et 0,23 respectivement. Les valeurs du rho de Mohn estimées pour ces quantités se situaient en dehors de la fourchette acceptable de -0,15 et 0,20 (Hurtado-Ferro *et al.*, 2015 ; Carvalho *et al.*, 2017). En général, les schémas rétrospectifs sont influencés par le conflit entre les indices d'abondance, essentiellement par la grande influence de la valeur de l'indice de 2020 du Taipei chinois, qui est quasiment deux fois plus élevée que toutes les valeurs utilisées dans cette évaluation. L'auteur de l'indice a rappelé au Groupe que la flottille a opéré, en 2020, dans d'autres zones de pêche que les zones habituelles et avec une plus faible couverture d'observateurs en raison de la pandémie de COVID, et que la flottille a capturé un volume important de requins peau bleue de petite taille, ce qui a entraîné une CPUE en nombre élevée (Anon., 2023).

Pour B/B_{PME} , l'erreur de processus et la PME, les valeurs du rho de Mohn (-0,1, -0,01, et -0,08, respectivement) indiquaient que le schéma rétrospectif était négligeable pour ces quantités. Les résultats de la validation croisée de la simulation rétrospective ont indiqué que l'indice de la palangre du Brésil-Uruguay et l'indice du Taipei chinois ont de bonnes capacités de prédiction (**figure 43**). Les analyses de type Jackknife des indices de CPUE ont indiqué que tous les indices influencent la forme de la fonction de production excédentaire et les trajectoires de B/B_{PME} et de F/F_{PME} notamment au cours de la période entre le milieu des années 1990 et la fin des années 2000 (**figure 44**).

Les résultats suggèrent que le modèle final est stable et fournit un ajustement raisonnable aux données. Le **tableau 8** présente les résumés des quantiles de la distribution a posteriori pour les paramètres et les quantités de gestion d'intérêt. L'estimation de la PME était de 29.299 t (23.128 t – 47.758 t) et la médiane de la distribution a posteriori marginale de B_{PME} était de 135.211 t (91.781 t - 225.806 t). L'estimation de la médiane de F_{PME} était de 0,22 (0,15 - 0,32).

Dans l'ensemble, la médiane de B/B_{PME} estimée demeurait au-delà de 1,0 pour toutes les années évaluées (**figure 45**). La trajectoire de B/B_{PME} affichait une tendance relativement stable pendant deux décennies depuis 1971 et diminuait, passant de 2,0 à 1,2 environ, dans la décennie suivante à partir de la fin des années 1980 jusqu'au milieu des années 1990. La biomasse estimée est restée aux alentours de 1,2 jusqu'au milieu des années 2000 avant d'augmenter légèrement et de se stabiliser autour de 1,5 dans les années 2010. Ces dernières années, faisant suite aux récentes captures élevées, les estimations affichaient une tendance à la baisse tout en demeurant au-delà du niveau de B_{PME} .

La médiane de F/F_{PME} estimée se situait en dessous de 1,0 pour toutes les années évaluées (**figure 46**). Elle présentait une lente augmentation jusqu'à la fin des années 1980, suivie d'une forte augmentation (de 0,2 à 0,7) à partir de la fin des années 1980 jusqu'au milieu des années 1990, principalement induite par l'augmentation des

captures. Après le pic atteint à la fin des années 1990, la F/F_{PME} a légèrement fluctué entre 0,6 et 0,8 environ jusqu'au début des années 2010. La mortalité par pêche a soudainement diminué de 0,8 à 0,5 et 0,6 environ au début des années 2010 pour augmenter de nouveau par la suite atteignant le niveau historique le plus élevé.

Le modèle final estimait des valeurs de la médiane de $B_{2021}/B_{PME} = 1,41$ (ICr 95% : 0,93 - 1,87) et de $F_{2021}/F_{PME} = 0,82$ (ICr 95% : 0,39-1,47), respectivement.

4.4 Autres méthodes

En dehors de ce qui est indiqué ci-après, les résultats finaux d'aucune autre méthode d'évaluation n'ont été présentés pendant la réunion.

4.5 Synthèse des résultats de l'évaluation

Le Groupe a longuement discuté de divers sujets liés à l'élaboration de l'avis scientifique pour les deux stocks, comme la manière d'aborder les incertitudes associées à l'évaluation des stocks, la manière d'évaluer les scénarios, etc. Le Groupe a convenu de se concentrer sur l'élaboration d'un modèle d'évaluation des stocks qui soit le plus cohérent possible et a donc décidé de ne pas mettre en œuvre une approche par grille de modèles. Le Groupe a estimé qu'une approche par grille pourrait aider à quantifier certaines des incertitudes du modèle, mais toutes les tâches liées à l'exécution d'une grille d'incertitude structurelle n'ont pas pu être accomplies au cours de la réunion. Reconnaissant l'importance des méthodes et des approches de pondération des modèles, le Groupe a considéré qu'il s'agissait d'une caractéristique commune à toutes les évaluations de stock, notant qu'en général, le SCRS utilise par défaut une pondération égale des modèles acceptés, mais il a renvoyé les discussions au WGSAM pour de futures lignes directrices.

Stock du Nord

Le Groupe a examiné les résultats de JABBA et de Stock Synthesis et a discuté de la manière de formuler un avis scientifique et des recommandations de gestion pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Le Groupe a comparé les résultats entre les modèles (**figure 46** et **tableau 9**). Les trajectoires et les estimations de F/F_{PME} étaient similaires entre les modèles, et l'intervalle de crédibilité du cas de référence de JABBA couvrait entièrement l'intervalle de confiance du cas de référence de Stock Synthesis pour l'ensemble de la période. Les trajectoires de B/B_{PME} étaient similaires, mais les estimations de Stock Synthesis étaient supérieures à celles de JABBA jusque dans les années 2000. Par la suite, les tendances et les estimations de B/B_{PME} sont devenues plus similaires, avec un chevauchement complet de l'incertitude associée à ces estimations.

Le Groupe a noté que les conflits dans les indices d'abondance affectaient les performances des modèles dans les deux plateformes et que le modèle Stock Synthesis pouvait encore être amélioré. Le Groupe a convenu que pour l'évaluation du stock de requin peau bleue du Nord, l'avis scientifique sera basé sur les résultats combinés des cas de référence de JABBA et de Stock Synthesis avec une pondération égale. Il a également été convenu que les projections des stocks seraient réalisées pour chaque plateforme en supposant des scénarios de captures constantes à partir de 2024 et qu'elles seraient ensuite combinées pour produire les matrices de stratégie de Kobe II.

Il a été noté que le SCRS a convenu de communiquer la biomasse ou la biomasse du stock reproducteur à la fin de l'année et la mortalité par pêche correspondante qui a été appliquée pendant toute l'année. Par conséquent, dans les résultats de l'évaluation, SSB/SSB_{PME} provenant de Stock Synthesis donne des estimations de la biomasse à la fin de l'année. Toutefois, il a été noté que JABBA produit les estimations du ratio de B au début de l'année à partir de la vérification des codes. Le Groupe a recommandé que les modélisateurs (via le WGSAM) confirment le calendrier des résultats associé à la biomasse et à la mortalité par pêche correspondante à la fois dans JABBA et dans Stock Synthesis afin de garantir une comparaison et une combinaison correctes des résultats, étant donné que cela affectera la plupart des évaluations de l'ICCAT pour toutes les espèces.

Les séries temporelles conjointes de B relative et F relative et le diagramme de phase de Kobe ont été construits avec 100.000 itérations basées sur l'approche lognormale multivariée de Monte-Carlo (MVLN) pour le cas de référence de Stock Synthesis et 100.000 échantillons MCMC pour le cas de référence de JABBA. Les résultats conjoints (**figure 47**) ont montré que la trajectoire de B/B_{PME} était stable au niveau historiquement le plus élevé (environ 2,0) jusqu'au milieu des années 1980, suivie d'une diminution continue jusqu'au niveau historiquement le plus bas (environ 0,7) au début des années 2000, en réponse à l'augmentation des captures et de la mortalité par pêche. La biomasse a ensuite augmenté progressivement jusqu'au niveau de B_{PME} au milieu des années 2010 et est restée à peu près au niveau de B_{PME} à la fin de l'année d'évaluation 2021. La trajectoire de F/F_{PME} était similaire à

l'historique des captures. Elle a augmenté rapidement dans les années 1980 pour atteindre un niveau supérieur à celui de F_{PME} et a fluctué entre 1,0 et 1,5 jusqu'en 2018. Les estimations depuis 2019 étaient inférieures à F_{PME} , ce qui s'explique par la diminution des captures au cours des dernières années. La PME conjointe était de 32.689 t (moyenne géométrique des deux modèles, avec un intervalle de confiance de 95% compris entre 30.403 et 36.465 t).

Les résultats combinés indiquent que le stock se situe au niveau de la PME ($B_{2021}/B_{PME} = 1,00$, avec un intervalle de confiance de 95% : 0,75-1,31) et ne connaît pas de surpêche ($F_{2021}/F_{PME} = 0,70$ avec un intervalle de confiance de 95% : 0,50-0,93). Le diagramme de phase de Kobe indique qu'il y a une probabilité de 49,6% que le stock se trouve actuellement dans le quadrant jaune du diagramme de Kobe, une probabilité de 49,7% qu'il se trouve dans le quadrant vert et moins de 1% qu'il se trouve dans le quadrant rouge ou orange (**figure 48**).

Stock du Sud

Le Groupe a examiné les résultats du cas de référence de JABBA et Stock Synthesis et a comparé les résultats entre les modèles pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud (**figure 49 et tableau 10**). Les trajectoires médianes de B/B_{PME} ont montré que le stock n'a pas été en dessous du niveau de B_{PME} pendant toute la période considérée dans la présente évaluation pour les deux modèles. Les deux modèles ont montré une tendance à la baisse de B/B_{PME} dans les années 1990 par rapport à la biomasse vierge, et les estimations après les années 2000 se situaient entre 1,0 et 1,5. Bien que les trajectoires soient différentes, les limites de confiance se sont chevauchées pour la plupart des années. Il a été noté que l'ampleur des estimations avant les années 2000 différait largement entre les modèles (environ 2,0 pour JABBA et 3,5 pour Stock Synthesis dans les années 1970).

Les trajectoires de F/F_{PME} étaient similaires entre les modèles, mais l'ampleur des estimations était plus élevée dans Stock Synthesis depuis le milieu des années 2000. En général, les estimations de F/F_{PME} étaient inférieures à 1,0, sauf pour certaines années où les captures ont été importantes, ce qui a entraîné des différences entre les modèles en ce qui concerne l'état du stock prévu pour les années les plus récentes. L'estimation de JABBA pour 2021 était inférieure à F_{PME} , tandis que l'estimation de Stock Synthesis était supérieure à F_{PME} . Cependant, les limites de confiance des deux modèles se sont complètement chevauchées, avec une incertitude beaucoup plus élevée indiquée par les résultats de JABBA.

Le Groupe a estimé que les deux modèles présentaient des ajustements et des diagnostics raisonnables du modèle, et a donc décidé de combiner les modèles JABBA et SS3 lors de l'évaluation de l'état des stocks et de l'élaboration des projections. Les séries temporelles conjointes et le diagramme de Kobe ont été construits avec 15.000 itérations basées sur l'approche lognormale multivariée de Monte-Carlo (MVLN) pour le cas de référence de Stock Synthesis et 15.000 échantillons MCMC pour le cas de référence de JABBA. Les résultats combinés (**figure 50**) ont montré que la trajectoire de B/B_{PME} était stable au niveau historiquement le plus élevé (inférieur à 3,0) jusqu'à la fin des années 1980, suivie d'une diminution continue jusqu'au niveau historiquement le plus bas (environ 1,3) au milieu des années 2000. Depuis lors, les estimations sont restées relativement stables entre 1,3 et 1,5. La trajectoire de F/F_{PME} était semblable à l'historique des captures, montrant une augmentation progressive et continue depuis la fin des années 1980 jusqu'au niveau historiquement le plus élevé en 2011 (1,14). Les estimations étaient inférieures à F_{PME} au milieu des années 2010, mais ont de nouveau augmenté pour atteindre le niveau de F_{PME} au cours des années les plus récentes. La PME conjointe estimée était de 27.711 t (moyenne géométrique des deux modèles, avec une gamme d'intervalle de confiance de 95% de 23.128 - 47.758 t).

Les résultats combinés indiquent que le stock n'est pas surexploité ($B_{2021}/B_{PME} = 1,29$, avec un intervalle de confiance de 95% : 0,89 - 1,81) mais subit une surpêche ($F_{2021}/F_{PME} = 1,03$ avec un intervalle de confiance de 95% : 0,45 - 1,55). Un diagramme de phase conjoint de Kobe (**figure 51**) montre qu'il existe une probabilité de 46,5% que le stock se trouve actuellement dans le quadrant orange du diagramme de Kobe, une probabilité de 44,7% que le stock se trouve dans le quadrant vert et une probabilité de 8,02% qu'il se trouve dans le quadrant rouge, avec moins de 1% de probabilités qu'il se trouve dans le quadrant jaune.

Le Groupe a discuté des différentes formes de distribution des itérations dans les diagrammes de Kobe pour JABBA et Stock Synthesis dans les stocks de requin peau bleue du Nord et du Sud (**figure 51**). Il a été noté que les modèles de production excédentaire (JABBA) estiment moins de paramètres de modèle et tendent à montrer une corrélation beaucoup plus élevée entre F et B par rapport aux modèles structurés par âge (Stock Synthesis) qui estiment un plus grand nombre de paramètres. Le Groupe s'est demandé s'il n'y avait pas de corrélation dans les résultats de Stock Synthesis ou si l'approche MVLN ne prenait pas en compte la corrélation des paramètres. Le Groupe a convenu qu'il serait plus judicieux d'étudier cette question en exécutant des projections stochastiques MCMC dans Stock Synthesis et en les comparant à des projections équivalentes de l'approche MVLN, et que ce travail serait effectué entre les sessions.

5. Projections

Le Groupe a convenu de réaliser des projections stochastiques de l'état des stocks sur la base des cas de référence sélectionnés de JABBA et de Stock Synthesis pour les stocks de requin peau bleue de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud, en accordant la même importance à chaque plateforme de modélisation. En raison de contraintes de temps, le Groupe a convenu de réaliser les projections stochastiques après la réunion.

Les rapports officiels des captures nominales de requin peau bleue de la tâche 1 pour 2022 n'étant pas disponibles, le Groupe a suggéré d'examiner les rapports de captures officiels lors de la réunion du Groupe d'espèces sur les requins en septembre 2023 afin d'évaluer si les hypothèses de captures pour 2022 pour les deux projections de stock doivent être affinées. Le Secrétariat de l'ICCAT se concertera avec le Président au début du mois de septembre 2023 pour procéder à cette révision.

Requin peau bleue de l'Atlantique Nord

Configuration de la projection :

- Fixer à 23.418 t (moyenne des captures nominales de 2019-2021 de la tâche 1) la meilleure estimation des captures attendues pour 2022 et 2023. Ce chiffre inclut les estimations préliminaires des États-Unis des captures de requin peau bleu du Nord pour 2022, soit 37 tonnes, fournies par les scientifiques nationaux au cours de la réunion.
- Onze scénarios de captures futures constantes pour les périodes comprises entre 2024 et 2033, comme suit : 0, 20.000 à 40.000 t avec un intervalle de 2.500 t ; et 32.689 t le niveau estimé de la PME combinée.
- 100.000 itérations dans les deux modèles.
- Pour Stock Synthesis, utiliser une moyenne de trois ans (2019-2021) pour la répartition des captures futures par flottille et leur sélectivité correspondante.
- Pour Stock Synthesis, appliquer l'approche lognormale multivariée (MVLN) pour les projections stochastiques.
- Pour Stock Synthesis, les valeurs futures de recrutement (au-delà de l'année 2019) ont été tirées directement de la relation stock-recrutement.
- Pour JABBA, échantillonner les distributions a posteriori de tous les paramètres, y compris les paramètres principaux (r et K), les paramètres d'erreur d'observation et l'erreur de processus.

Résultats des projections :

Les tendances annuelles des projections stochastiques de B/B_{PME} et F/F_{PME} relatives de l'état combiné actuel du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord sont présentées à la **figure 52**. Le **tableau 11** montre le pourcentage des scénarios de projection du modèle pour lesquels le niveau de biomasse est inférieur à 20% de B_{PME} . Les résultats indiquaient que des captures constantes futures égales ou supérieures à 35.000 t amèneraient le stock à des niveaux de biomasse faibles, considérés comme présentant un risque élevé et non viables à long terme. Les matrices de stratégie de Kobe II (**tableau 12**) ont été estimées et montrent la probabilité qu'il n'y a actuellement pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$), que le stock n'est pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ainsi que la probabilité conjointe que le stock se trouve dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (à savoir, $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$). La PME en conditions d'équilibre a été estimée à 32.689 t.

Les projections stochastiques (**figure 52**) indiquaient que les niveaux de captures constantes futures (2024 et au-delà) de 32.689 t (PME) maintiendront le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord au-dessus de la B_{PME} de référence et en dessous du point de F_{PME} avec une probabilité de 50% ou plus (c'est-à-dire dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (**tableau 12c**)) d'ici la fin de la période de projection (10 ans ; 2033). Il existe toutefois une période de transition dans les projections (2025 - 2029) où, tout en pêchant au niveau de la PME, le stock aura une probabilité plus faible de se trouver dans le quadrant vert (46%). Cette période de transition reflète la structure par âge et les récentes tendances prévues de recrutement moyen, notamment d'après les résultats du modèle Stock Synthesis.

Si les captures actuelles (moyenne de 2019-2021) d'environ 23.500 t sont maintenues, le stock devrait rester dans le quadrant vert du diagramme de phase de Kobe pendant toute la période de projection avec une probabilité de 50% ou plus. Il en va de même pour les niveaux de capture ne dépassant pas 27.500 t par an (**tableau 12c**).

Configurations de la projection :

- Fixer à 34.983 t (moyenne des captures de 2019-2021 dans la tâche 1) la meilleure estimation des captures attendues pour 2022 et 2023.
- 10 scénarios de futures captures constantes : 0 ; 15.000 - 32.500 t avec un intervalle de 2.500 t ; et le niveau estimé de la PME conjointe à 27.711 t (moyenne géométrique des estimations combinées de JABBA et Stock Synthesis).
- 15.000 itérations dans les deux modèles.
- Pour Stock Synthesis, utiliser une moyenne de trois ans (2019-2021) pour la répartition des captures futures par flottille et leur sélectivité correspondante.
- Pour Stock Synthesis, appliquer l'approche lognormale multivariée (MVLN) pour les projections stochastiques.
- Pour Stock Synthesis, les valeurs futures de recrutement (au-delà de l'année 2019) ont été tirées directement de la relation stock-recrutement estimée dans le modèle, à l'exclusion des trois dernières années (2019-2021) d'écart du recrutement.
- Pour JABBA, échantillonner les distributions a posteriori de tous les paramètres, y compris les paramètres principaux (r et K), les paramètres d'erreur d'observation et l'erreur de processus.

Résultats des projections :

Les tendances annuelles des projections stochastiques de B/B_{PME} et F/F_{PME} relatives de l'état combiné actuel du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud sont présentées à la **figure 53**. Le **tableau 13** montre le pourcentage des scénarios de projection du modèle pour lesquels le niveau de biomasse est inférieur à 20% de B_{PME} . Les résultats indiquaient que des captures constantes futures égales ou supérieures à 30.000 t amèneraient le stock à des niveaux de biomasse faibles, considérés comme présentant un risque élevé et non viables à long terme. Les matrices de stratégie de Kobe 2 (**tableau 14**) ont été estimées et montrent la probabilité qu'il n'y a actuellement pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$), que le stock n'est pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ainsi que la probabilité conjointe que le stock se trouve dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (à savoir, $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$). La PME en conditions d'équilibre a été estimée à 27.711 t.

Les projections stochastiques (**figure 53**) indiquaient qu'un niveau de capture constante future (2024 et au-delà) de 27.711 t (PME) maintiendra le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud au-dessus de la B_{PME} de référence et en dessous du point de F_{PME} avec une probabilité de 50% ou plus (c'est-à-dire dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (**tableau 14c**)) d'ici la fin de la période de projection (10 ans ; 2033).

Si les captures actuelles (moyenne de 2019-2021) d'environ 35.000 t sont maintenues, la biomasse du stock devrait diminuer rapidement. Les ponctions à ce niveau ne sont pas viables à long terme et risquent de tomber en dessous de 20% du niveau de référence estimé pour B_{PME} dans quelques années. Seules des captures égales ou inférieures à la PME (27.711 t) maintiendront le stock dans le quadrant vert du diagramme de Kobe.

6. Recommandations

6.1 Recherche et statistiques

Recommandations n'ayant pas d'implications financières

Considérant la nécessité de réduire l'incertitude dans les évaluations des stocks des espèces de requins pélagiques affectées par les pêcheries de l'ICCAT et gardant à l'esprit la *Recommandation de l'ICCAT remplaçant la Recommandation 16-13 en vue d'améliorer l'examen de l'application des mesures de conservation et de gestion s'appliquant aux requins capturés en association avec les pêcheries de l'ICCAT* (Rec. 18-06) et d'autres recommandations antérieures qui rendaient obligatoire la soumission des données des tâches 1 et 2 sur les requins, le Groupe demande à nouveau instamment aux CPC de fournir les statistiques correspondantes, y compris les estimations des rejets (morts et vivants) de toutes les pêcheries de l'ICCAT, y compris les pêcheries récréatives et artisanales et, dans la mesure du possible, les pêcheries ne relevant pas de l'ICCAT capturant ces espèces. Le Groupe estime que le principe de base d'une évaluation correcte de l'état d'un stock consiste à disposer d'une base solide permettant d'estimer les ponctions totales.

En raison des modifications apportées aux exigences de déclaration des données au fil du temps, des lacunes importantes dans les données historiques sur les requins subsistent dans l'ICCAT-DB. Par conséquent, le Groupe réitère une fois de plus ses recommandations antérieures selon lesquelles les scientifiques nationaux devraient examiner les fiches informatives du SCRS afin d'identifier les lacunes dans les données sur les requins et soumettre les données manquantes au Secrétariat afin de se conformer aux exigences de l'ICCAT en matière de déclaration des données. Le Groupe recommande que les scientifiques nationaux des CPC qui, par le passé, ont déclaré les données sur les requins en tant que partie d'un ensemble d'espèces étudient la possibilité de soumettre à nouveau ces données au niveau de l'espèce.

Le Groupe recommande que les CPC qui capturent des requins peau bleue en Méditerranée fournissent les prises nominales requises de la tâche 1 (y compris les estimations des rejets morts et vivants) et les données de taille et de prise-effort de la tâche 2, y compris les séries temporelles historiques. En outre, le Groupe recommande également que les CPC s'efforcent d'accroître leurs efforts de collecte d'échantillons biologiques de requins peau bleue en mer Méditerranée.

Le Groupe recommande de promouvoir les activités du Groupe de travail *ad hoc* sur la coordination des informations de marquage du SCRS et que les scientifiques nationaux mettent davantage l'accent sur les activités de marquage conventionnel des requins.

Le Groupe recommande que le Groupe de travail du SCRS sur les méthodes d'évaluation des stocks (WGSAM) examine et recommande la déclaration appropriée de la référence temporelle de la biomasse et de la mortalité par pêche. Plus précisément, il s'agit de savoir si la biomasse à prendre en compte doit être l'estimation à la fin ou au début de l'année pour laquelle la mortalité par pêche correspondante est fournie. Cela devrait être confirmé pour les modèles d'évaluation des stocks couramment utilisés (par exemple, JABBA, Stock Synthesis).

Le Groupe recommande également que de nouveaux efforts soient déployés pour que les permis de la CITES soient délivrés directement à l'ICCAT à des fins d'échantillonnage biologique et de recherche.

Reconnaissant les difficultés de collecter, d'introduire en provenance de la mer et de partager des échantillons biologiques des espèces inscrites à la CITES, le Groupe recommande que le SCRS et la Commission encouragent les CPC à explorer des mécanismes visant à faciliter l'octroi de permis au sein des CPC pour les introductions en provenance de la mer et à expédier des échantillons entre les CPC.

Le Groupe recommande que, si possible, un représentant de l'ICCAT assiste à la 77^e réunion du comité permanent de la CITES, qui se tiendra du 6 au 10 novembre 2023, afin d'identifier certaines des difficultés rencontrées par l'ICCAT en matière d'octroi de permis.

Le Groupe recommande d'étudier la possibilité d'utiliser les évaluations du requin peau bleue pour poursuivre le développement d'outils de validation des modèles, pour évaluer la capacité des évaluations à estimer l'état des stocks et pour réaliser des prévisions sur les stocks. Celles-ci pourraient être mises en œuvre dans un cadre commun et être mises à disposition pour les évaluations futures des stocks.

Recommandations ayant des implications financières

Le Groupe recommande que le Secrétariat acquière et mette à la disposition des Groupes d'espèces du SCRS des ressources informatiques de haute performance (Cloud) pour effectuer des tâches telles que les diagnostics standards, les scénarios MCMC, les projections stochastiques, et des grilles d'incertitude.

6.2 Gestion

Les recommandations de gestion seront développées lors de la réunion du Groupe d'espèces sur les requins.

7. Réponses à la Commission

Au cours de la réunion, la liste des réponses à la Commission a été examinée. La plupart de ces réponses correspondent à la conservation du requin-taupo bleu, c.-à-d. *Recommandation de l'ICCAT sur la conservation du stock de requin-taupo bleu de l'Atlantique Nord capturé en association avec les pêcheries de l'ICCAT* (Rec. 21-09) (stock du Nord) et *Recommandation de l'ICCAT sur la conservation du stock de requin-taupo bleu de l'Atlantique Sud capturé en association avec les pêcheries de l'ICCAT* (Rec. 22-11) (stock du Sud). Il a été noté

que la plupart des réponses n'ont pas pu être élaborées avant le 31 juillet 2023, date limite pour la soumission des données des tâches 1 et 2 correspondant à l'année 2022. Le Groupe a convenu de travailler entre les sessions pour préparer les réponses en utilisant la même méthodologie que celle appliquée lors de la réunion du Groupe d'espèces sur les requins en 2022. Il a également été noté qu'étant donné la similitude de ces deux recommandations, certaines des réponses s'appliqueraient aux deux.

8. Programme de recherche et de collecte de données sur les requins (SRDCP)

Les activités et les conclusions de l'atelier de l'ICCAT sur le programme de recherche et de collecte de données sur les requins (SRDCP), qui s'est tenu du 13 au 15 juillet 2023, ont été présentées au Groupe. Les principales conclusions de l'atelier seront incluses dans un document du SCRS qui sera préparé avant la réunion du Groupe d'espèces de septembre 2023 (SCRS/2023/138). Les tâches développées dans le cadre de ce projet concernaient : l'âge et la croissance, les mouvements génétiques et l'utilisation de l'habitat, la mortalité après la remise à l'eau, les études sur la reproduction, l'amélioration des informations disponibles pour l'évaluation des populations, et d'autres activités. Les difficultés rencontrées par le programme et les moyens possibles de les surmonter ont été discutés. Les étapes futures de la deuxième phase du programme ont également été discutées, y compris les nouvelles espèces d'élastomobranches qui ont été récemment incluses dans le cadre de la Convention de l'ICCAT, les progrès dans les informations disponibles sur les requins pélagiques qui ne sont pas inclus dans le SRDCP, les activités à poursuivre et les nouvelles activités à inclure.

Afin d'établir les grandes lignes de la prochaine phase du SRDCP, et dans la continuité de ce qui a été fait en 2013, le Groupe a convenu de développer une analyse des lacunes en matière de données afin d'orienter la recherche et la collecte de données dans les années à venir, avant la réunion plénière du SCRS en 2023. Cela comprendra toutes les espèces d'élastomobranches hautement migratoires qui sont maintenant couvertes par la Convention de l'ICCAT.

Étant donné que 92% des espèces de requins relevant de la Convention de l'ICCAT sont actuellement inscrites à la CITES, d'autres discussions ont porté sur la nécessité d'une plus grande souplesse et de mécanismes plus efficaces pour la collecte et le partage des échantillons d'espèces inscrites à la CITES. Cet aspect a été jugé crucial par les participants à l'atelier, étant donné que de nombreuses tâches relevant du SRDCP nécessitent la collecte et le partage d'échantillons biologiques, et que le succès de nombreuses tâches du SRDCP dépend donc de la capacité à collecter les échantillons des espèces de requins pélagiques actuellement inscrites à l'annexe II de la CITES. Par conséquent, l'avis que le Groupe d'espèces sur les requins et le SCRS peuvent fournir à la Commission dépend de la poursuite de ces études.

Au cours de l'atelier, il a également été jugé nécessaire de promouvoir les activités du Groupe de travail *ad hoc* sur la coordination des informations de marquage de l'ICCAT. Le Groupe a recommandé aux scientifiques de mettre davantage l'accent sur les activités de marquage conventionnel des requins.

Après la présentation de l'atelier de la SRDCP, la plupart des discussions ont porté sur les conséquences de l'inscription des espèces de requins à la CITES et les difficultés correspondantes liées à l'importation d'échantillons provenant des eaux internationales, puis au partage des échantillons entre les scientifiques de différents pays. Il a de nouveau été noté que bon nombre de ces difficultés peuvent être résolues par les autorités nationales de la CITES, mais la réalité est que, dans la pratique, cela ne s'est pas produit. Lors des discussions pendant l'atelier, on a cité des exemples de cas réels où il n'est tout simplement pas possible de procéder à un échantillonnage.

Il a également été noté que, par le passé, le Groupe d'espèces sur les requins, avec le soutien du Secrétariat, du SCRS et du Président de la Sous-commission 4, a contacté la CITES afin de discuter de la possibilité de délivrer des permis d'échantillonnage spéciaux directement à l'ICCAT, ainsi qu'à d'autres ORGP-t qui développent des recherches biologiques sur ces espèces. Il s'agirait principalement de résoudre la question complexe des "introductions en provenance de la mer", c'est-à-dire l'introduction d'échantillons des eaux internationales dans les pays nationaux. Il a été noté que le comité permanent de la CITES se réunira en novembre 2023 et qu'il discutera de plusieurs aspects liés aux permis, y compris l'échantillonnage scientifique et les introductions en provenance de la mer. Idéalement, certaines CPC qui sont également parties à la CITES pourraient envoyer une proposition demandant que le Comité permanent de la CITES ouvre une discussion sur ces points ; cette documentation doit être envoyée à la CITES avant le mois de septembre.

9. Autres questions

Le document SCRS/2023/123 fournit une analyse exploratoire des captures de requin peau bleue par la flottille palangrière espagnole opérant dans les eaux de la Méditerranée occidentale. Les auteurs utilisent les données des carnets de pêche pour fournir des informations de base sur les captures de requin peau bleue, l'effort de pêche et les différents types d'engins utilisés par la flottille, qui varient en termes de profondeur de pêche, de nombre d'hameçons utilisés, de saisonnalité et de zones de pêche en fonction de l'espèce ciblée. Les données des observateurs montrent que les captures et la CPUE nominale du requin peau bleue (estimée comme le nombre de spécimens capturés pour mille hameçons) varient selon les types d'engins, les valeurs les plus élevées étant observées dans les palangres de surface et les plus faibles dans les palangres de fond et semi-pélagiques ciblant l'espadon. En outre, il existe des différences spatiales dans les CPUE nominales observées, ce qui montre que la côte sud-est de l'Espagne est une zone potentielle de valeurs élevées de CPUE nominales de requins peau bleue. De surcroît, les plus gros spécimens de requins peau bleue ont été capturés par les flottilles de pêche semi-pélagique et de palangre de fond ciblant l'espadon. D'autres analyses peuvent être menées sur les tendances spatio-temporelles des CPUE ainsi que sur l'estimation des indices annuels d'abondance et/ou des captures totales.

Le Groupe a discuté des différences entre chaque type d'engin de palangre. Les espèces cibles (germon, thon rouge, thonine commune ou espadon), la profondeur de pêche, les zones et les saisons sont différentes, de même que les configurations (nombre et taille des hameçons, épaisseur du nylon ou tressage du nylon), entre autres. Tous ces facteurs peuvent potentiellement influencer la capturabilité du requin peau bleue.

Le Groupe a également noté que si les CPUE nominales étaient différentes entre les différents types d'engins de pêche à la palangre, ces différences ne semblaient pas substantielles. Cependant, aucune analyse statistique formelle n'a été effectuée pour vérifier si les différences étaient significatives.

Le Groupe a noté que les résultats de la palangre de surface ciblant le thon rouge devraient être interprétés avec prudence, étant donné que très peu de sorties et de calées ont été suivies par les observateurs de cette flottille.

Le Groupe a demandé si le requin peau bleue était considéré comme une espèce commerciale ou comme une espèce de prise accessoire. Pour la pêcherie palangrière espagnole de la Méditerranée, le requin peau bleue est une espèce de prise accessoire et, bien qu'il soit vendu sur le marché local, les pêcheurs ne le retiennent pas et ne le débarquent pas en grand nombre en raison du problème de la conservation de la chair à bord jusqu'au retour au port des navires. La chair du requin peau bleue nécessite un processus de réfrigération particulier et un équipement spécial dont ne disposent pas les navires opérant en Méditerranée, qui sont généralement plus petits que les navires espagnols opérant dans l'Atlantique. C'est pourquoi les requins peau bleue sont généralement rejetés, à l'exception de ceux qui sont capturés lors des dernières remontées avant le retour au port d'attache.

Le Groupe s'est interrogé sur les captures de requins peau bleue réalisées par d'autres engins, comme la senne, en Méditerranée espagnole. À l'heure actuelle, aucune information n'est disponible sur les captures effectuées avec d'autres engins, mais il s'agit d'une question qui pourra être étudiée à l'avenir. Le Groupe a convenu qu'il serait très utile de mettre à jour les informations sur les captures provenant d'autres pêcheries et de toutes les CPC de la mer Méditerranée.

Les scientifiques espagnols ont procédé à un échantillonnage biologique du requin peau bleue dans le cadre de projets antérieurs, mais aucune activité d'échantillonnage n'est en cours. Néanmoins, l'échantillonnage biologique peut être effectué à nouveau si nécessaire. Le Groupe a convenu qu'il serait très utile d'actualiser les informations sur le cycle vital en Méditerranée.

Le Groupe encourage les CPC à soumettre leurs données sur les requins peau bleue de la Méditerranée. Le Groupe recommande la présentation de toutes les données statistiques biologiques et halieutiques concernant les requins peau bleue de la mer Méditerranée, y compris les différentes flottilles de pêche et les engins de pêche.

En raison des limitations actuelles des données qui empêchent la réalisation d'évaluations du stock de requin peau bleue de la Méditerranée, le Groupe a discuté de l'utilisation potentielle de méthodologies alternatives telles que l'évaluation du risque écologique (ERA), l'analyse de la productivité et de la susceptibilité (PSA) ou l'évaluation de la durabilité des effets de la pêche (SAFE).

Compte tenu des contraintes de temps, il a été convenu que les sections 4 et 5 du présent rapport seraient adoptées par correspondance selon le calendrier suivant : 1) Le projet initial sera envoyé aux participants de la réunion par courriel le 9 août 2023 ; 2) les participants auront ensuite une période pour le réviser et envoyer leurs commentaires jusqu'au 16 août au Président.

Le Groupe a également convenu de préparer à l'avance des projets de documents pour la réunion du Groupe d'espèces sur les requins de septembre, y compris les mises à jour du résumé exécutif sur le requin peau bleue, les réponses à la Commission et le plan de travail sur les requins.

10. Adoption du rapport et clôture

Le Groupe n'a pas pu terminer les sections 4 et 5 lors de la réunion. Celles-ci ont été adoptées par correspondance après la réunion. Le Président a remercié les participants pour leur travail intense pendant la réunion. La réunion a été levée.

Bibliographic

- 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.

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 ($\sigma_R=0,01$) 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 sigmaR 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 R0 (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 R0 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 B1971/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 en 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.

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 Taipei Chino y Venezuela, respectivamente. La variabilidad interanual de la desviación estándar de la serie $\log(\text{CPUE})$ 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" = $8 \times \max(\text{capturas observadas de 1971-2021}) = 443864 \text{ t}$ 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 ($B > B_{RMS}$) 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 $B > B_{RMS}$). 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 marcado del SCRS y que los científicos nacionales hagan más hincapié en las actividades de marcado 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 elasmobranquios 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 tiburones 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.

TABLEAUX

Tableau 1. Résumé des captures totales de requin peau bleue pour le stock du nord par flottille.

Tableau 2. Résumé des captures totales de requin peau bleue pour le stock du sud par flottille.

Tableau 3. Indices de capture par unité d'effort disponibles pour le stock de requin peau bleue du nord.

Tableau 4. Indices de capture par unité d'effort disponibles pour le stock de requin peau bleue du sud.

Tableau 5. Liste des paramètres du modèle pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue du nord. Des distributions a priori non-informatives ont été utilisées dans ce modèle, les paramètres avec une phase négative ont été fixés à leur valeur initiale et les paramètres estimés près de leurs limites (indiqués ci-dessous par un *) n'avaient pas une grande influence sur les résultats globaux du modèle.

Tableau 6. Liste des paramètres du modèle pour le cas de référence du requin peau bleue du modèle Stock Synthesis. Valeurs estimées (*values*) et leurs erreurs asymptotiques associées (STdEr inférieur bas et STdEr supérieur haut), valeurs initiales du paramètre (*Init*), valeurs minimale (*Min*) et maximale (*Max*), distributions a priori (*Prior*) si utilisés, et si le paramètre a été fixé ou estimé (les entiers de phase négatifs indiquent que le paramètre a été fixé, tandis que les valeurs positives indiquent qu'il a été estimé).

Tableau 7. Résumé des quantiles a posteriori présentés sous la forme de médianes a posteriori marginales et intervalles de probabilité associés de 95% (LCI 2,5% et UCI 97,5%) des paramètres pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les paramètres « SQRT(τ^2) » sont la racine carrée du terme de variance supplémentaire estimé de JABBA pour l'erreur de processus de chaque indice d'abondance.

Tableau 8. Résumé des quantiles a posteriori présentés sous la forme de médianes a posteriori marginales et intervalles de crédibilité associés de 95% (LCI 95% et UCI 95%) des paramètres pour le cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud.

Tableau 9. Estimations annuelles de la biomasse (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche (F/F_{PME}) relatives des modèles JABBA et Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les résultats conjoints montrent les estimations combinées des deux plateformes.

Tableau 10. Estimations annuelles de la biomasse (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche (F/F_{PME}) relatives des modèles JABBA et Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les résultats conjoints montrent les estimations combinées des deux plateformes.

Tableau 11. Pourcentage des scénarios du modèle entraînant des niveaux de $B \leq 20\%$ de B_{PME} pendant la période de projection pour un niveau de capture donné pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Tableau 12. N-BSH. Matrices de stratégie de Kobe 2 pour les modèles combinés du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. En haut : probabilité qu'il n'y ait pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$) ; au milieu : probabilité que le stock ne soit pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ; et en bas : probabilité conjointe de se situer dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (c'est-à-dire $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$).

(a) Probabilité $F \leq F_{PME}$.

(b) Probabilité $B \geq B_{PME}$.

(c) Probabilité $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$.

Tableau 13. S-BSH. Pourcentage des scénarios du modèle entraînant des niveaux de $B \leq 20\%$ de B_{PME} pendant la période de projection pour un niveau de capture donné pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud.

Tableau 14. S-BSH. Matrices de stratégie de Kobe 2 pour les modèles combinés du stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. En haut : probabilité qu'il n'y ait pas de surpêche ($F \leq F_{PME}$) ; au milieu : probabilité que le stock ne soit pas surexploité ($B \geq B_{PME}$) ; et en bas : probabilité conjointe de se situer dans le quadrant vert du diagramme de Kobe (c'est-à-dire $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$).

(a) Probabilité $F \leq F_{PME}$.

(b) Probabilité $B \geq B_{PME}$.

(c) Probabilité $F \leq F_{PME}$ et $B \geq B_{PME}$.

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

FIGURES

Figure 1. Captures totales débarquées de requins peau bleue pour le stock de requin peau bleue du nord (en haut) et du sud (en bas).

Figure 2. Indices d'abondance standardisés du requin peau bleue pour le stock du nord (en haut) et le stock du sud (en bas).

Figure 3. Analyses de sensibilité pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud (JABBA).

Figure 4. Analyses de sensibilité pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord (JABBA).

(a) Schaefer vs Pella et distribution a priori de K avec l'ensemble des 10 indices, faible erreur de processus.

(b) Année de début de Pella variable, distribution a priori ou indices de B_0/K , autrement identique au cas de base.

(c) Diagnostic « post-modèle pré-données » (PMPD) sans indices, faible erreur de processus.

Figure 5. Résultats de l'analyse de « jitter » (100) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 6. Ajustement aux séries temporelles des indices pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 7. Ajustement aux séries temporelles de tailles agrégées pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 8. Diagramme conjoint des valeurs résiduelles pour les ajustements de l'indice (panneau de gauche) et de la composition par tailles (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 9. Écarts du recrutement pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 10. Test des scénarios pour les ajustements de l'indice (panneaux supérieurs) et de la composition par tailles (panneaux inférieurs) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les indices ayant une autocorrélation en série dans les valeurs résiduelles sont identifiés en rouge.

Figure 11. Analyse rétrospective pour la fécondité du stock du nord (panneau de gauche) et F/F_{PME} (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 12. Diagrammes de simulation rétrospective pour les ajustements de l'indice (panneaux supérieurs) et des tailles (panneaux inférieurs) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les chiffres entre parenthèses représentent un ajustement à la valeur MASE, qui n'a pas été évalué dans l'évaluation actuelle.

Figure 13. Résultats « jitter » pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du stock méridional.

Figure 14. Ajustement à la série temporelle des indices pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 15. Ajustement à la série temporelle des longueurs agrégées pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 16. Écarts de recrutement pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 17. Diagramme conjoint des valeurs résiduelles pour les ajustements de l'indice (panneau de gauche) et de la composition des longueurs (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 18. Test des scénarios pour les ajustements de l'indice (panneau supérieur) et de la composition des longueurs (panneau inférieur) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 19. Analyse rétrospective pour la production de frai (panneau de gauche) et F (panneau de droite) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 20. Diagramme rétrospectif pour l'indice (panneau supérieur) et l'ajustement des longueurs (panneau inférieur) pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 21. Profil de vraisemblance pour le modèle SS3 du stock méridional.

Figure 22. Estimations de la production de frai pour le cas de référence du modèle Stock Synthesis du requin peau bleue du Sud.

Figure 23. Série temporelle estimée de Stock Synthesis pour la production du stock reproducteur de requin peau bleue de l'Atlantique Nord.

Figure 24. Recrutement estimé du cas de référence du modèle Stock Synthesis de 2023 pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord montrant le recrutement annuel estimé d'âge 0 (cercles) avec les intervalles de confiance asymptotiques de 95%. Le recrutement dans les années antérieures à 1990 et postérieures à 2021 suit exactement la relation stock-recrutement.

Figure 25. Taux de mortalité par pêche instantanée estimés du cas de référence du modèle Stock Synthesis de 2023 pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord pour toutes les flottilles combinées (F continue).

Figure 26. Série temporelle estimée de Stock Synthesis pour les recrutements du requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les barres verticales indiquent les IC de 95%.

Figure 27. Série temporelle estimée de Stock Synthesis pour la mortalité par pêche du requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les barres verticales indiquent les IC de 95%.

Figure 28. Valeurs annuelles utilisées en tant qu'écart type d'entrée de $\log(\text{CPUE})$ dans le cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les couleurs correspondent au Venezuela (rouge), à l'UE-Espagne (vert), à l'UE-Portugal (bleu foncé), aux États-Unis1 (bleu ciel), aux États-Unis2 (rose), au Japon (jaune), au Taipei chinois (gris) et au Maroc (noir).

Figure 29. Distributions a priori et a posteriori du cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. PPRM : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des moyennes ; PPRV : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des variances.

Figure 30. Écart de l'erreur de processus pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. La ligne pleine est la médiane a posteriori et la zone ombrée grise indique les intervalles de probabilité a posteriori de 95%.

Figure 31. Panneaux supérieurs : Séries temporelles des CPUE observée (cercle) et prédite (ligne pleine noire) du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les zones ombrées grises foncées montrent les intervalles de probabilité a posteriori de 95% de la CPUE moyenne attendue et les zones ombrées grises claires indiquent les intervalles de la distribution a posteriori prédictive de 95%. Panneaux inférieurs : Tests des scénarios pour évaluer le caractère aléatoire de la série temporelle des valeurs résiduelles de la CPUE par flottille pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les panneaux verts n'indiquent aucune preuve de l'absence de caractère aléatoire des valeurs résiduelles des séries temporelles ($p > 0,05$), tandis que les panneaux rouges indiquent une possible auto-corrélation. La zone ombrée intérieure montre trois erreurs standard par rapport à la moyenne générale et les cercles rouges identifient une année spécifique dont les valeurs résiduelles sont supérieures à cette valeur seuil (règle des 3 σ).

Figure 32. Diagrammes de diagnostic des valeurs résiduelles des indices de $\log(\text{CPUE})$ pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les diagrammes en boîte à moustaches indiquent la médiane et les quantiles de toutes les valeurs résiduelles disponibles pour une année donnée, et les lignes noires pleines indiquent un lissage de LOESS pour toutes les valeurs résiduelles.

Figure 33. Analyse rétrospective du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, en éliminant séquentiellement une année à la fois (jusqu'à 5 années) et en estimant les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à B_{PME} (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} (F/F_{PME}) (panneaux centraux), ainsi que de la biomasse par rapport à K (B/K) et de la courbe de production excédentaire (panneaux inférieurs).

Figure 34. Résultats de la validation croisée de la simulation rétrospective pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, montrant les prévisions à un an d'avance des valeurs de CPUE (2017-2021), réalisées avec cinq scénarios du modèle de simulation rétrospective par rapport à la CPUE attendue. Les observations de la CPUE, utilisées pour la validation croisée, sont mises en évidence par des cercles pleins codés par couleur avec un intervalle de confiance associé de 95%, ombré en gris clair. L'année de référence du modèle se réfère aux points finaux de chaque prévision à un an d'avance et à l'observation correspondante (c'est-à-dire l'année de l'élimination + 1).

Figure 35. Intervalles de prédiction a posteriori pour les valeurs de CPUE, tenant compte de l'erreur d'observation des CPUE, pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord, à partir d'un scénario du modèle éliminant les 5 dernières années des données de CPUE (2017-2021). Les points noirs représentent les valeurs de CPUE observées, et les intervalles de prédiction a posteriori (probabilité de 90%) sont représentés en vert et en rouge pour les années dans lesquelles les valeurs de CPUE ont été incluses ou exclues du scénario du modèle.

Figure 36. Analyse de type Jackknife du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les lignes noires et les intervalles ombrés gris correspondent au cas de référence et les lignes en couleur au même modèle ajusté après avoir éliminé une série de CPUE à la fois. La ligne bleue est l'ajustement après avoir éliminé la série de CPUE portugaise et la ligne jaune l'ajustement après avoir éliminé la série de CPUE japonaise.

Figure 37. Tendances annuelles du stock estimées par le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Nord. La ligne pleine représente la valeur de la médiane et la zone ombrée indique l'intervalle de probabilité a posteriori de 95%.

Figure 38. Distributions a priori et a posteriori du cas de référence de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. PPRM : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des moyennes ; PPRV : Ratio de la distribution a posteriori/a priori des variances.

Figure 39. Écarts de l'erreur de processus (médiane : ligne pleine) pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. La zone ombrée grise indique les intervalles de crédibilité de 95%.

Figure 40. Panneaux de gauche : Séries temporelles des CPUE observée (cercle, données d'entrée) et prédite (ligne pleine) du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les zones ombrées grises foncées montrent les intervalles de crédibilité de 95% de la CPUE moyenne attendue et les zones ombrées grises claires indiquent les intervalles de la distribution a posteriori prédictive de 95%. Panneaux de droite : Tests des scénarios pour évaluer le caractère aléatoire de la série temporelle des valeurs résiduelles de la CPUE par flottille pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les panneaux verts n'indiquent aucune preuve de l'absence de caractère aléatoire des valeurs résiduelles des séries temporelles ($p > 0,05$), tandis que les panneaux rouges indiquent une possible auto-corrélation. La zone ombrée intérieure montre trois erreurs standard par rapport à la moyenne générale et les cercles rouges identifient une année spécifique dont les valeurs résiduelles sont supérieures à cette valeur seuil (règle des 3x sigma).

Figure 41. Diagrammes de diagnostic des valeurs résiduelles des indices de CPUE pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les diagrammes en boîte à moustaches indiquent la médiane et les quantiles de toutes les valeurs résiduelles disponibles pour une année donnée, et les lignes noires pleines indiquent un lissage de LOESS pour toutes les valeurs résiduelles.

Figure 42. Analyse rétrospective du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud, en éliminant séquentiellement une année à la fois ($n=5$) et en prédisant les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à B_{PME} (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} (F/F_{PME}) (panneaux centraux), ainsi que de la biomasse par rapport à K (B/K) et de la courbe de production excédentaire (panneaux inférieurs).

Figure 43. Résultats de la validation croisée de la simulation rétrospective pour le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud, montrant les prévisions à un an d'avance des valeurs de CPUE (2017-2021), réalisées avec cinq scénarios du modèle de simulation rétrospective par rapport à la CPUE attendue. Les observations de la CPUE, utilisées pour la validation croisée, sont mises en évidence par des cercles pleins codés par couleur avec un intervalle de confiance associé de 95%, ombré en gris clair. L'année de référence du modèle se réfère aux points finaux de chaque prévision à un an d'avance et à l'observation correspondante (c'est-à-dire l'année de l'élimination + 1).

Figure 44. Analyse de l'indice de Jackknife du cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud, en éliminant une flottille de CPUE à la fois et en prédisant les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à B_{PME} (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} (F/F_{PME}) (panneaux centraux), ainsi que de la biomasse par rapport à K (B/K) et de la courbe de production excédentaire (panneaux inférieurs).

Figure 45. Tendances annuelles de B/B_{PME} (en haut) et de F/F_{PME} (en bas) estimées par le cas de référence de JABBA pour le requin peau bleue de l'Atlantique Sud. La ligne pleine représente la valeur de la médiane et la zone ombrée indique l'intervalle de crédibilité de 95%.

Figure 46. Tendances annuelles estimées de JABBA (lignes orange) et de Stock Synthesis (lignes vertes) pour B/B_{PME} (JABBA) ou SSB/SSB_{PME} (Stock Synthesis) (panneau supérieur), et F/F_{PME} (panneau inférieur) avec IC de 95% (JABBA : 100.000 itérations, Stock Synthesis : 100.000 itérations en utilisant MVLN).

Figure 47. Les séries temporelles conjointes de B relative et F relative et le diagramme de phase de Kobe ont été construits avec 100.000 itérations basées sur l'approche lognormale multivariée de Monte-Carlo (MVLN) pour le cas de référence de Stock Synthesis et 100.000 échantillons MCMC pour le cas de référence de JABBA.

Figure 48. Diagramme de phase de Kobe conjoint issu de JABBA et de Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord. Les points noirs pleins et la ligne pleine indiquent la trajectoire de l'état du stock, le point bleu indiquant la dernière année (2021), les points gris étant les interactions de chaque modèle pour la dernière année avec les distributions marginales tracées sur l'axe latéral.

Figure 49. Tendances annuelles estimées de JABBA (lignes orange) et de Stock Synthesis (lignes vertes) pour B/B_{PME} (JABBA) ou SSB/SSB_{PME} (Stock Synthesis) (panneau supérieur), et F/F_{PME} (panneau inférieur) avec IC de 95% (JABBA : 15.000 itérations, Stock Synthesis : 15.000 itérations en utilisant MVLN).

Figure 50. Résultats combinés entre JABBA et Stock Synthesis pour B/B_{PME} (JABBA) ou SSB/SSB_{PME} (Stock Synthesis) (panneau supérieur), et F/F_{PME} (panneau inférieur) avec un intervalle de confiance de 95% en utilisant 30.000 itérations de JABBA (15.000 itérations) et de Stock Synthesis (15.000 itérations en utilisant MVLN).

Figure 51. Diagramme de phase de Kobe conjoint issu de JABBA et de Stock Synthesis pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud. Les points noirs pleins et la ligne pleine indiquent la trajectoire de l'état du stock, le point bleu indiquant la dernière année (2021), les points gris étant les interactions de chaque modèle pour la dernière année avec les distributions marginales tracées sur l'axe latéral.

Figure 52. Projections pour B/B_{PME} et F/F_{PME} basées sur les cas de référence de Stock Synthesis et de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Nord pour différents niveaux de futures captures constantes allant de 20.000 à 40.000 t, y compris un scénario de capture zéro débutant en 2024. La capture initiale pour les années 2022-2023 a été fixée à 23.418 t, qui est la capture moyenne des 3 dernières années (2019-2021). Les projections s'étendent jusqu'en 2033 (10 ans).

Figure 53. Projections pour B/B_{PME} et F/F_{PME} basées sur les cas de référence de Stock Synthesis et de JABBA pour le stock de requin peau bleue de l'Atlantique Sud pour différents niveaux de futures captures constantes allant de 15.000 à 32.500 t, y compris un scénario de capture zéro débutant en 2024. La capture initiale pour les années 2022-2023 a été fixée à 34.983 t, qui est la capture moyenne des 3 dernières années (2019-2021). Les projections s'étendent jusqu'en 2033 (10 ans).

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 Bo/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 -3σ).

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).

APPENDICES

Appendice 1. Ordre du jour.

Appendice 2. Liste des participants.

Appendice 3. Liste des documents et des présentations.

Appendice 4. Résumés des documents et présentations SCRS fournis par les auteurs.

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

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	
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							
SCRS Doc No.	VEN-LL SCRS/2015/022	SPN-LL SCRS/2023/040	POR-LL SCRS/2023/045	US-LL SCRS/2023/046	JPN-LL SCRS/2023/050	CTP-LL SCRS/2023/059	MOR-LL SCRS/2023/058							
Age range	Number													
Catch Units	1000 hooks													
Effort Units	Delta log-normal													
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_1flt_1F1_EU-ESP	0.05	1	0	0.2		0.01	InitF
InitF_seas_1flt_2F2_JPN	0.01	1	0	0.2		0.00	InitF
InitF_seas_1flt_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
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	0.0011304
InitF_seas_1flt_3FS3_CHI_TAI	1	0.01007	0.01007	0	0.2	Normal	0.03	0.007215	0.0129197
InitF_seas_1flt_4FS4_JPN	1	0.00859	0.00859	0	0.2	Normal	0.03	0.006309	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
Size_DbIn_ascend_se_FS1_EU_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_DblN_start_logit_FS1_EU_SPN(1)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_end_logit_FS1_EU_SPN(1)	1	-4.9849	-4.9849	-5	20	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_peak_FS2_BRA(2)	2	178.829	178.829	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_top_logit_FS2_BRA(2)	-1	15	15	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_ascend_se_FS2_BRA(2)	2	7.34907	7.34907	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_descend_se_FS2_BRA(2)	-1	-15	-15	-15	6	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_start_logit_FS2_BRA(2)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_end_logit_FS2_BRA(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_BRA(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_DblN_peak_FS3_CHI_TAI(3)	2	208.732	208.732	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_top_logit_FS3_CHI_TAI(3)	-1	15	15	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_ascend_se_FS3_CHI_TAI(3)	2	7.44219	7.44219	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_descend_se_FS3_CHI_TAI(3)	-1	-15	-15	-15	6	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_start_logit_FS3_CHI_TAI(3)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_end_logit_FS3_CHI_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_DblN_peak_FS11_EU_POR(7)	2	201.717	201.717	15	365	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_top_logit_FS11_EU_POR(7)	1	-8.0471	-8.0471	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_ascend_se_FS11_EU_POR(7)	2	6.34127	6.34127	-4	12	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_descend_se_FS11_EU_POR(7)	1	7.60007	7.60007	-15	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_start_logit_FS11_EU_POR(7)	-2	-15	-15	-999	15	No_prior	NA	NA	NA
Size_DblN_end_logit_FS11_EU_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
$\sigma.proc$	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	B/Bmsy or SSB/SSBmsy									F/Fmsy								
	JABBA			Stock Synthesis			joint results			JABBA			Stock Synthesis			joint results		
Year	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	B/Bmsy or SSB/SSBmsy									F/Fmsy								
	JABBA			Stock Synthesis			joint results			JABBA			Stock Synthesis			joint results		
Year	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	0.06	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%

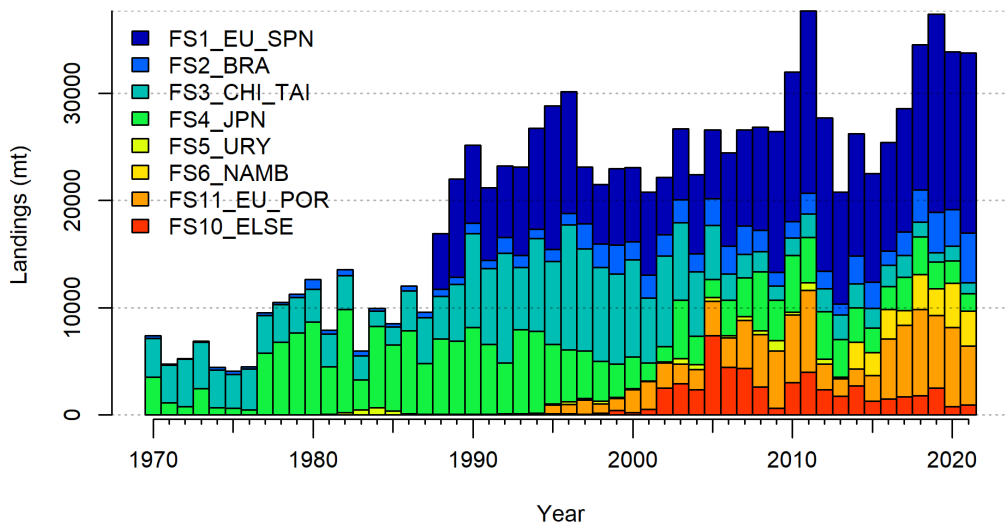
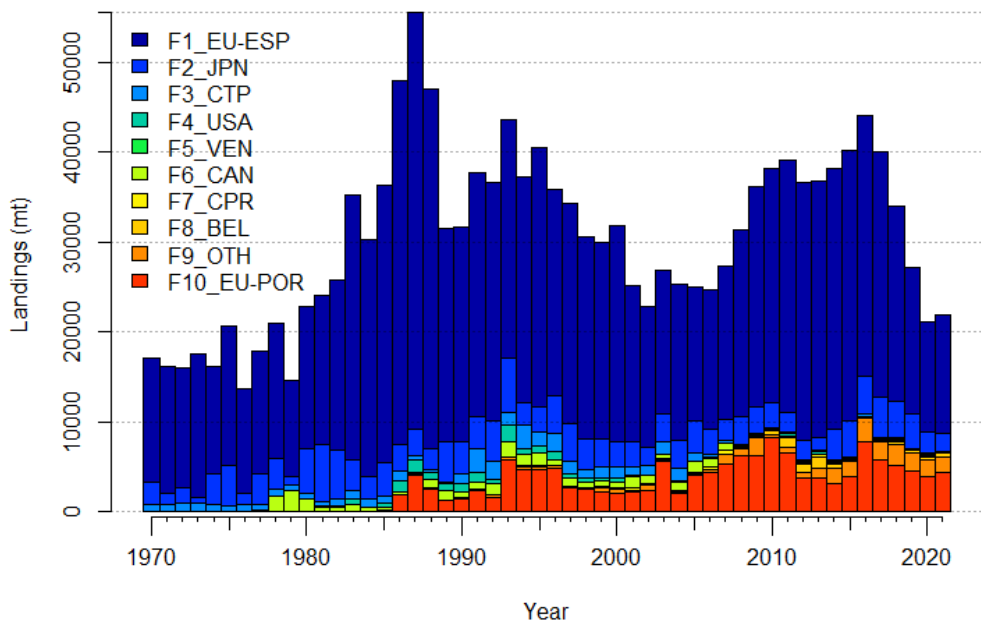


Figure 1. Total landed catch of blue shark for northern (upper) and southern (lower) blue shark stocks.

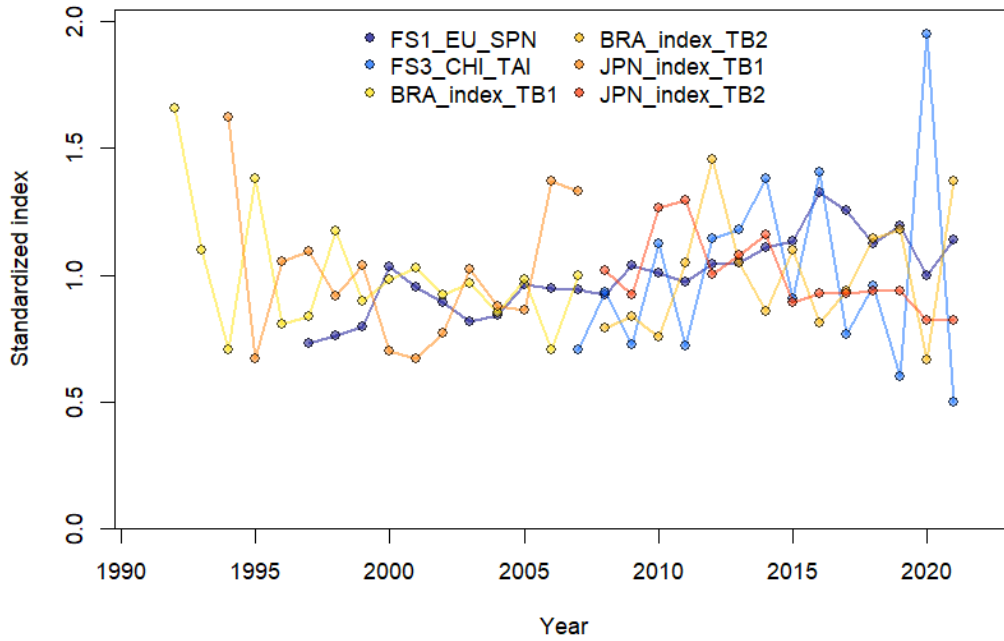
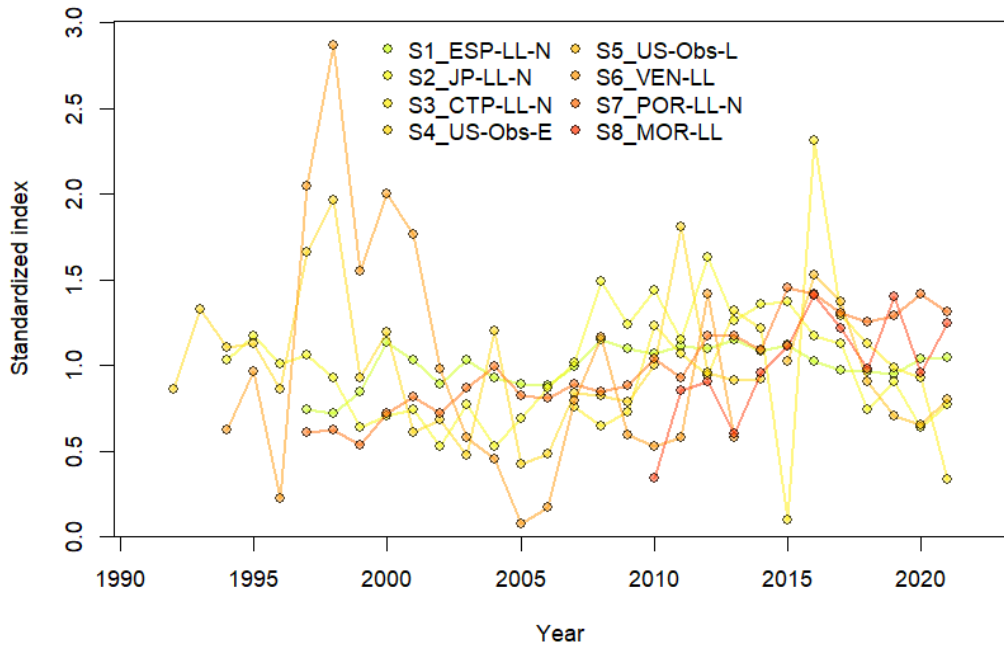


Figure 2. Standardized indices of abundance of blue shark for the northern stock (upper) and the southern stock (lower).

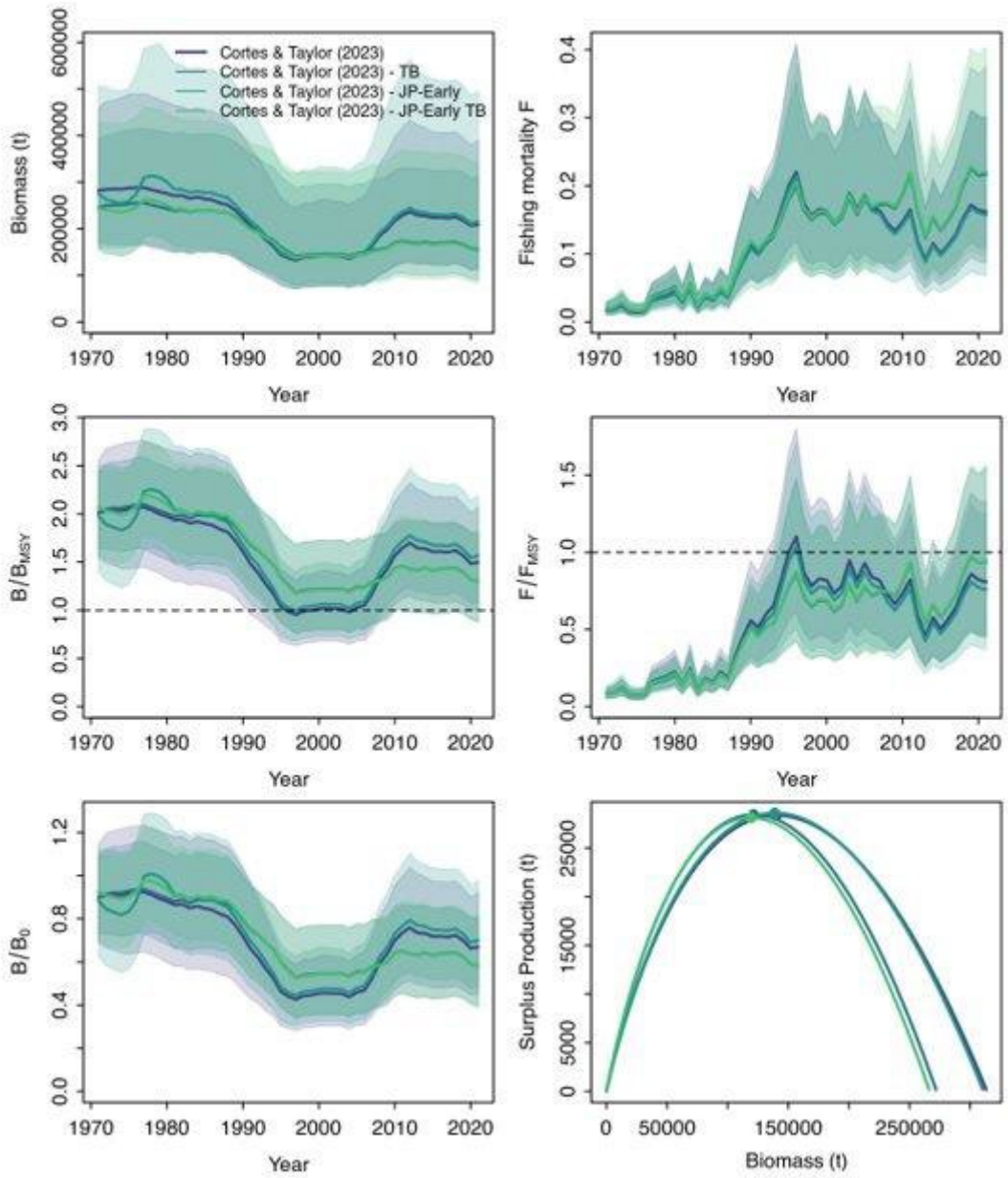
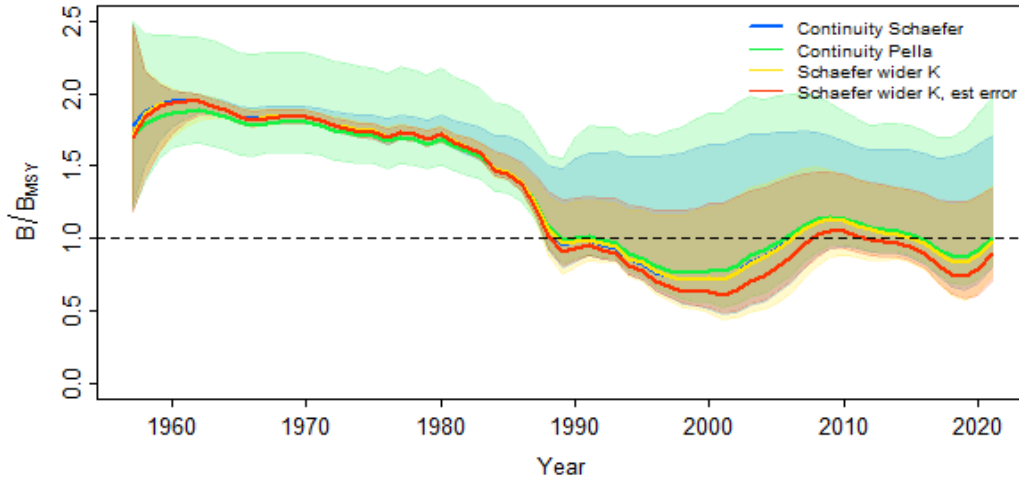
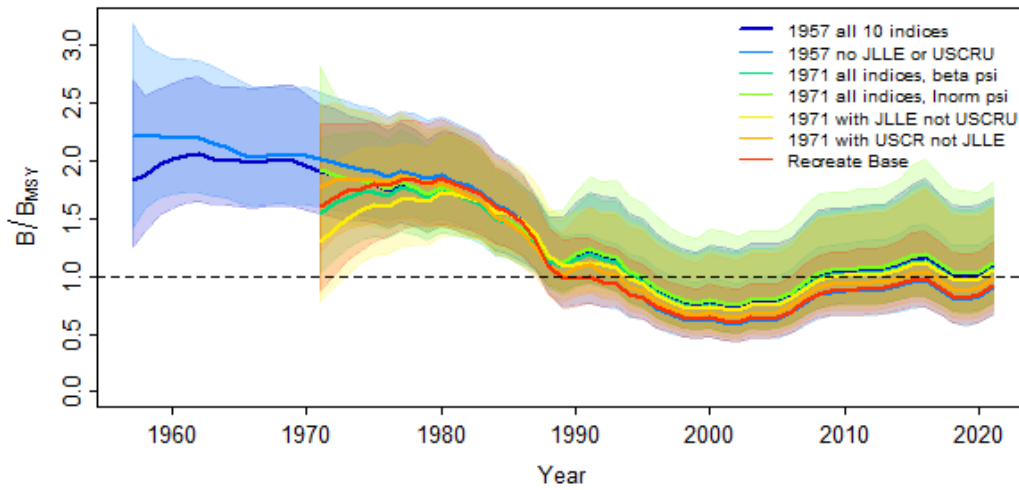


Figure 3. Sensitivity analyses for South Atlantic blue shark stock (JABBA).

(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.

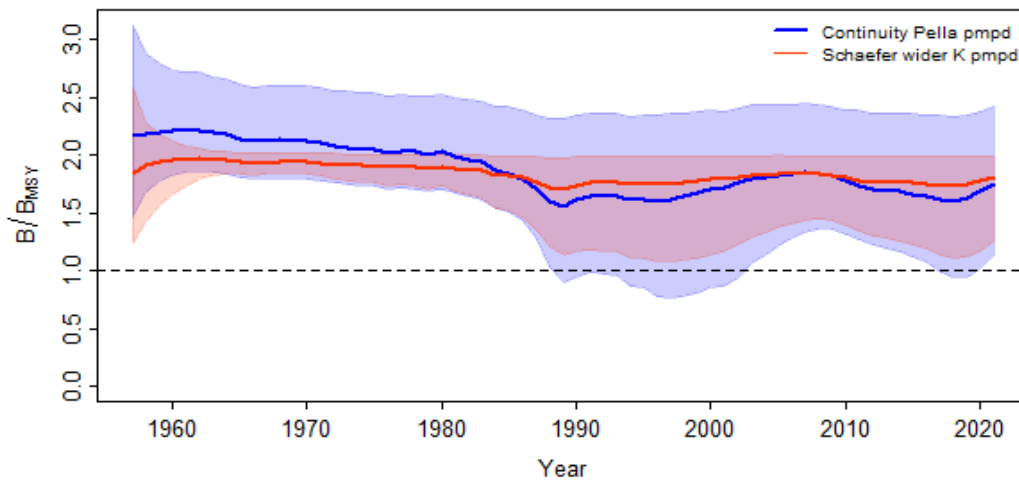


Figure 4. Sensitivity analyses for North Atlantic blue shark stock (JABBA).

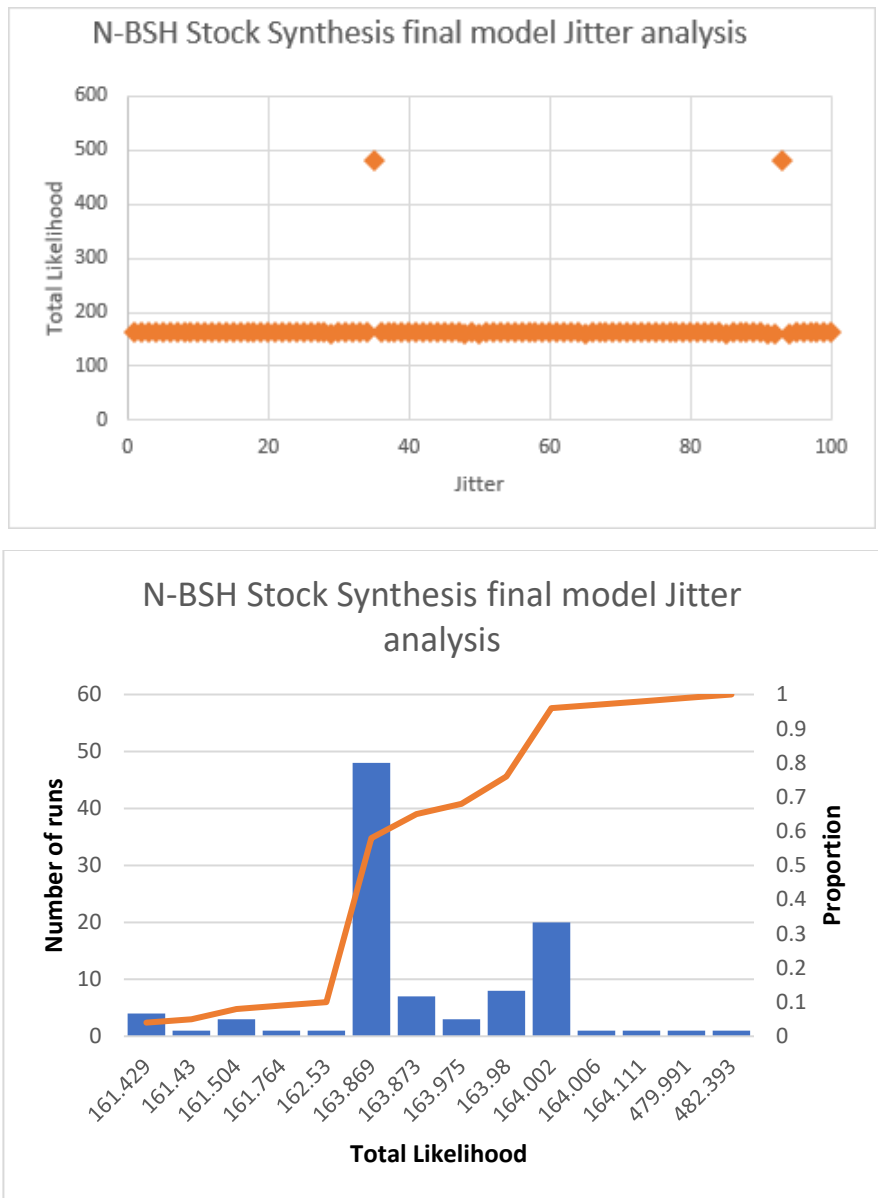


Figure 5. Jitter results (100) for the northern blue shark Stock Synthesis model reference case.

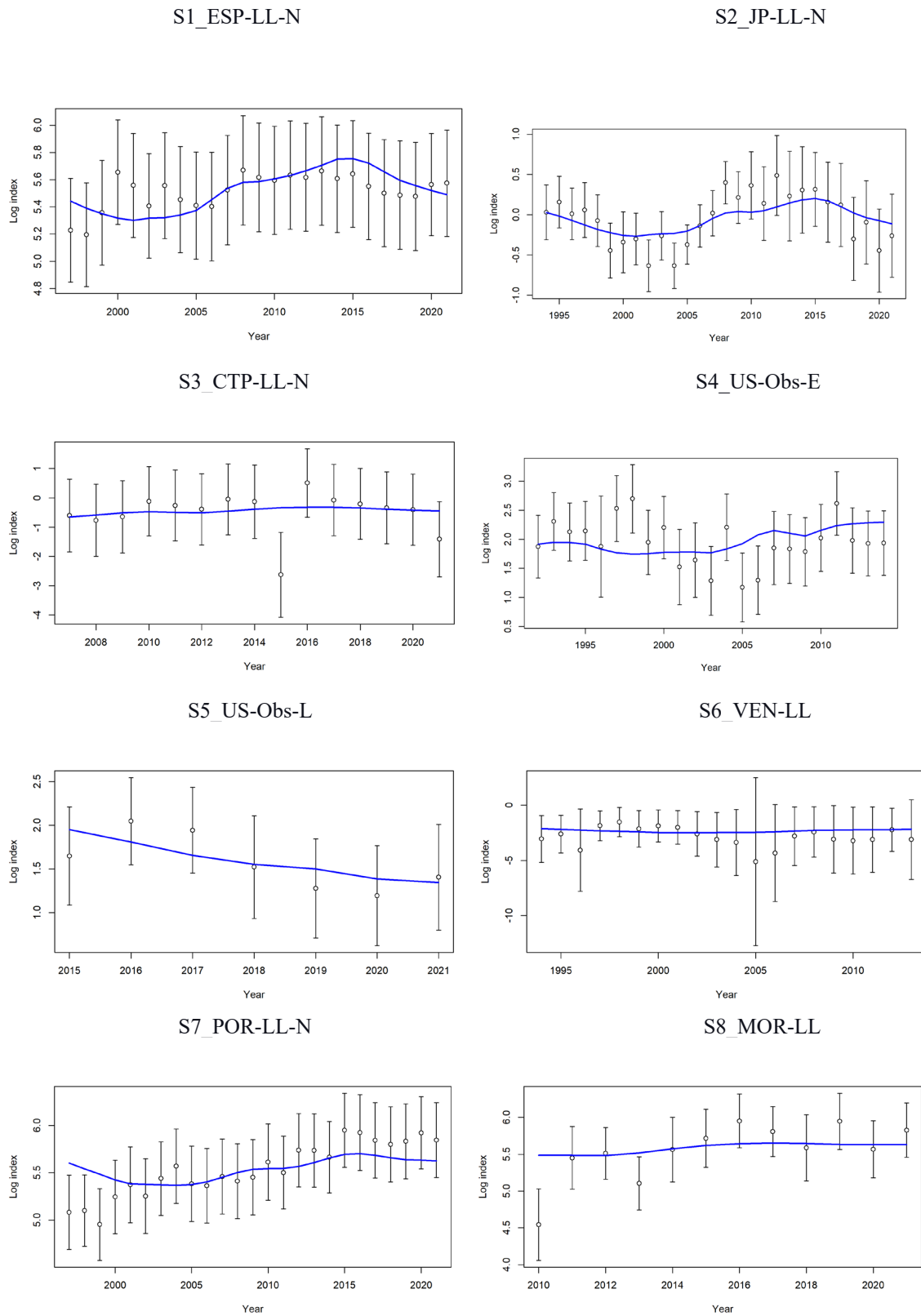


Figure 6. Fit to the indices time series for North blue shark Stock Synthesis model reference case.

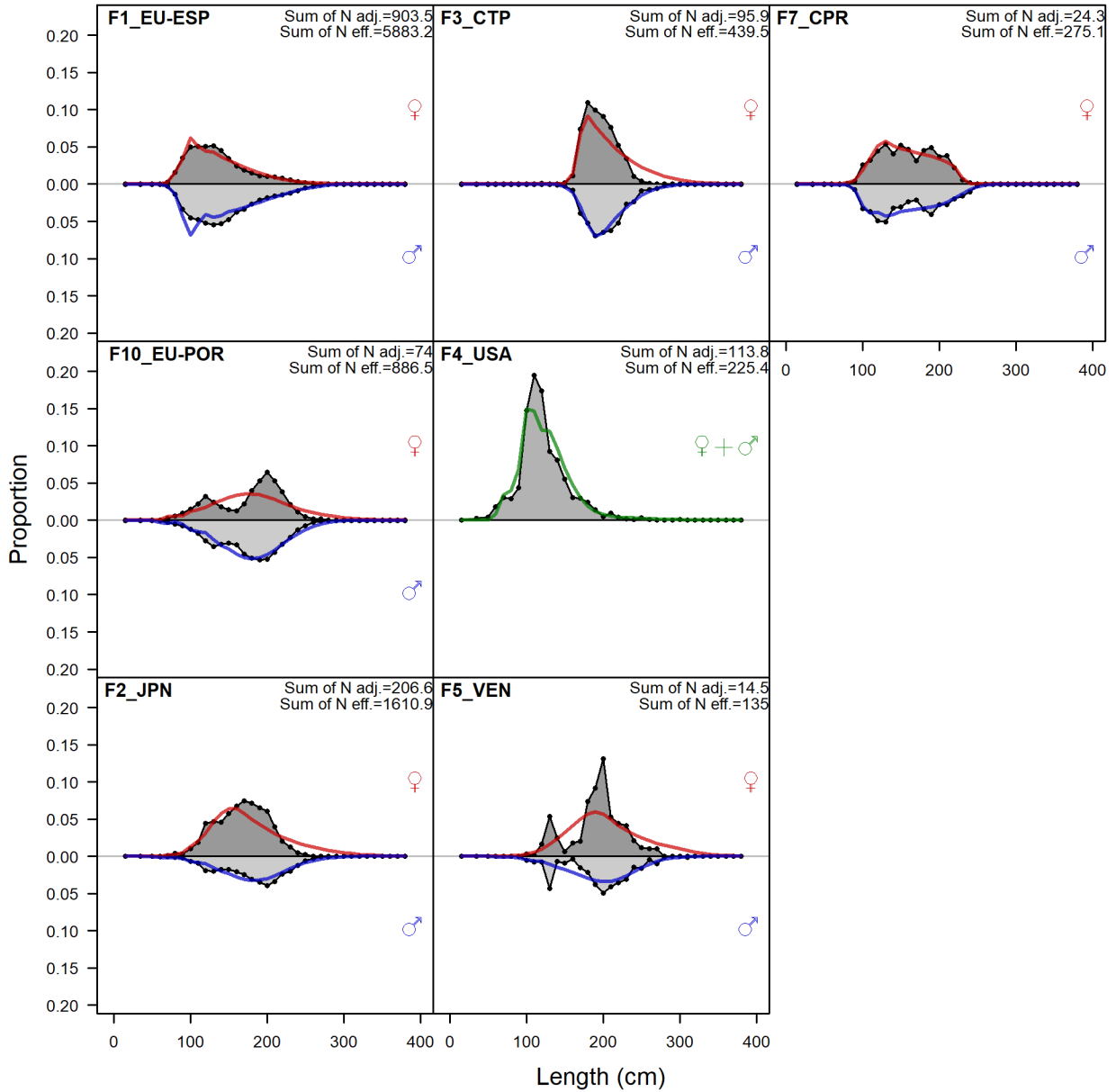


Figure 7. Fit to the aggregated length time series for north blue shark Stock Synthesis model reference case.

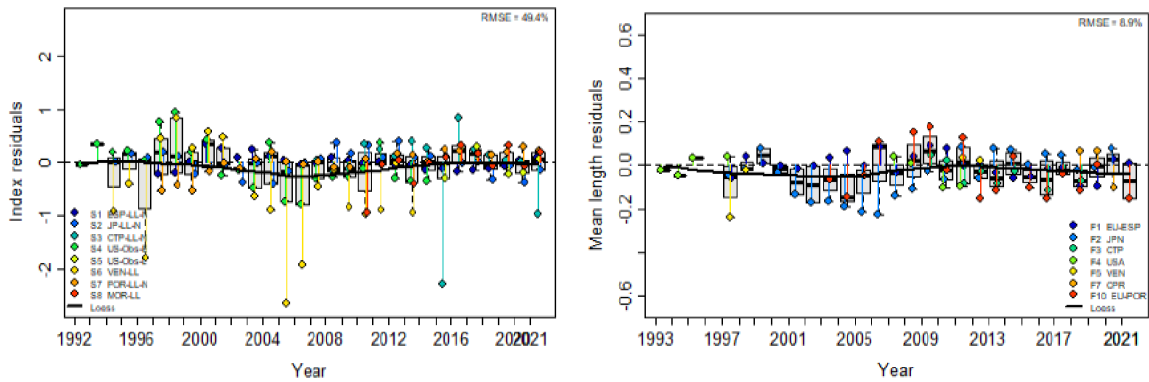


Figure 8. Joint residuals plot for the index (left panel) and length composition (right panel) fits for the North blue shark Stock Synthesis model reference case.

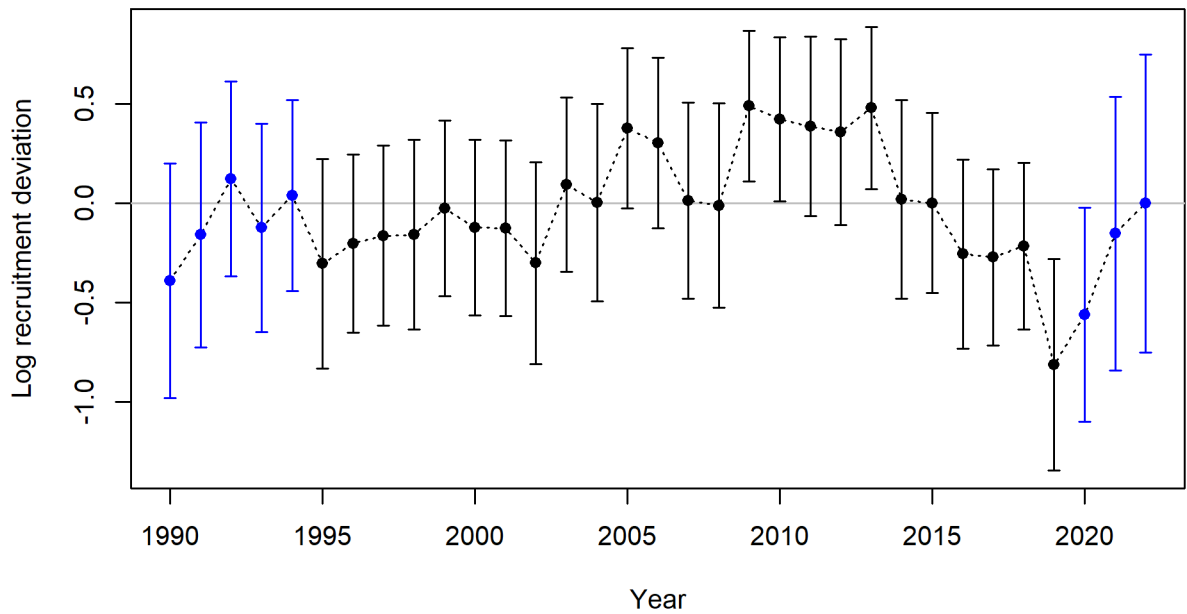


Figure 9. Recruitment deviations for the north blue shark Stock Synthesis model reference case.

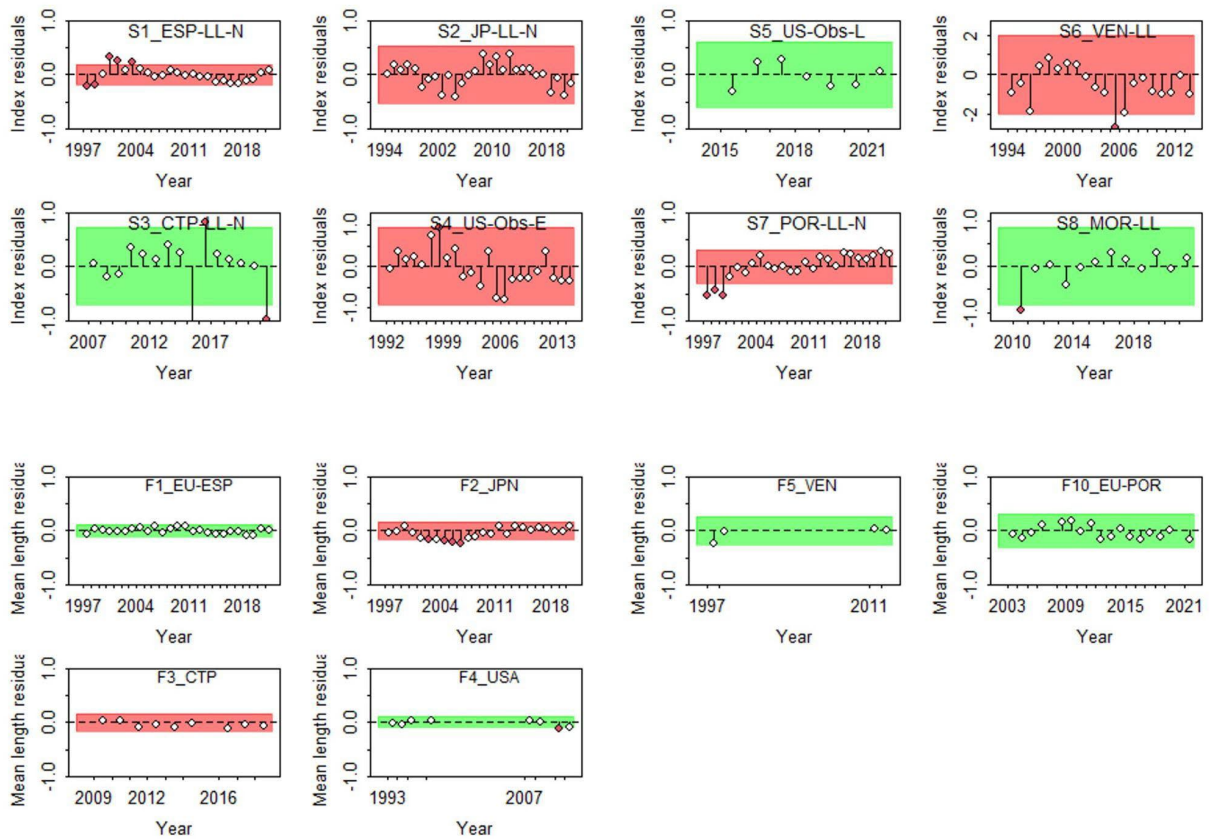


Figure 10. The runs test for the index (upper panels) and length composition (lower panels) fits for the north blue shark Stock Synthesis model reference case. Indices with serial autocorrelation in the residuals are identified in red.

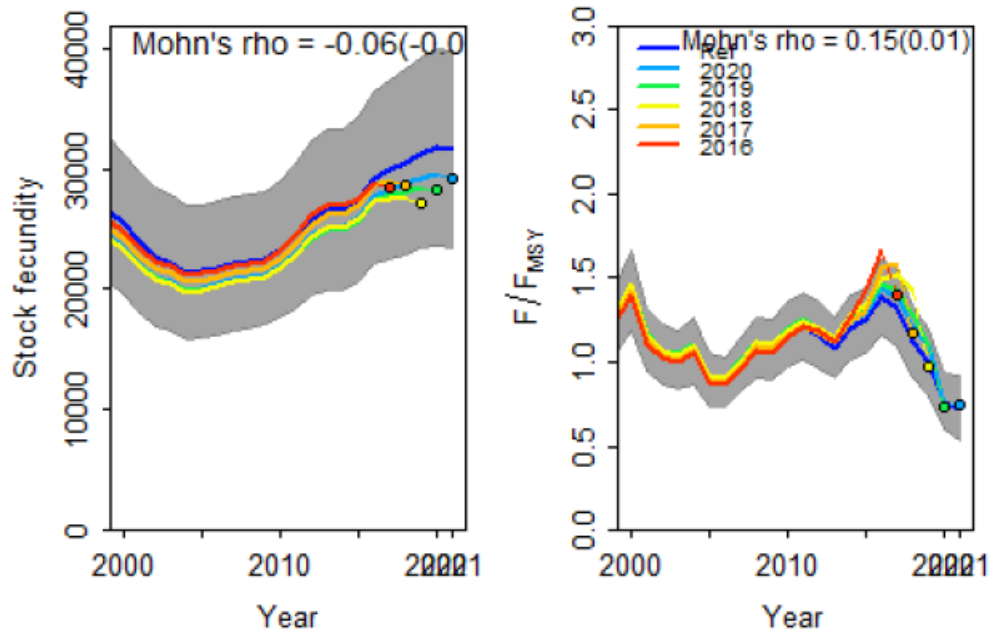
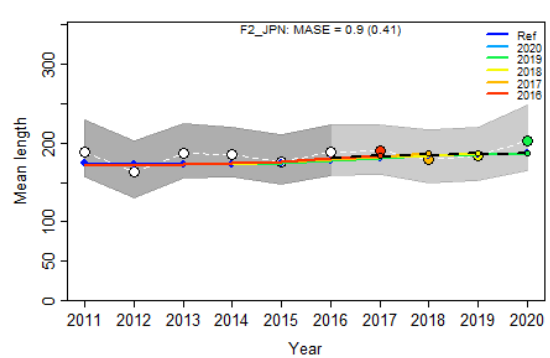
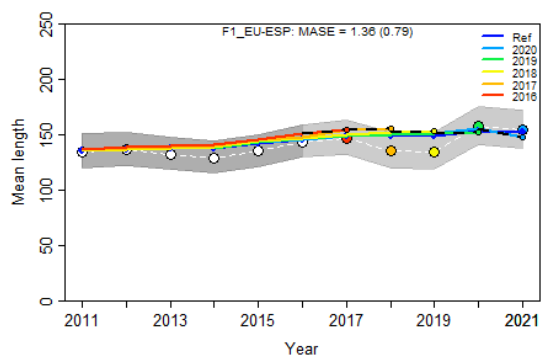
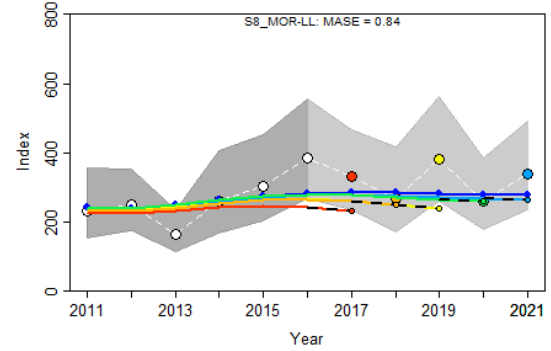
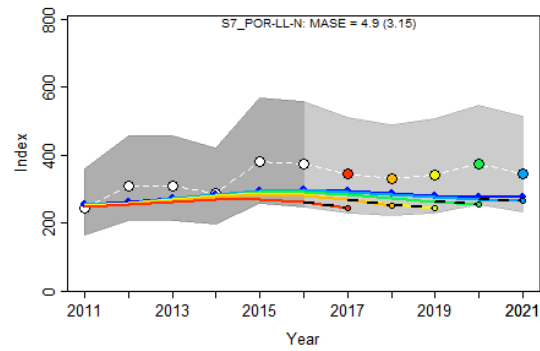
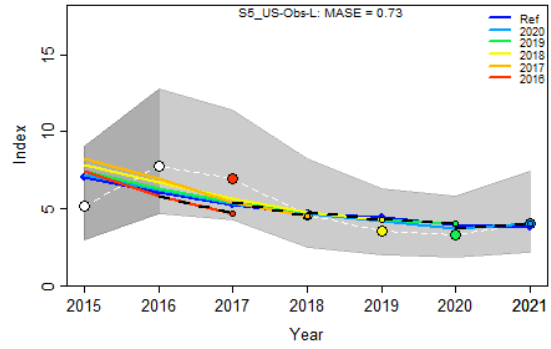
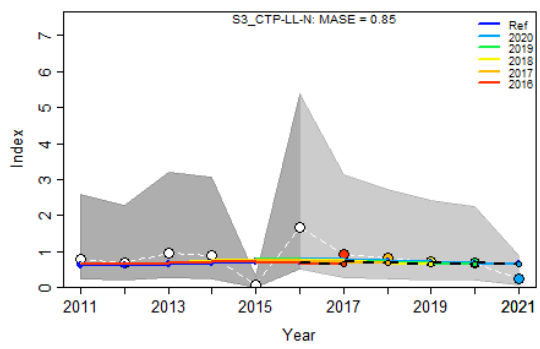
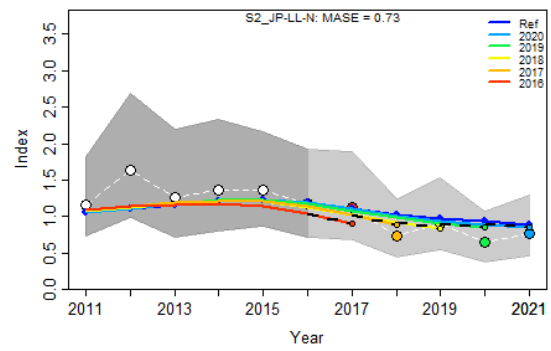
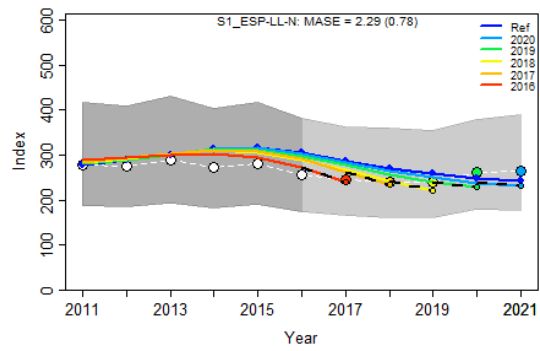


Figure 11. The retrospective analysis for the northern stock fecundity (left panel) and F/F_{MSY} (right panel) for the North blue shark Stock Synthesis model reference case.



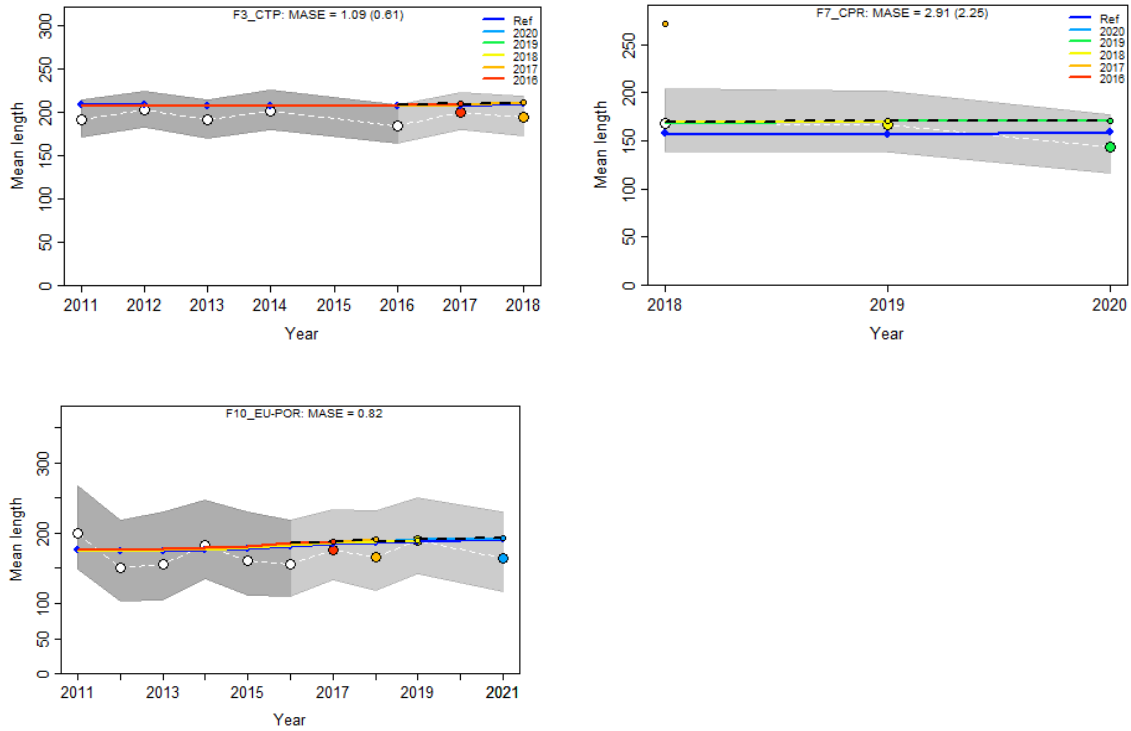


Figure 12. Hindcasting plots for the index (upper panels) and length fits (lower panels) for the North blue shark Stock Synthesis model reference case; numbers in parenthesis represent an adjustment to the MASE value, which was not evaluated within the current assessment.

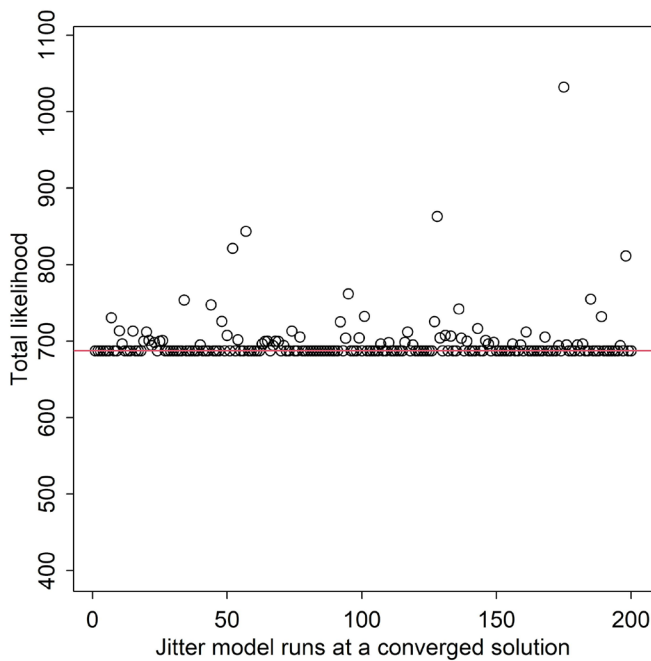


Figure 13. Jitter results for the southern stock synthesis case.

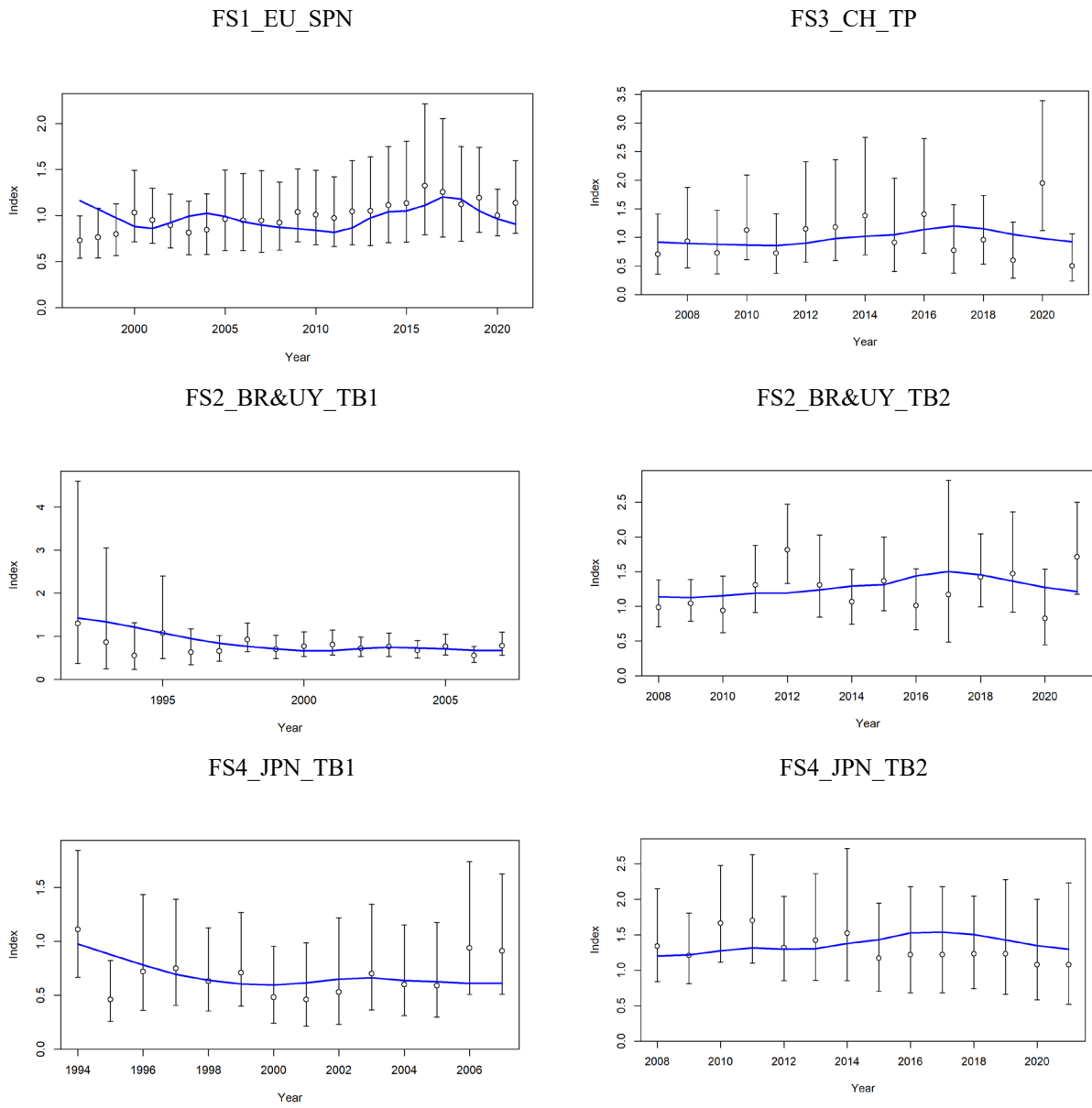


Figure 14. Fit to the indices time series for south BSH Stock synthesis model reference case.

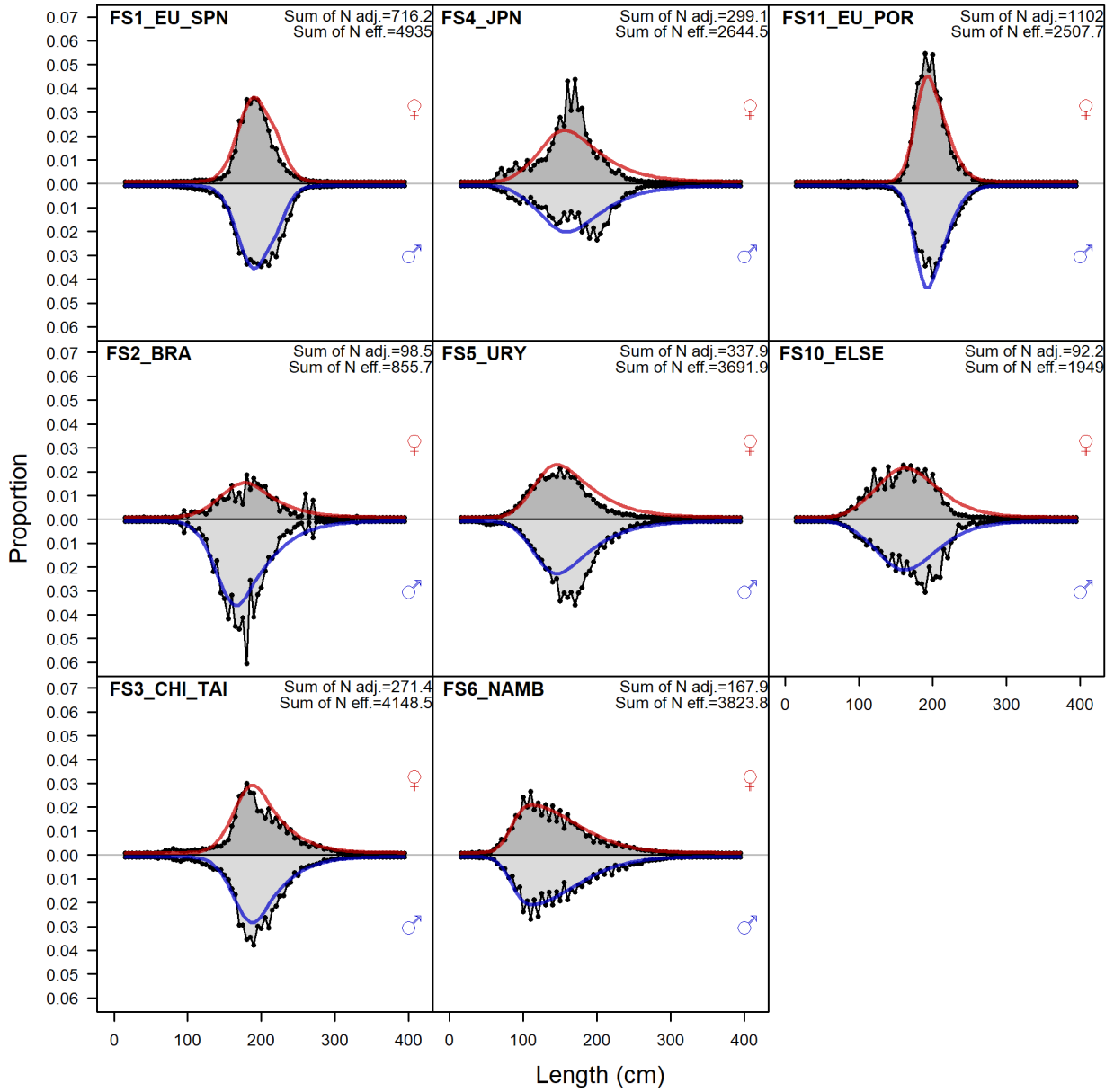


Figure 15. Fit to the aggregated length time series for south BSH Stock synthesis model reference case.

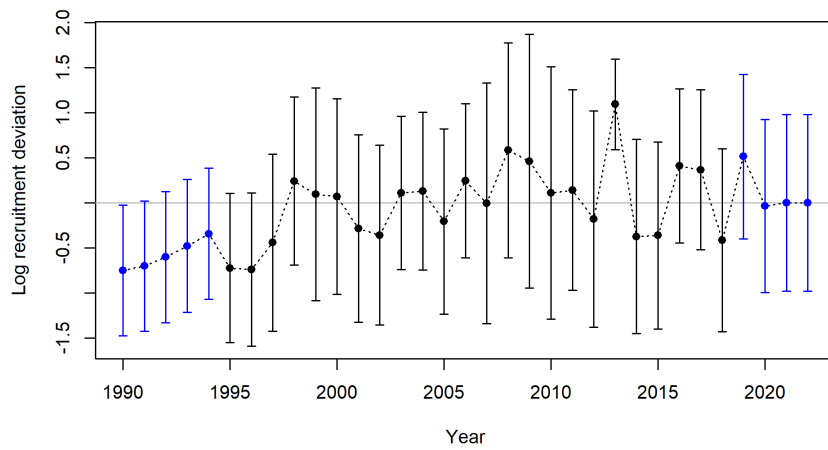


Figure 16. Recruitment deviations for the south BSH Stock synthesis model reference case.

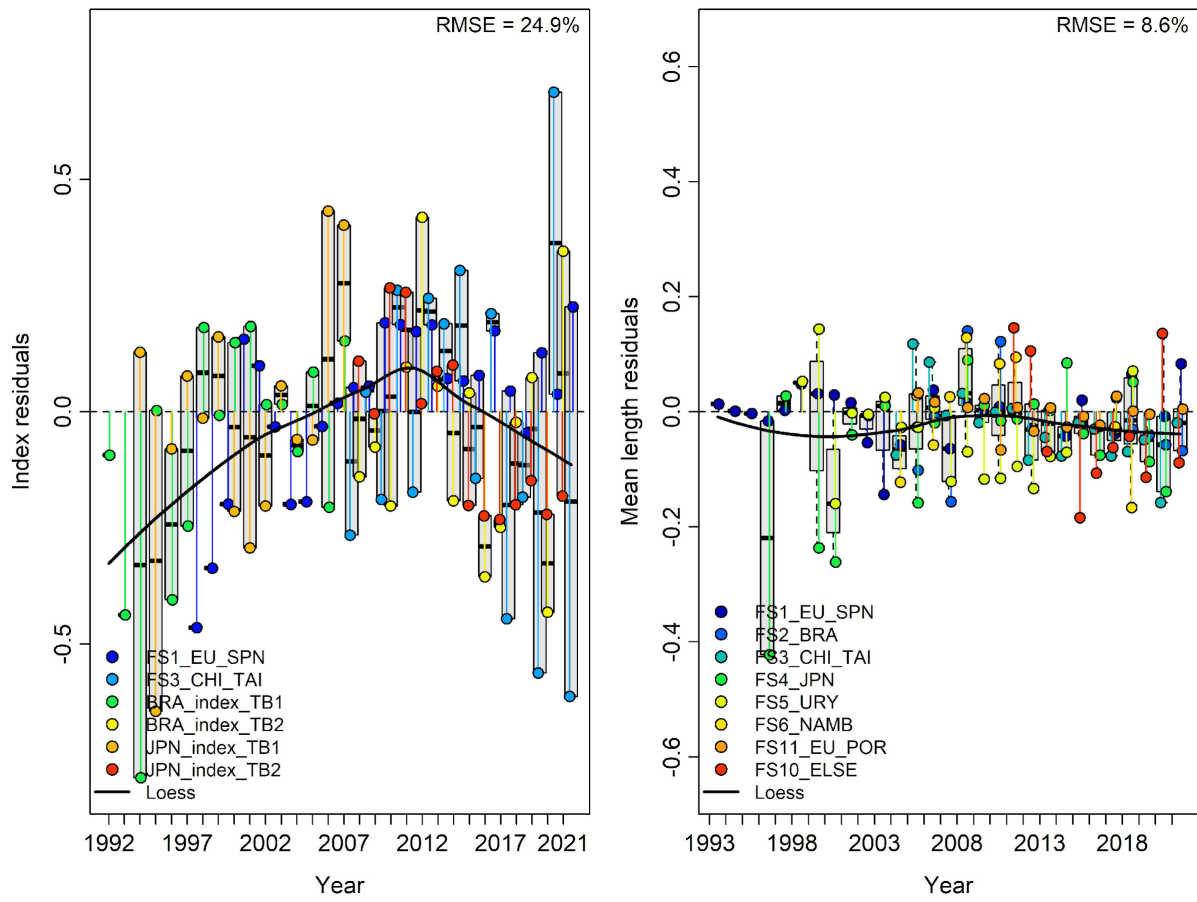


Figure 17. The joint residuals plot for the index (left panel) and length composition (right panel) fits for the south BSH Stock synthesis model reference case.

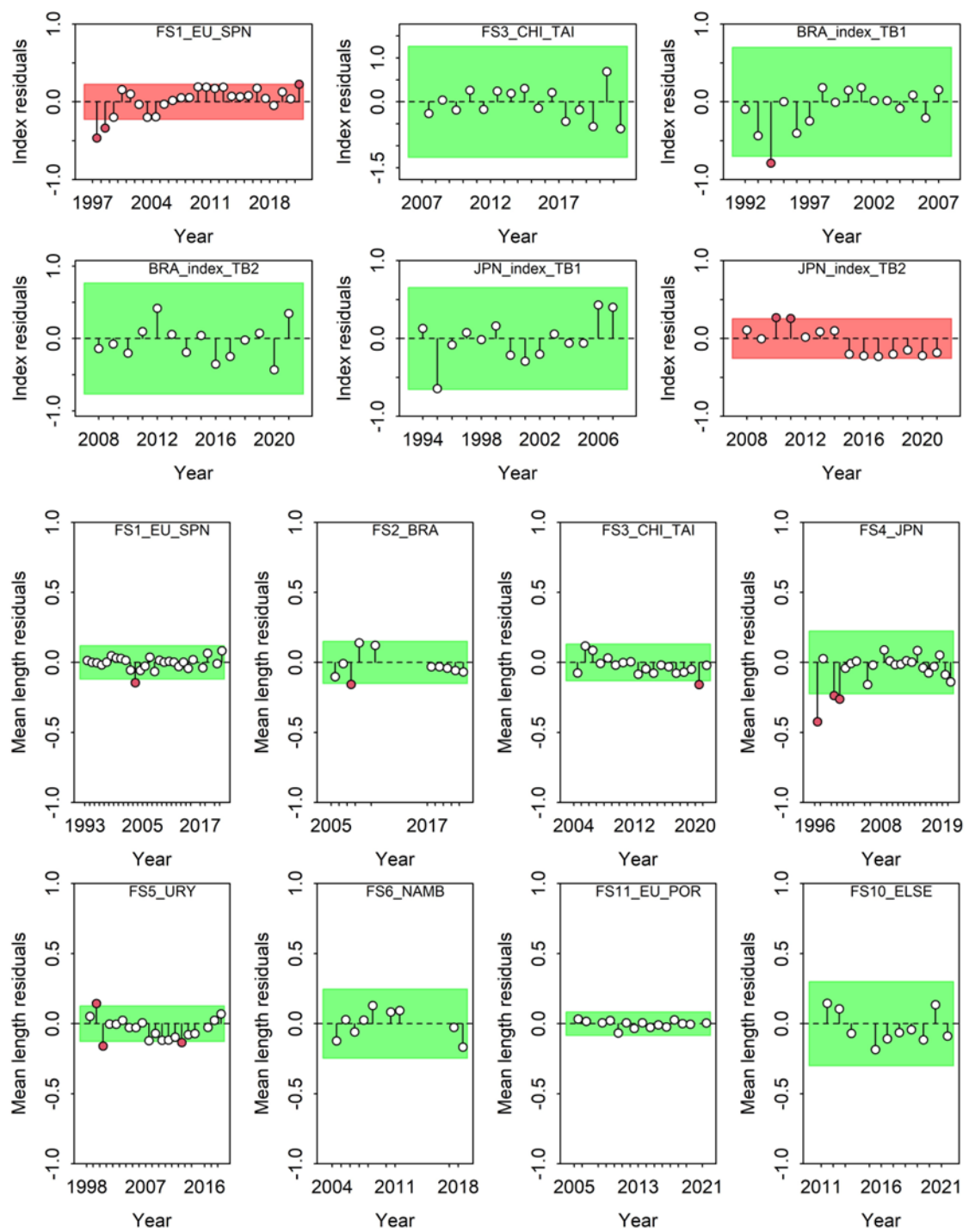


Figure 18. The runs test for the index (upper panel) and length composition (lower panel) fits for the south BSH Stock synthesis model reference case.

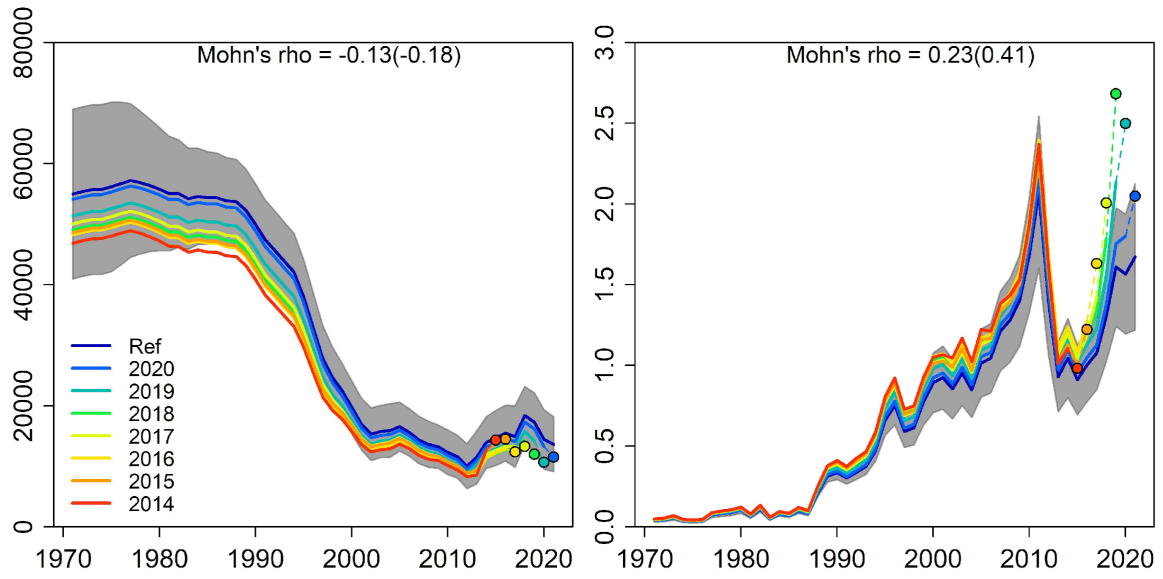


Figure 19. The retrospective analysis for the spawning output (left panel) and F (right panel) for the south BSH Stock synthesis model reference case.

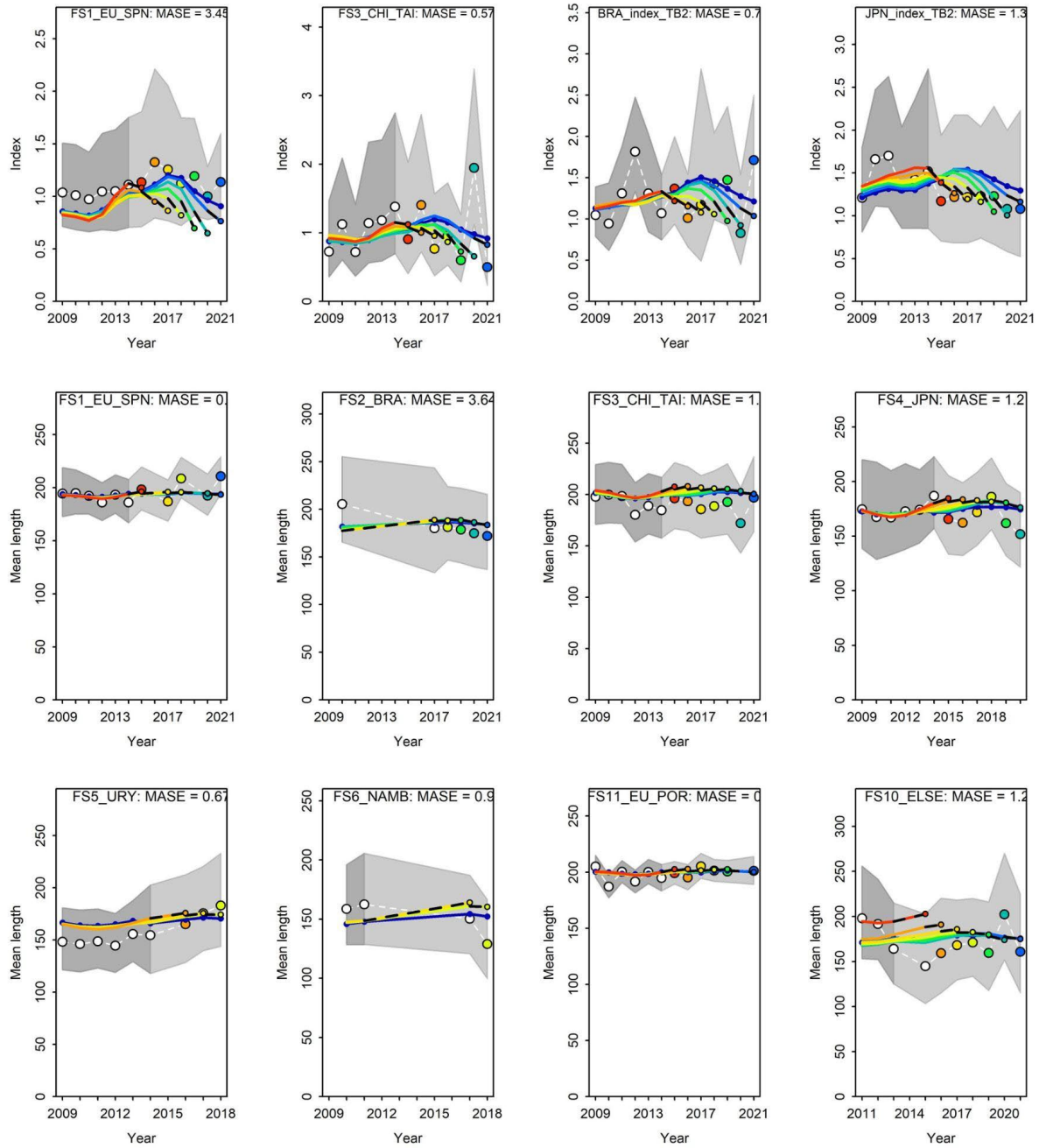


Figure 20. Hindcasting plots for the index (upper panel) and length fit (lower panel) for the south BSH Stock synthesis model reference case.

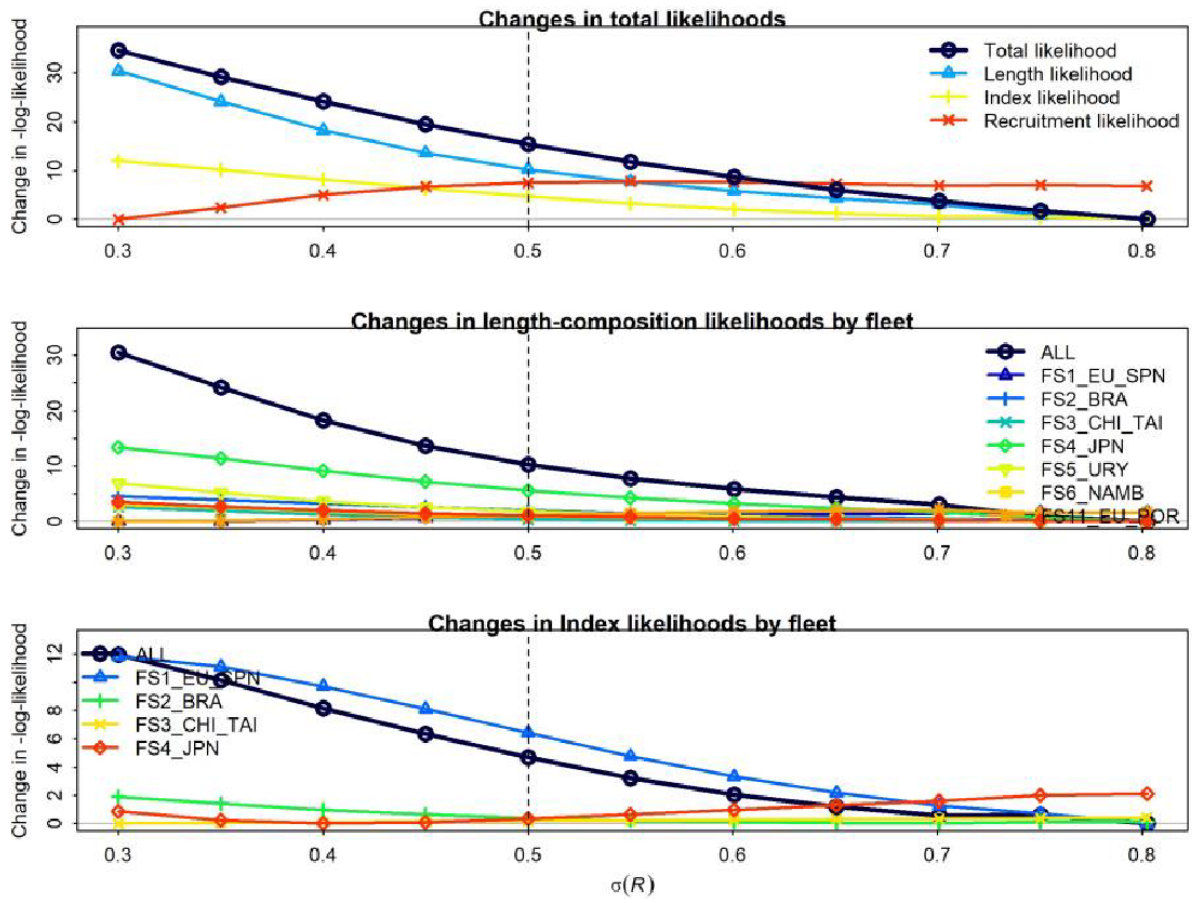


Figure 21. Likelihood profile for the southern stock SS3 model.

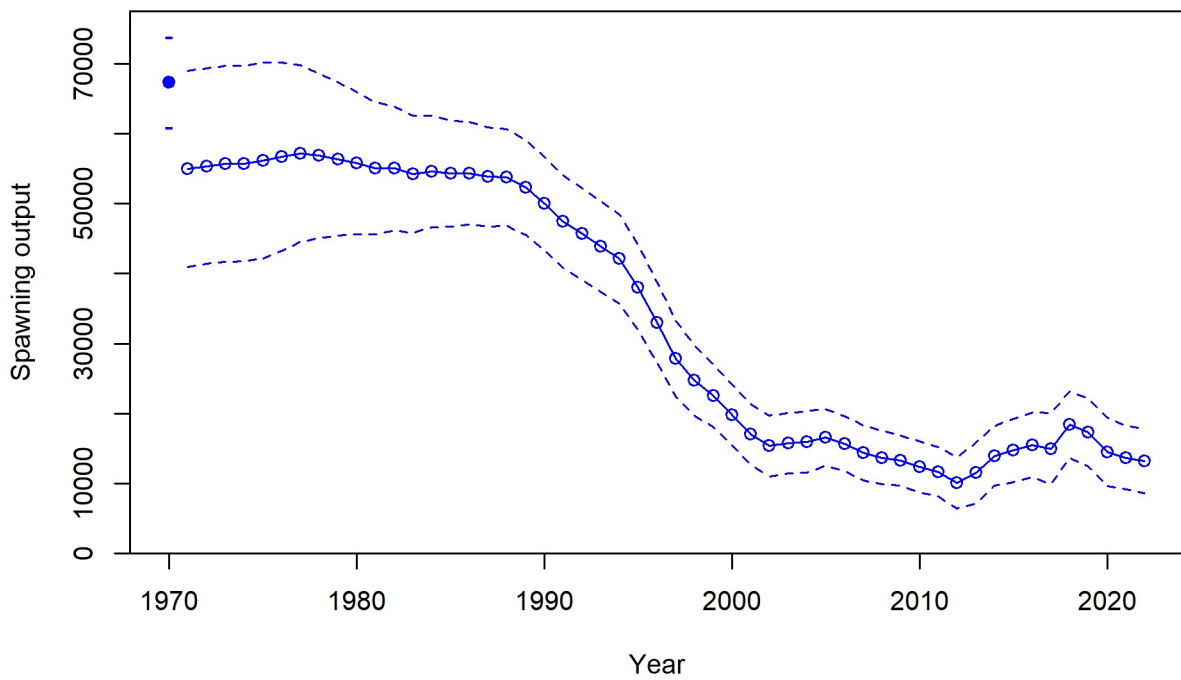


Figure 22. Spawning output estimates for the south BSH Stock synthesis model reference case.

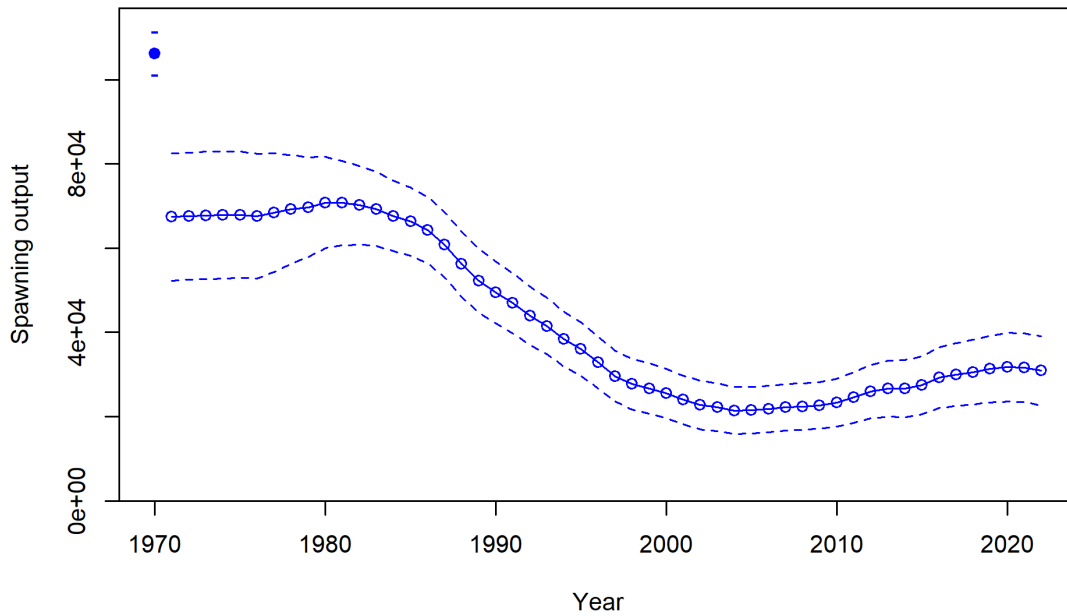


Figure 23. Stock Synthesis estimated time series of North Atlantic blue shark spawning stock output.

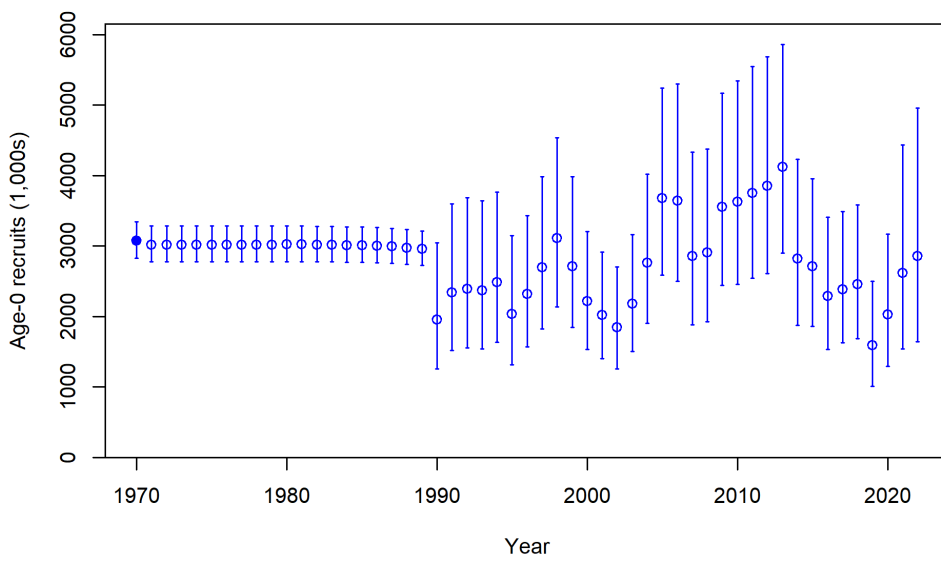


Figure 24. 2023 reference case Stock Synthesis North Atlantic blue shark model estimated recruitment showing the estimated annual age-0 recruitment (circles) with 95% asymptotic confidence intervals; recruitment in years prior to 1990 and after 2021 follows the stock recruitment relationship exactly.

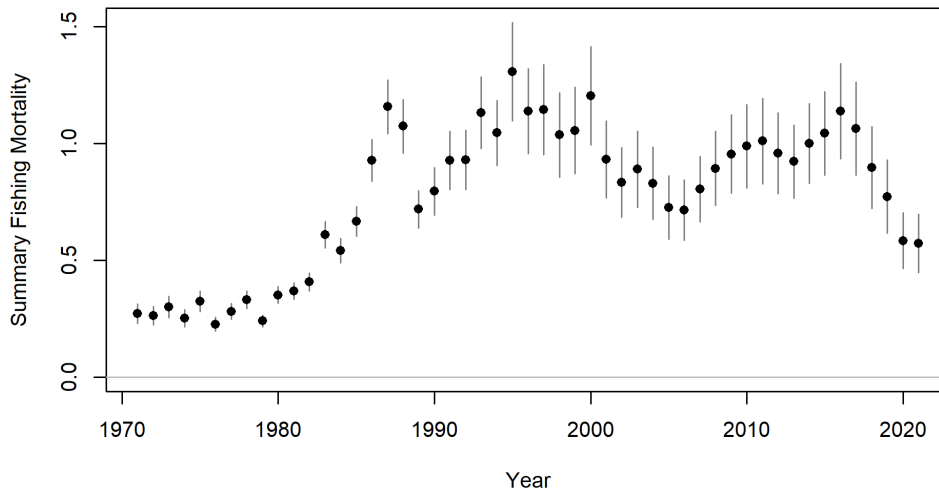


Figure 25. 2023 reference case Stock Synthesis North Atlantic blue shark model estimated instantaneous fishing mortality rates for all fleets combined (continuous F).

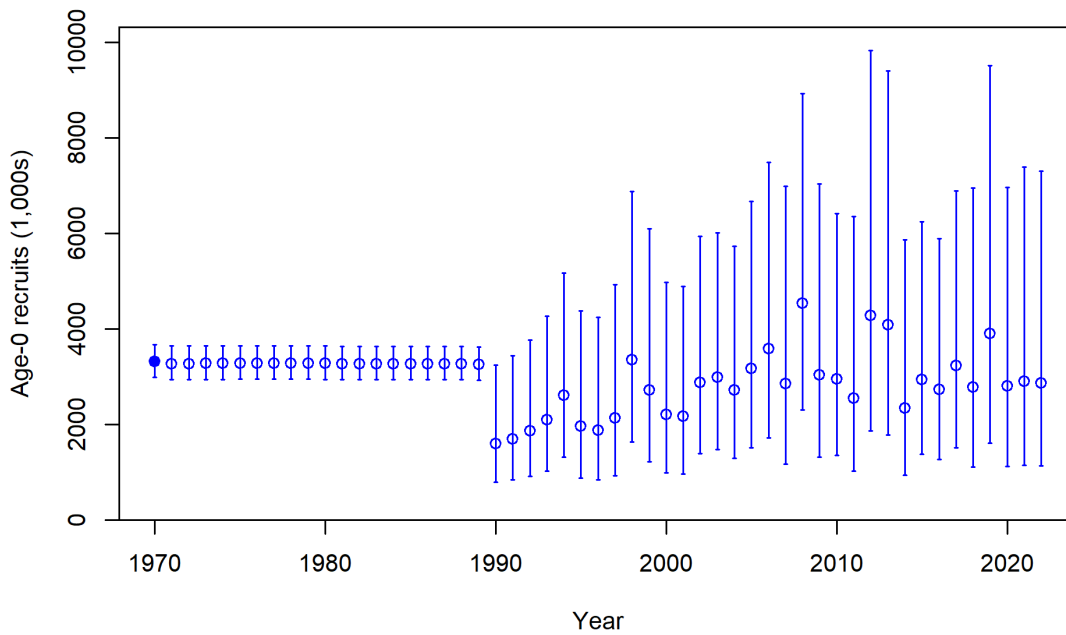


Figure 26. Stock Synthesis estimated time series of South Atlantic blue shark recruitments. Vertical bars indicate 95% CI.

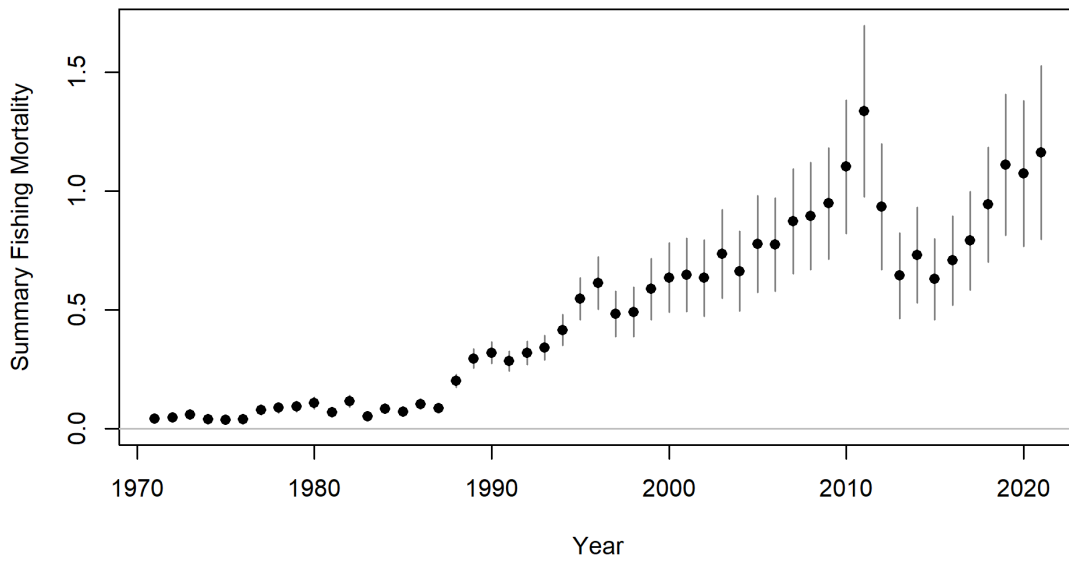


Figure 27. Stock Synthesis estimated time series of fishing mortality on South Atlantic blue shark. Vertical bars indicate 95% CI.

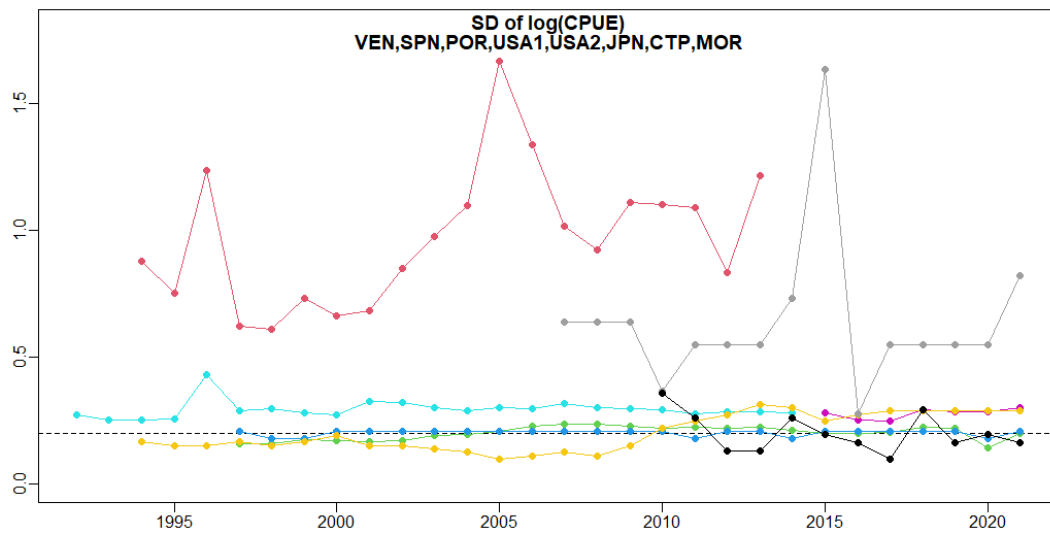


Figure 28. Annual values used as input standard deviation of $\log(\text{CPUE})$ in the JABBA reference case for the North Atlantic blue shark stock. The colors correspond to Venezuela (red), Spain (green), Portugal (darker blue), USA1 (sky blue), USA2 (pink), Japan (yellow), Chinese Taipei (grey), Morocco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

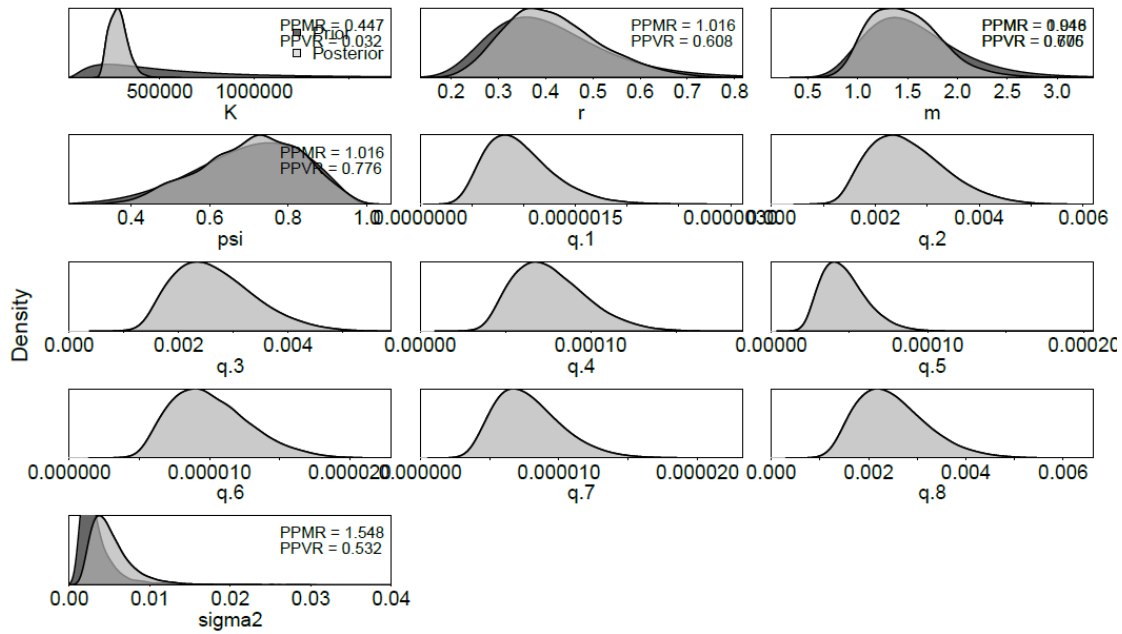


Figure 29. Prior and posterior distributions of the JABBA reference case for the North Atlantic blue shark stock. PPMR: Posterior to Prior Ratio of Means; PPRV: Posterior to Prior Ratio of Variances.

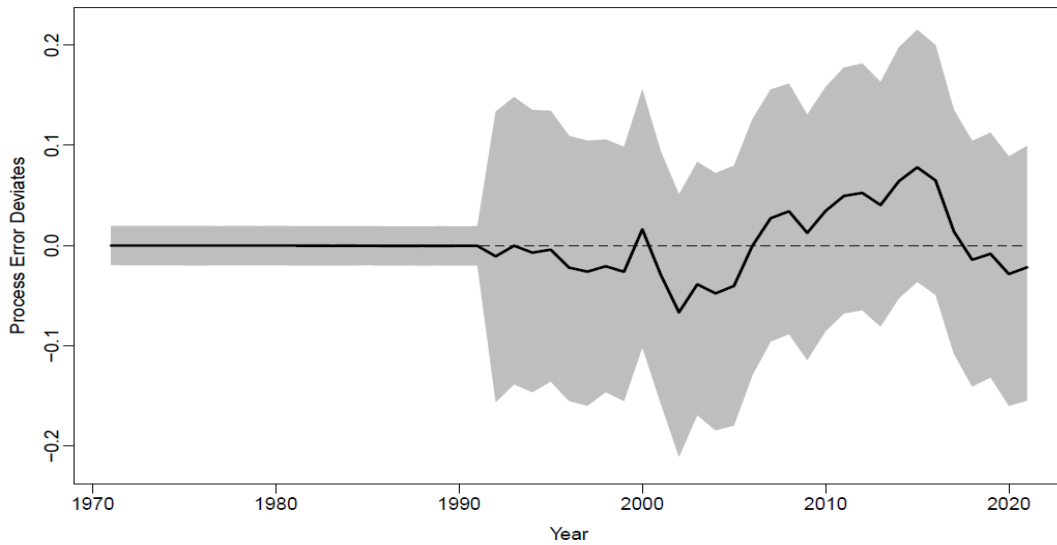


Figure 30. Process error deviates for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The solid line is the posterior median, and the shaded grey area indicates 95% posterior probability intervals.

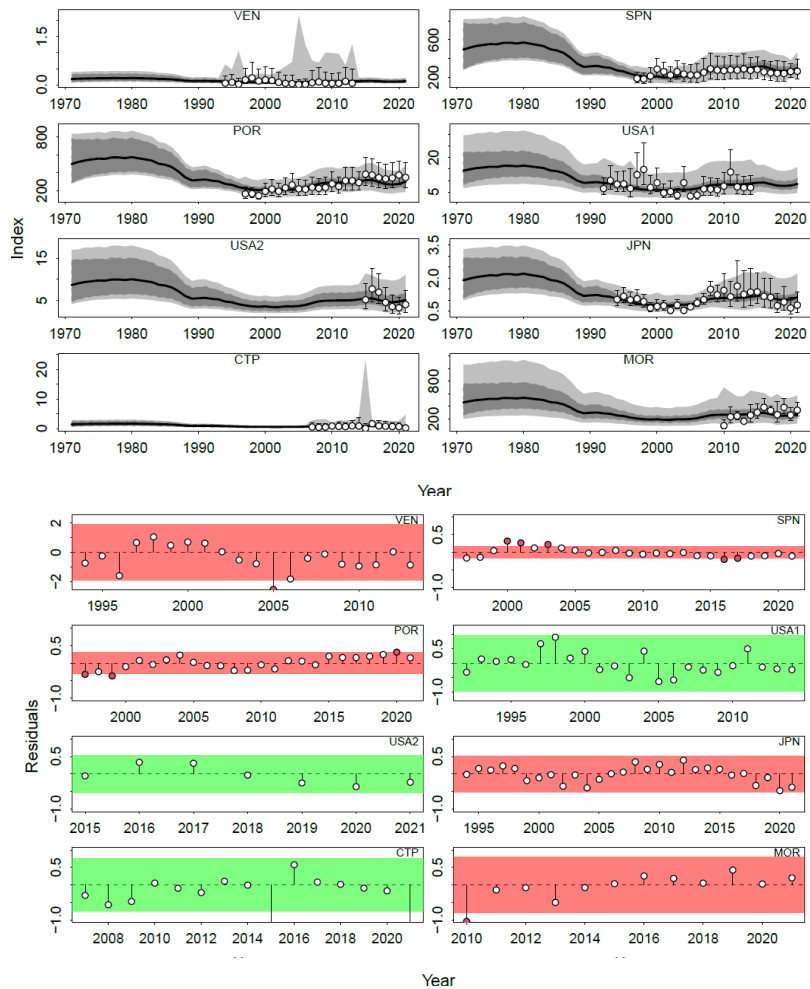


Figure 31. Top panels: Time series of observed (circle) and predicted (solid black line) CPUE of the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The dark grey shaded areas show 95% posterior probability intervals of the expected mean CPUE, and the light grey shaded areas denote the 95% posterior 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 (3σ rule).

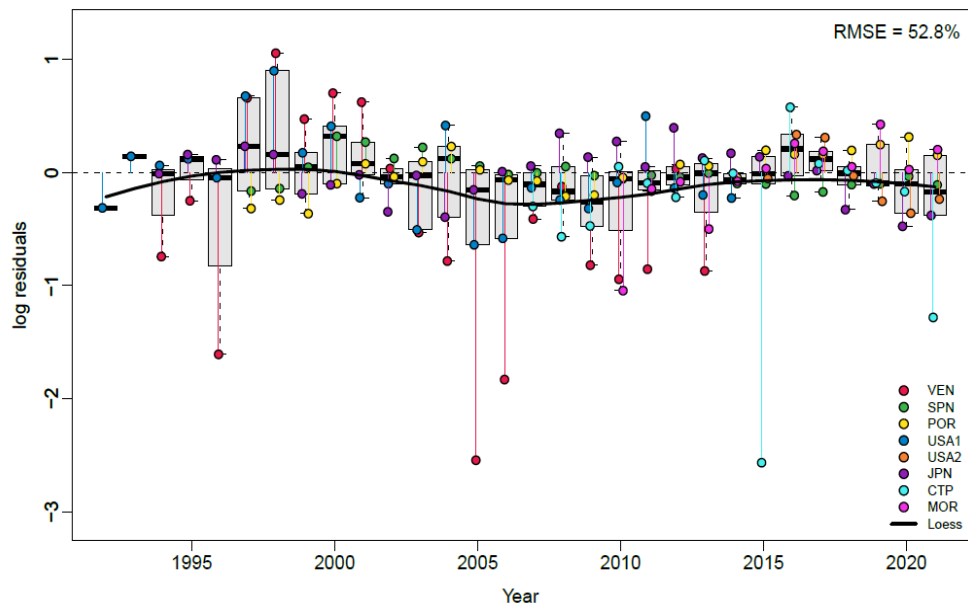


Figure 32. Residual diagnostic plots of $\log(\text{CPUE})$ indices for the North Atlantic blue shark JABBA reference case. Boxplots indicate the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a LOESS smoother through all residuals.

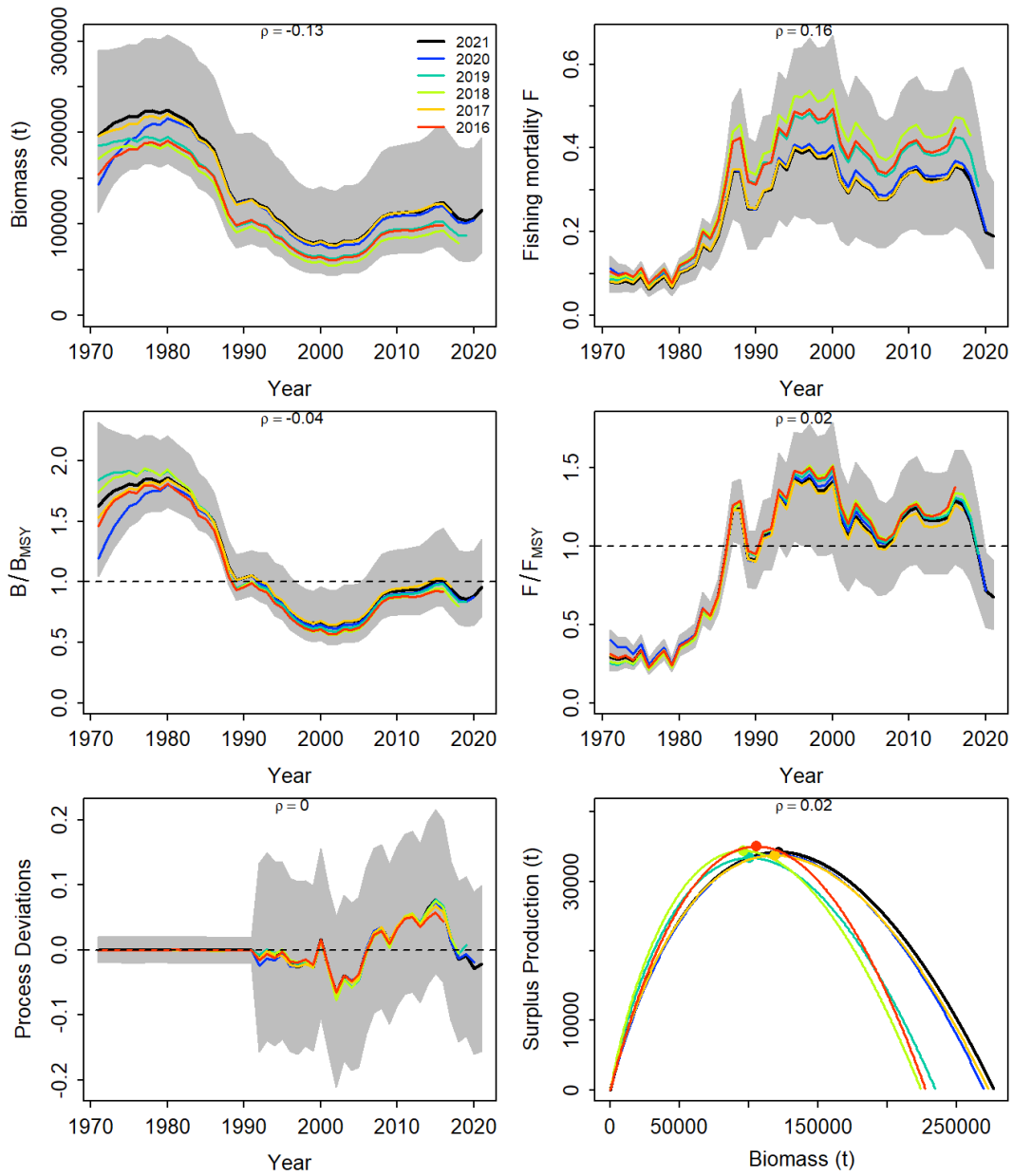


Figure 33. Retrospective analysis of the North Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one year at a time sequentially (up to 5 years) and estimating the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY}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

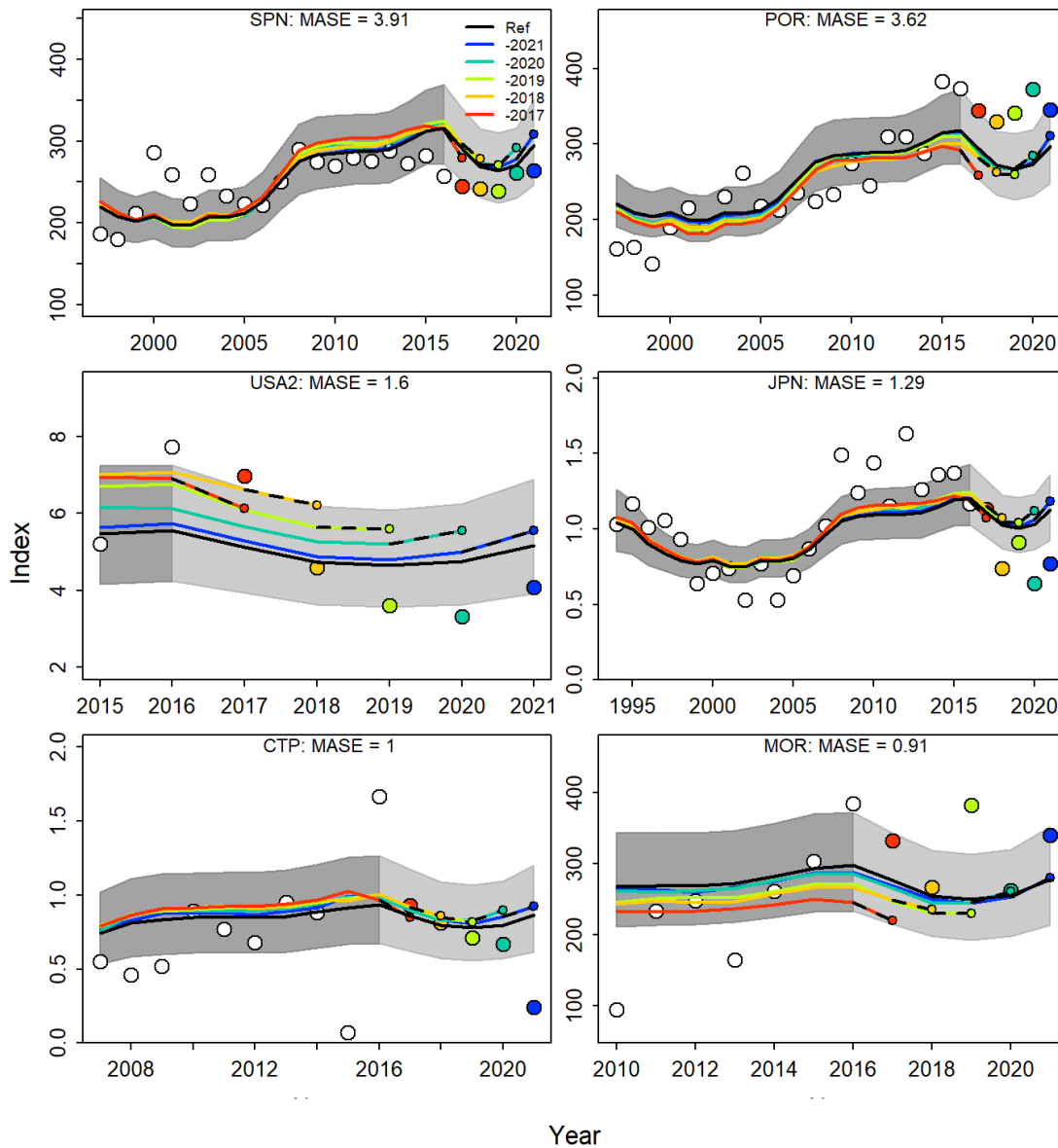


Figure 34. Hindcasting cross-validation results for the North Atlantic blue shark JABBA reference case, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2017-2021), performed with five hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, used for cross-validation, are highlighted 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).

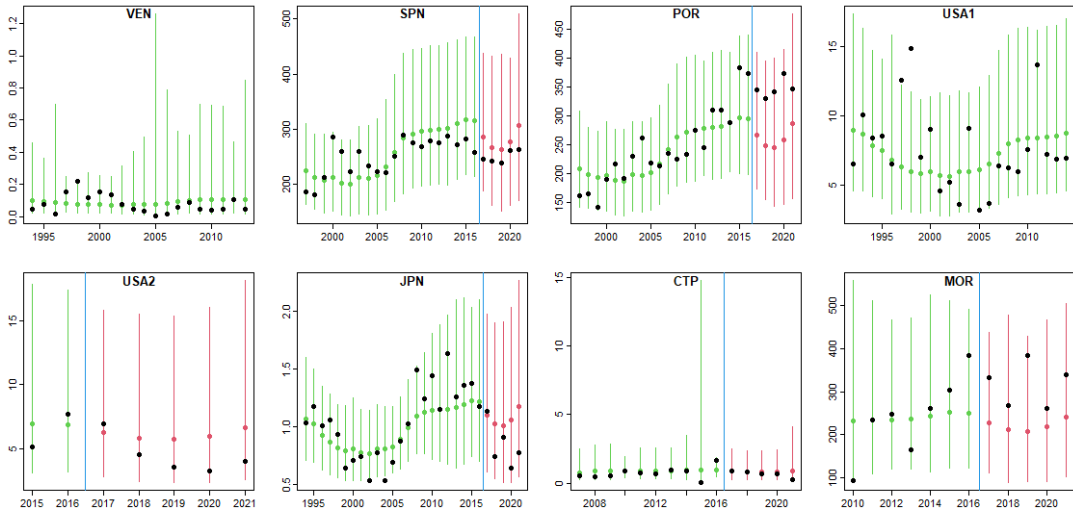


Figure 35. Posterior predictive intervals for CPUE values, taking into account the observation error of the CPUEs, for the North Atlantic blue shark JABBA reference case, from a model run deleting the last 5 years of CPUE data (2017-2021). Black dots are the observed CPUE values, and the posterior predictive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

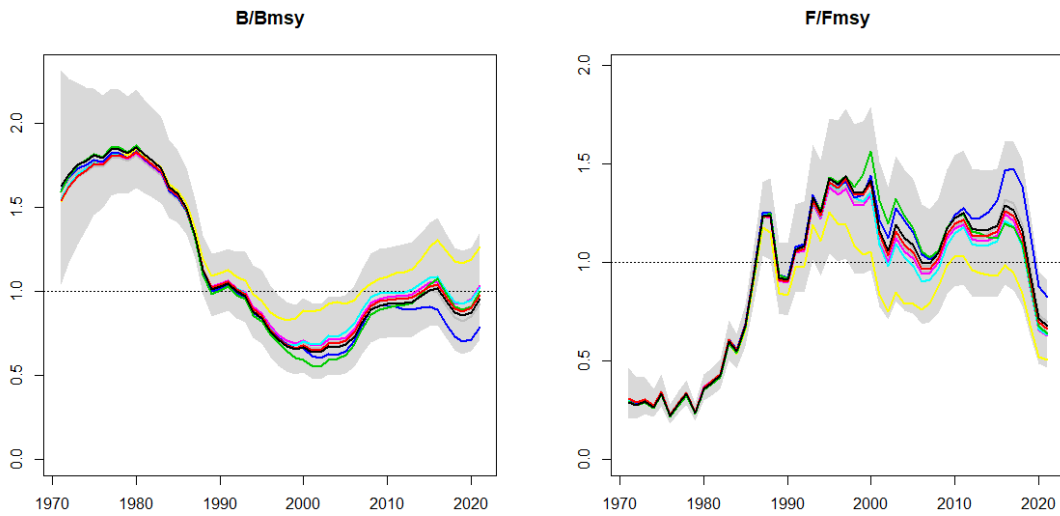


Figure 36. Jackknife analysis of the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The black lines and grey shaded intervals correspond to the reference case, and the colored lines to the same model fitted after removing one CPUE series at a time. The blue line is the fit when removing the Portuguese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

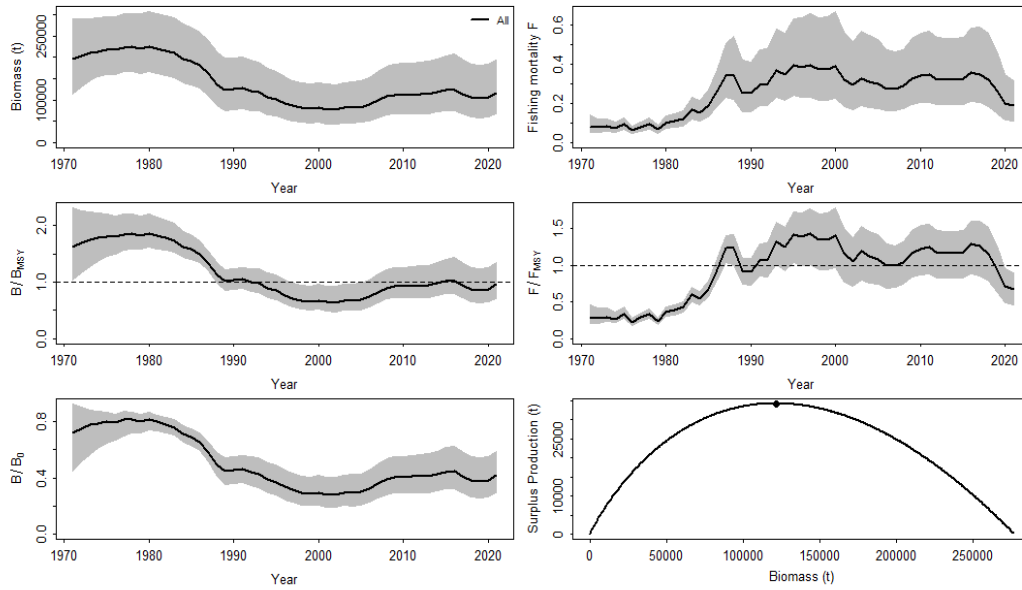


Figure 37. Annual stock trends as estimated by the North Atlantic blue shark JABBA reference case. The solid line represents the median value, and the shaded area indicates the 95% posterior probability interval.

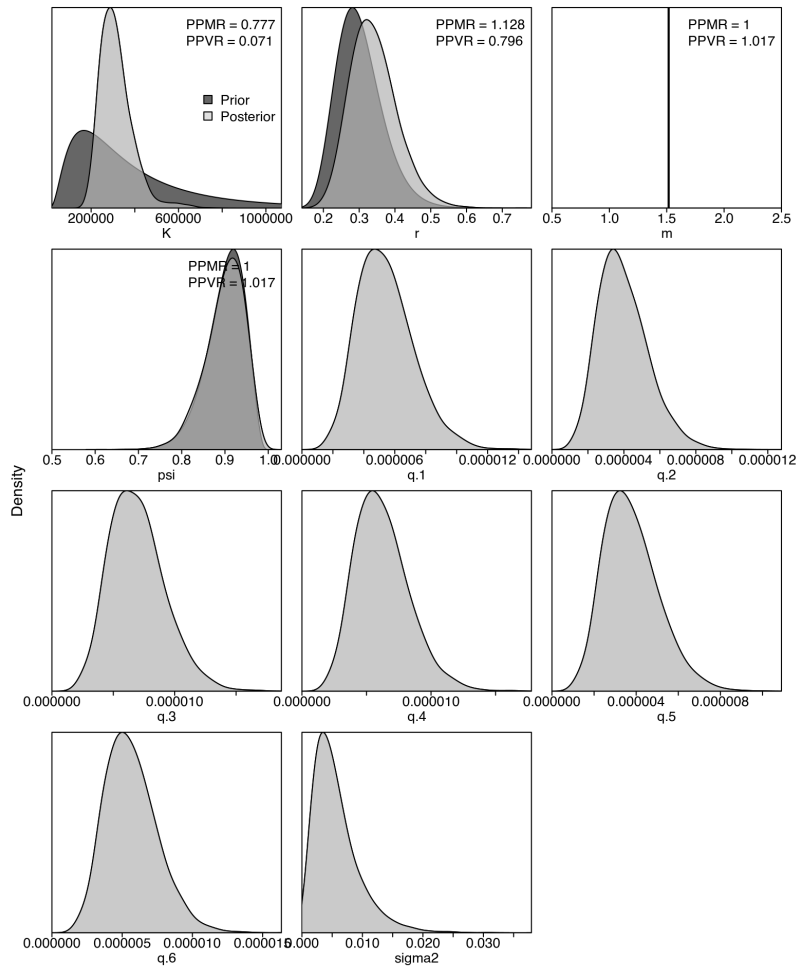


Figure 38. Prior and posterior distributions of the JABBA reference case for the South Atlantic blue shark stock. PPRM: Posterior to Prior Ratio of Means; PPRV: Posterior to Prior Ratio of Variances.

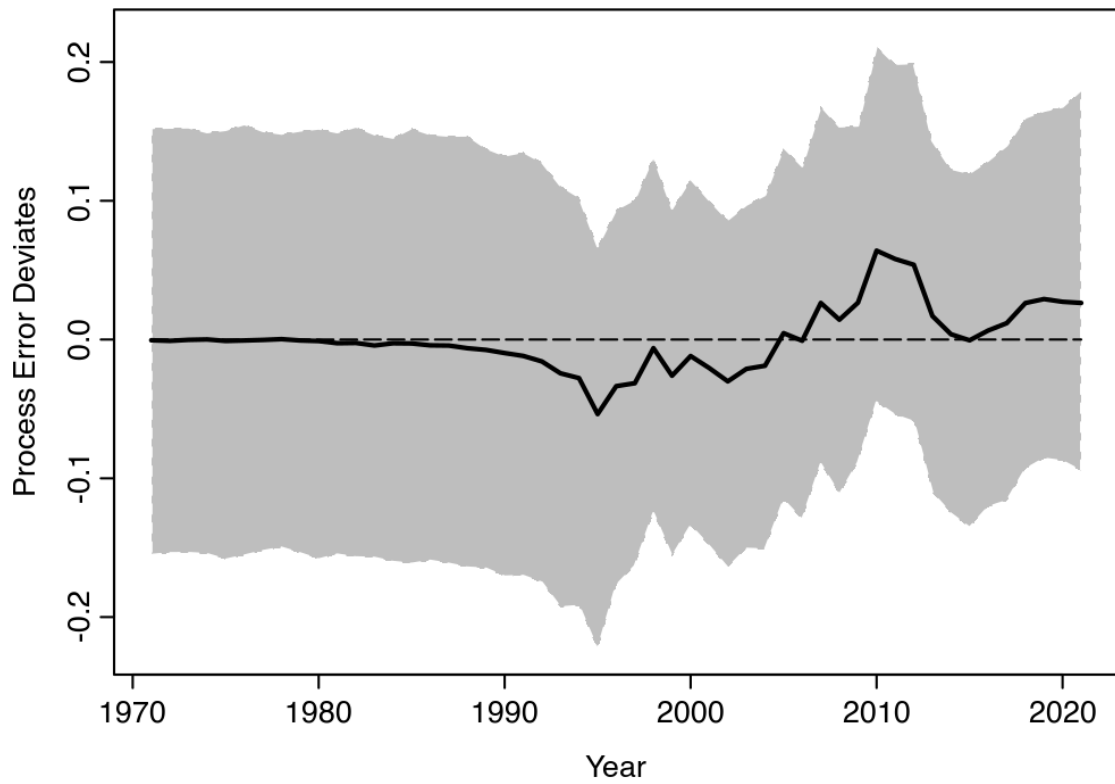


Figure 39. Process error deviates (median: solid line) for the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. The shaded grey area indicates 95% credibility intervals.

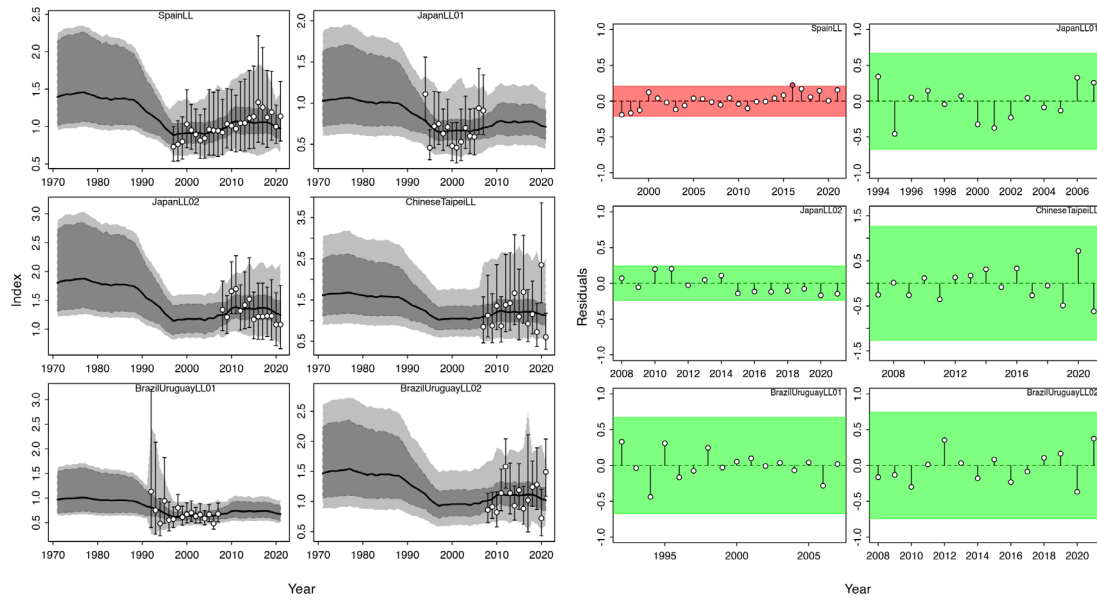


Figure 40. Left panels: Time series of observed (circle, input data) and predicted (solid line) CPUE of the South Atlantic blue shark JABBA reference case. The dark grey shaded areas show 95% credibility intervals of the expected mean CPUE, and the light grey shaded areas denote the 95% posterior predictive 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).

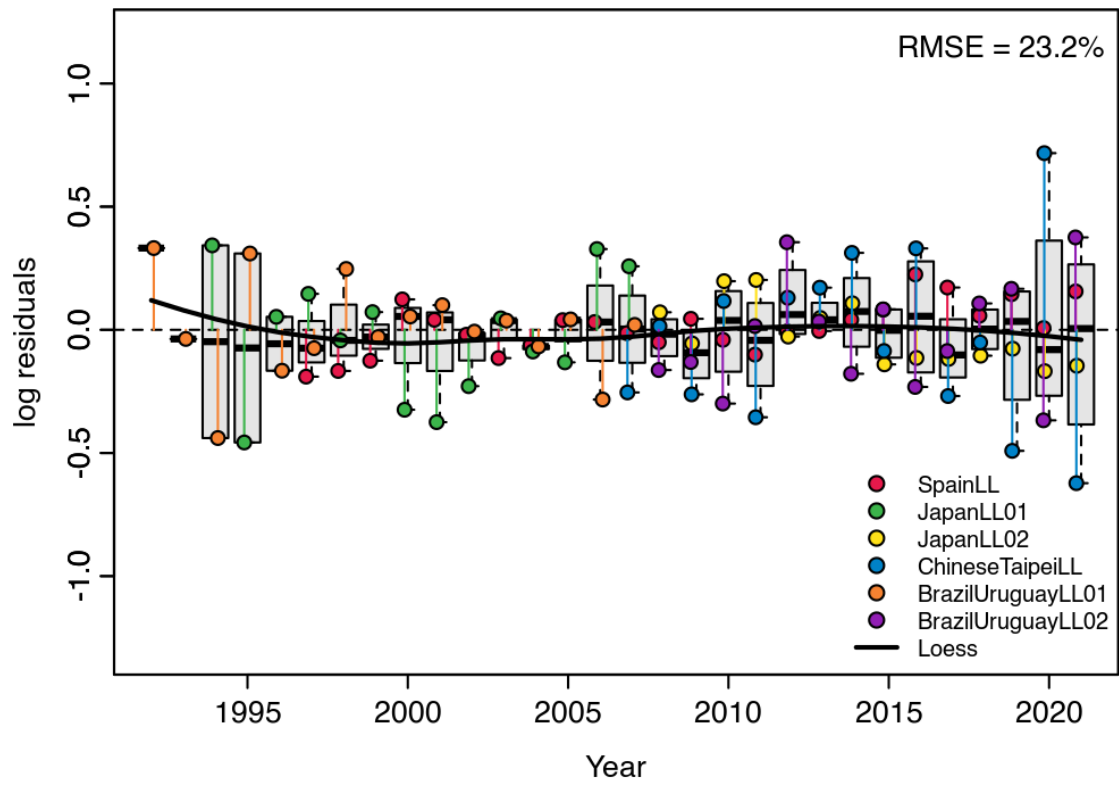


Figure 41. Residual diagnostic plots of CPUE indices for the South Atlantic blue shark JABBA reference case. Boxplots indicate the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a LOESS smoother through all residuals.

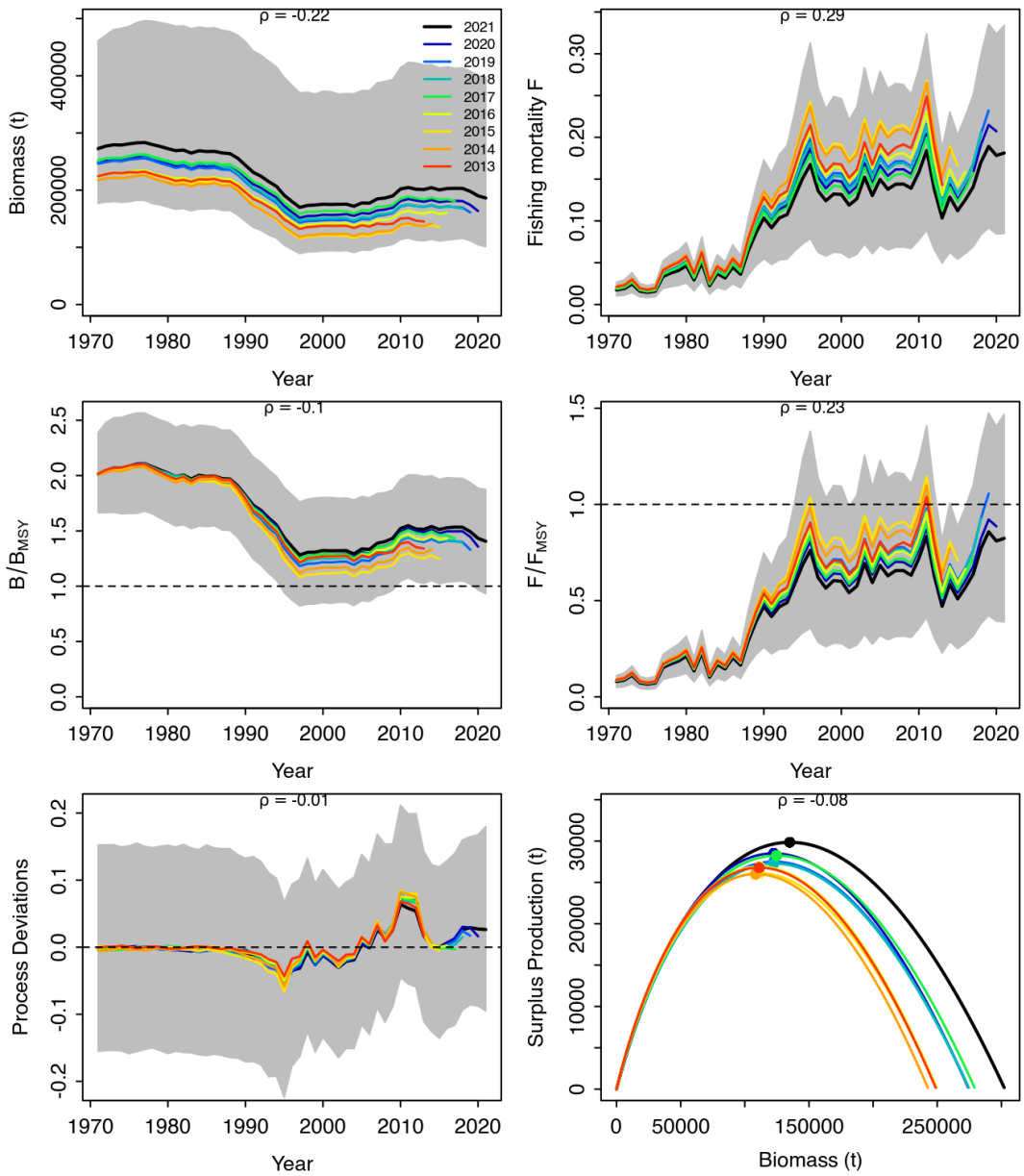


Figure 42. Retrospective analysis of the South Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one year at a time sequentially ($n=5$) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY})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

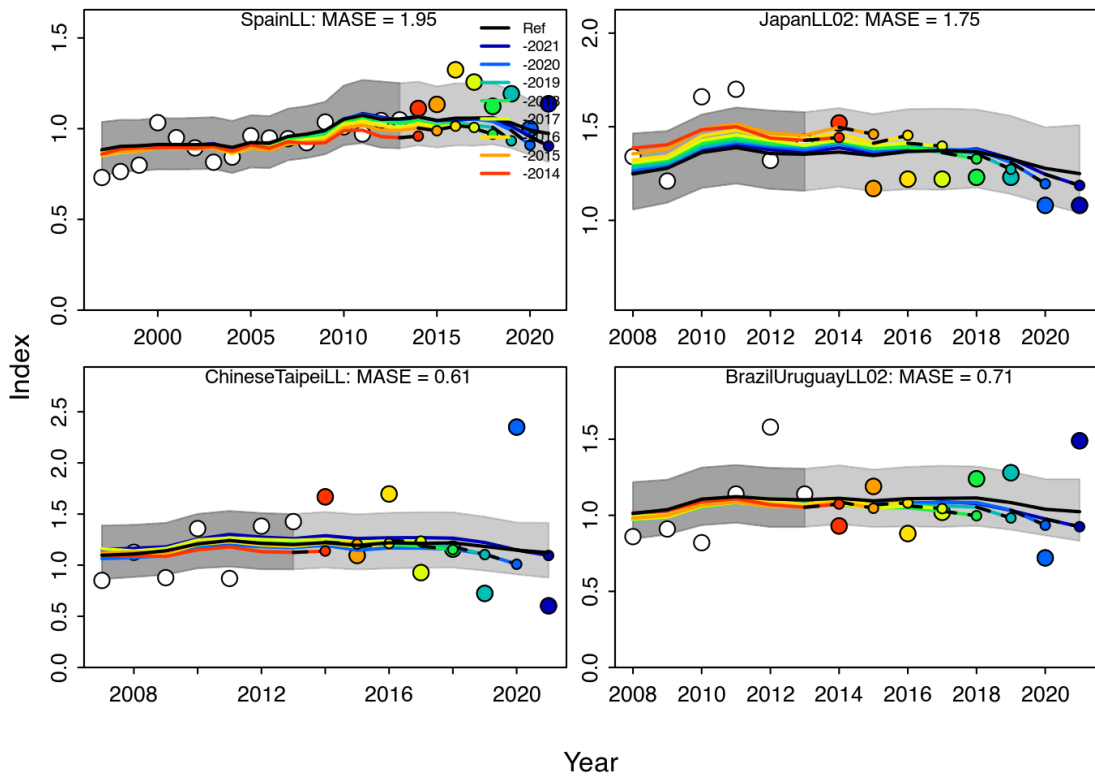


Figure 43. Hindcasting cross-validation results for the South Atlantic blue shark JABBA reference case, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2017-2021), performed with five hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, used for cross-validation, are highlighted 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).

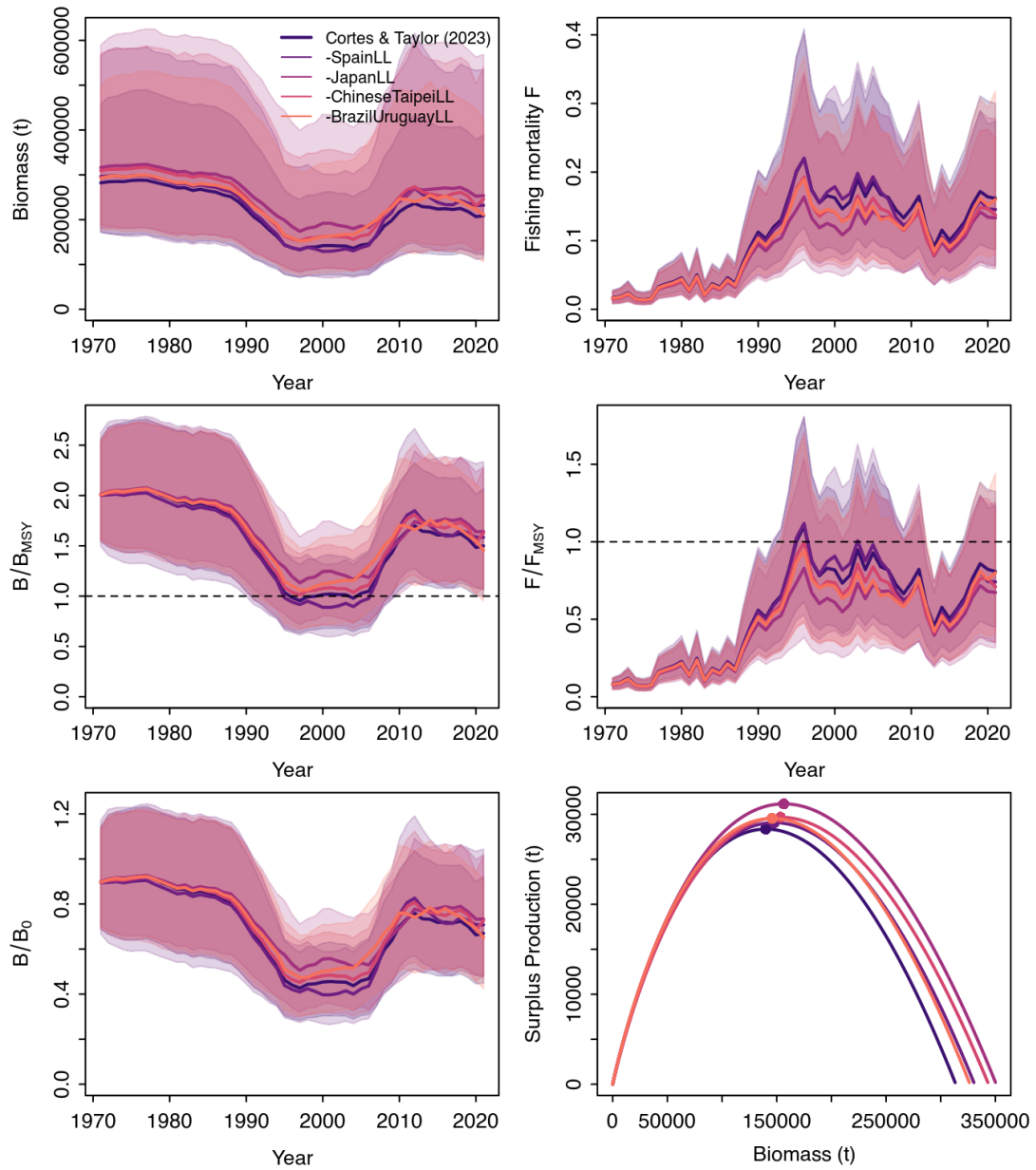


Figure 44. Jackknife index analysis of the South Atlantic blue shark JABBA reference case, by removing one CPUE fleet at a time and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle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

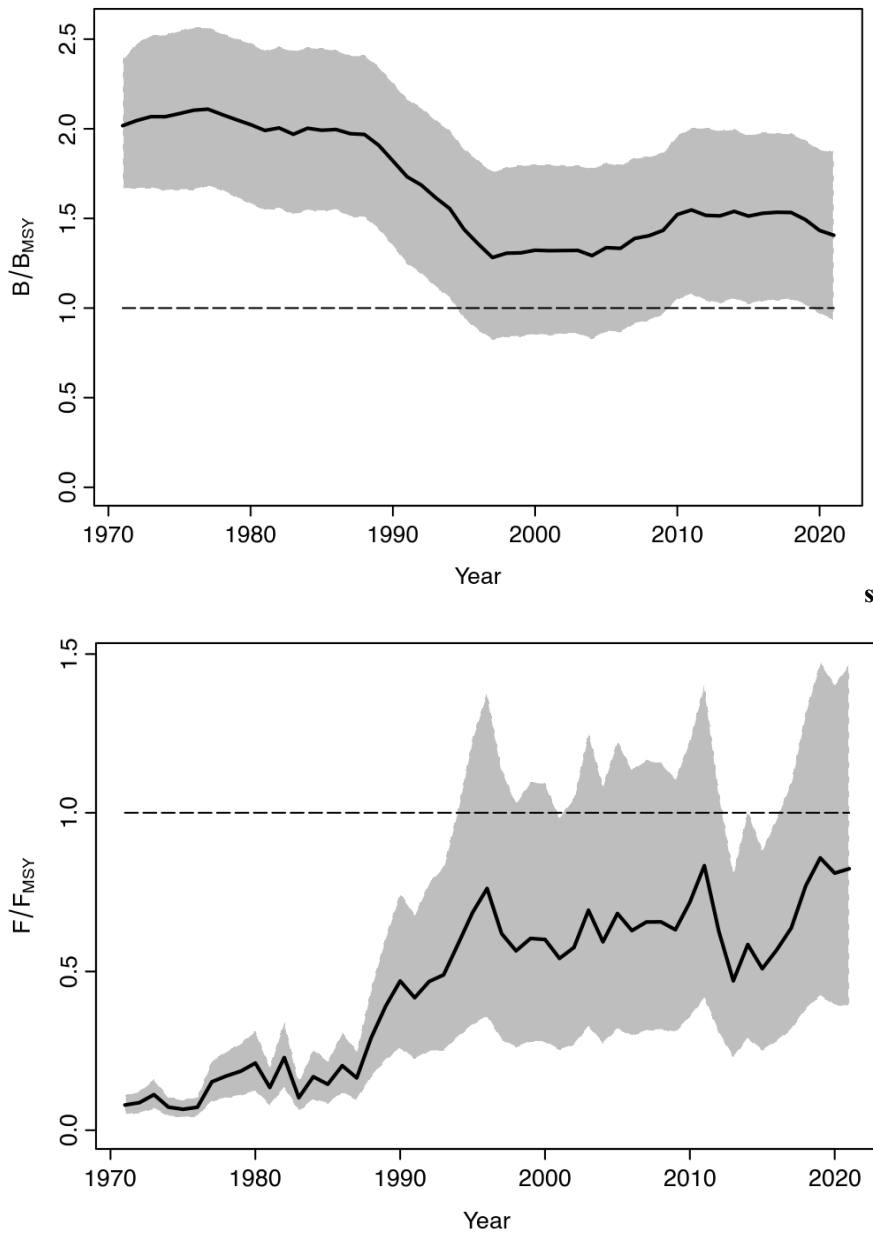


Figure 45. Annual trends of B/B_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (bottom) as estimated by the South Atlantic blue shark JABBA Reference Case. The solid line represents the median value, and the shaded area indicates the 95% credibility interval.

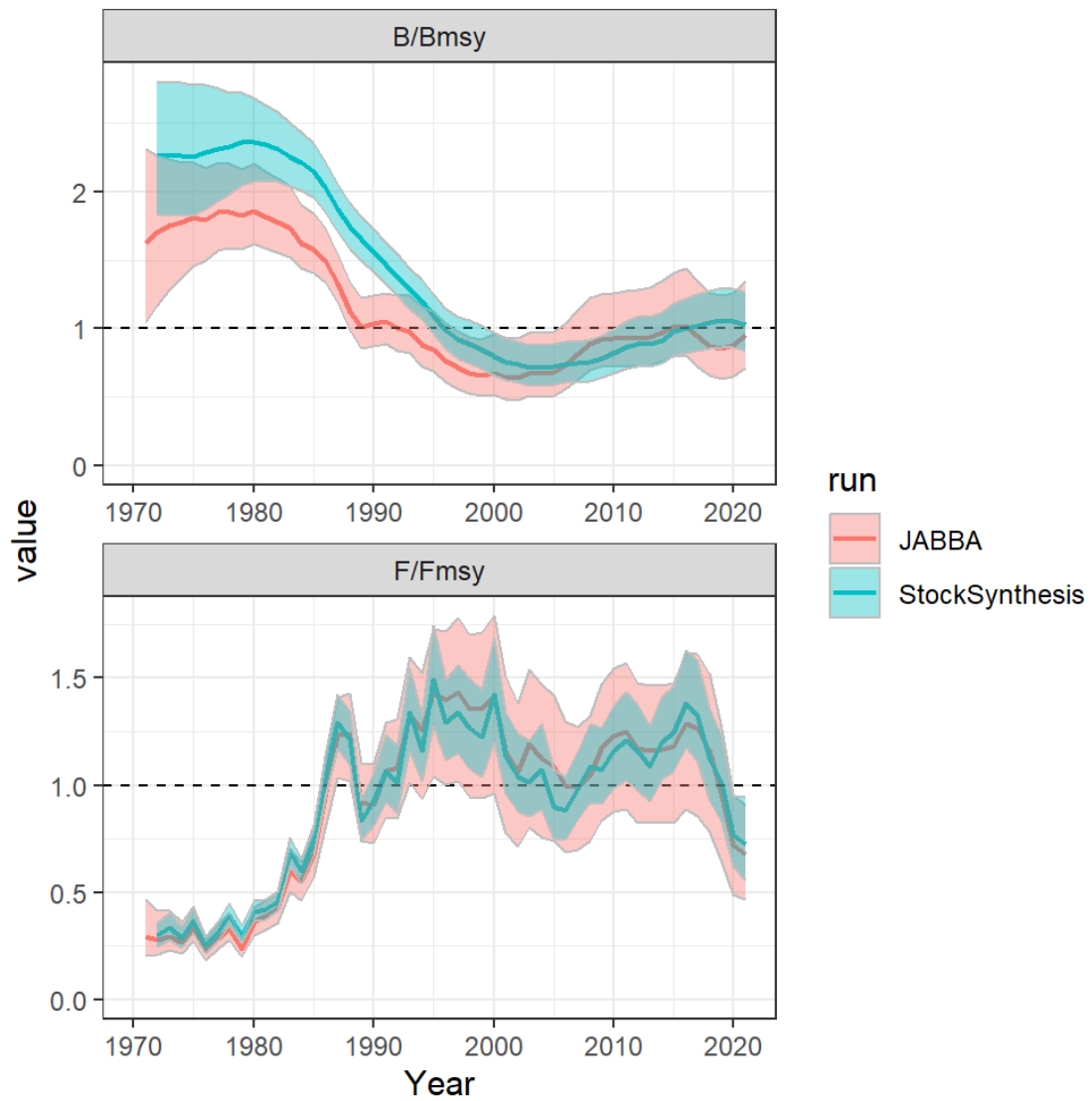


Figure 46. Estimated annual trends from JABBA (orange lines) and Stock Synthesis (green lines) for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% CI (JABBA: 100,000 iterations, Stock Synthesis: 100,000 iterations using MVLN).

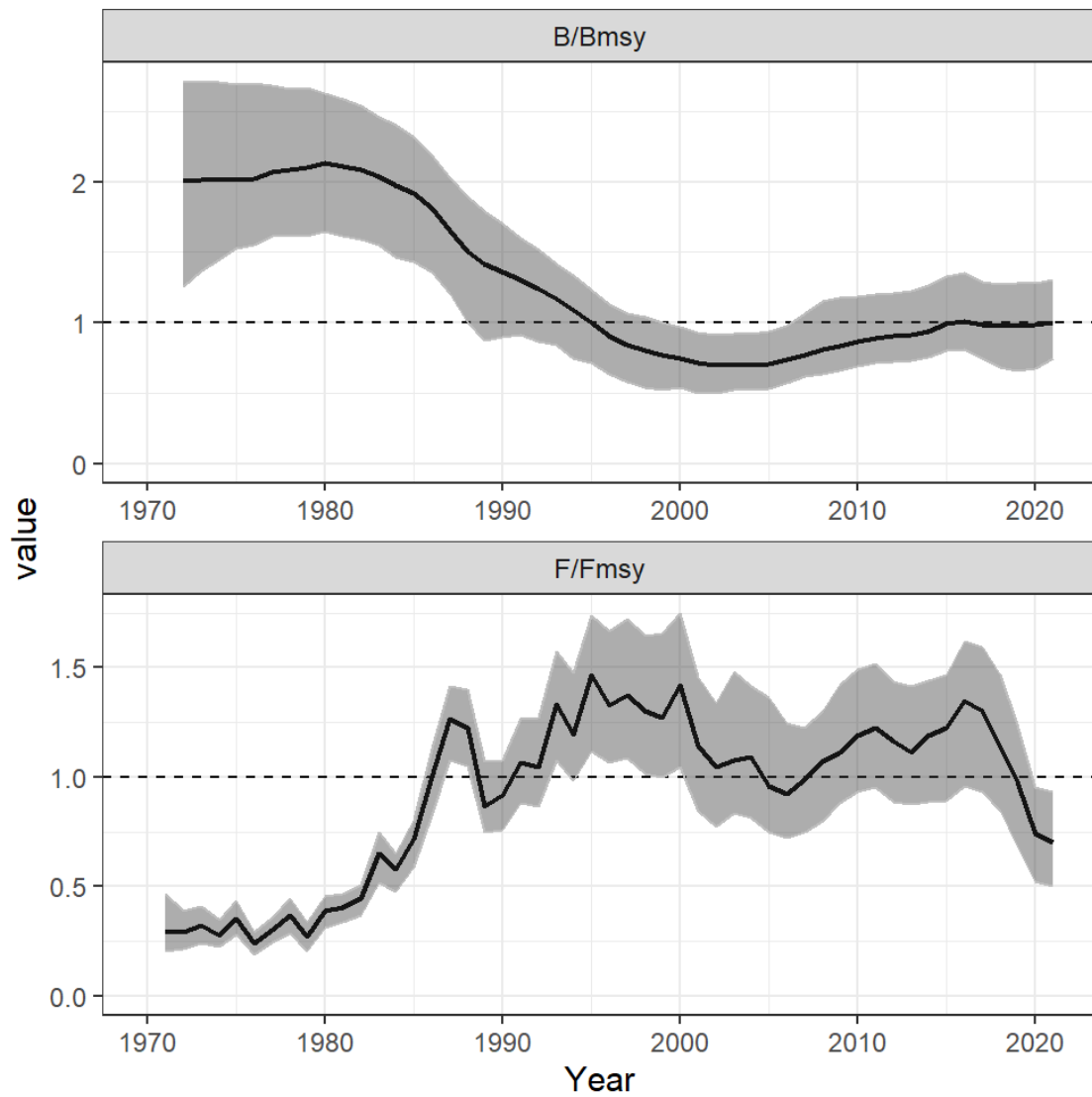


Figure 47. Joint time series of relative B and relative F and the Kobe phase plot were built with 100,000 iterations based on the Monte-Carlo multivariate lognormal (MVLN) approach for the Stock Synthesis reference case and 100,000 MCMC samples from the JABBA reference case.

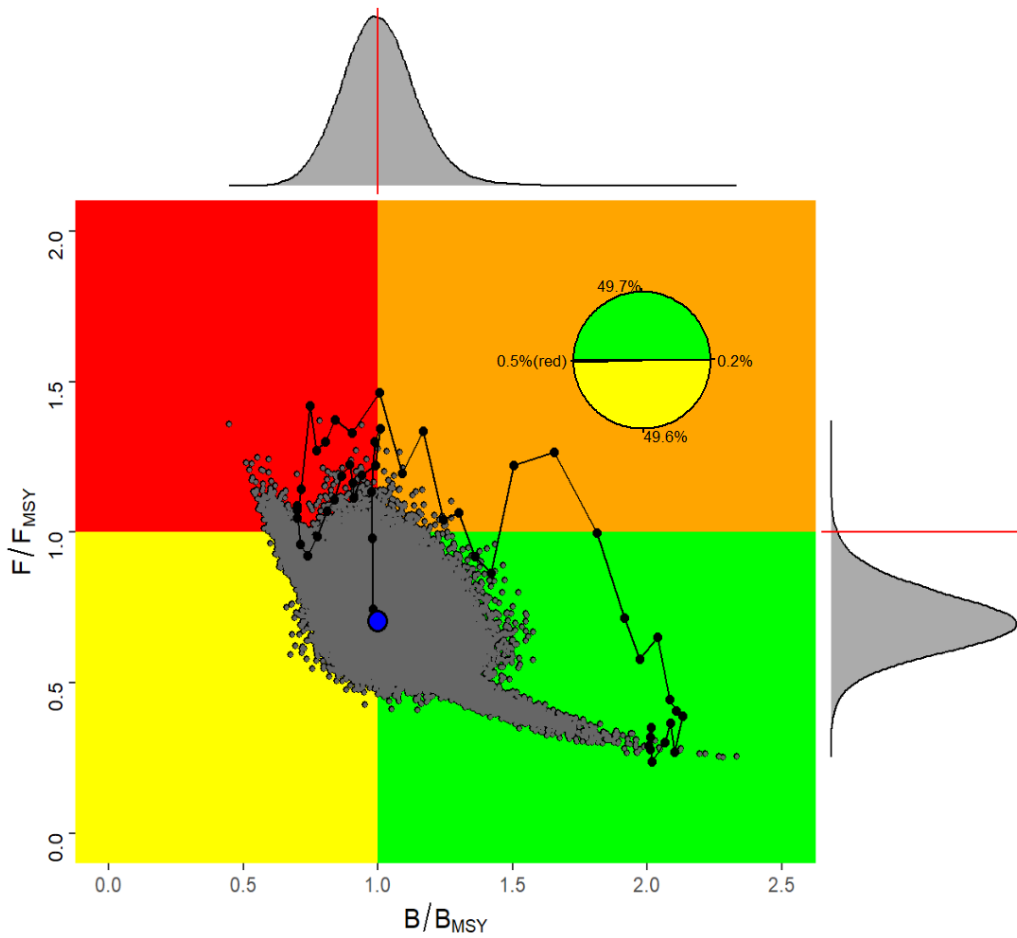


Figure 48. Joint Kobe phase plot from JABBA and Stock Synthesis for the North Atlantic blue shark stock. Solid black dots and solid line indicate the stock status trajectory, with the blue dot indicating the terminal year (2021), grey dots are the interactions from each model for the terminal year with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

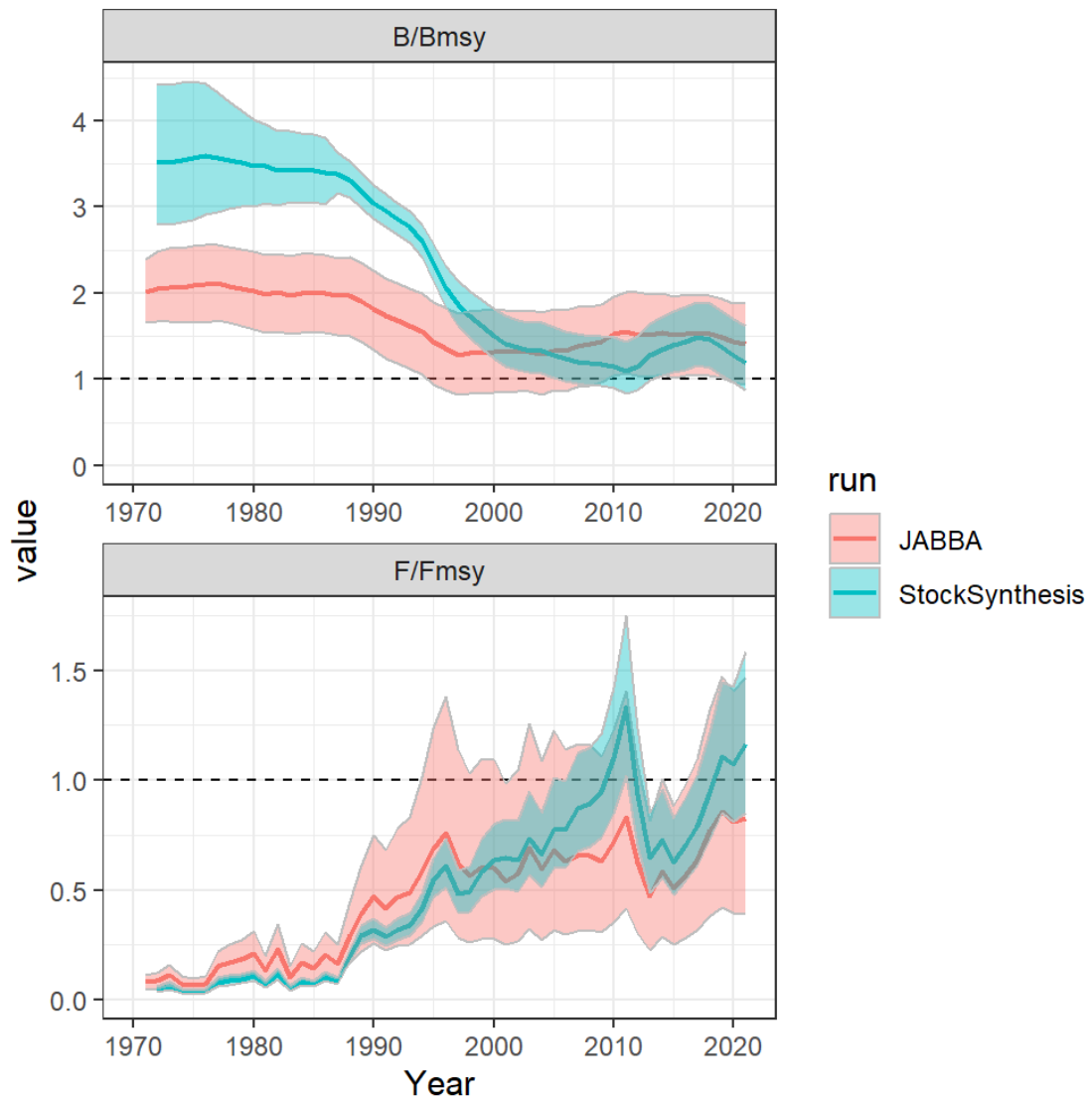


Figure 49. Estimated annual trends from JABBA (orange lines) and Stock Synthesis (green lines) for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% CI (JABBA: 15,000 iterations, Stock Synthesis: 15,000 iterations using MVLN).

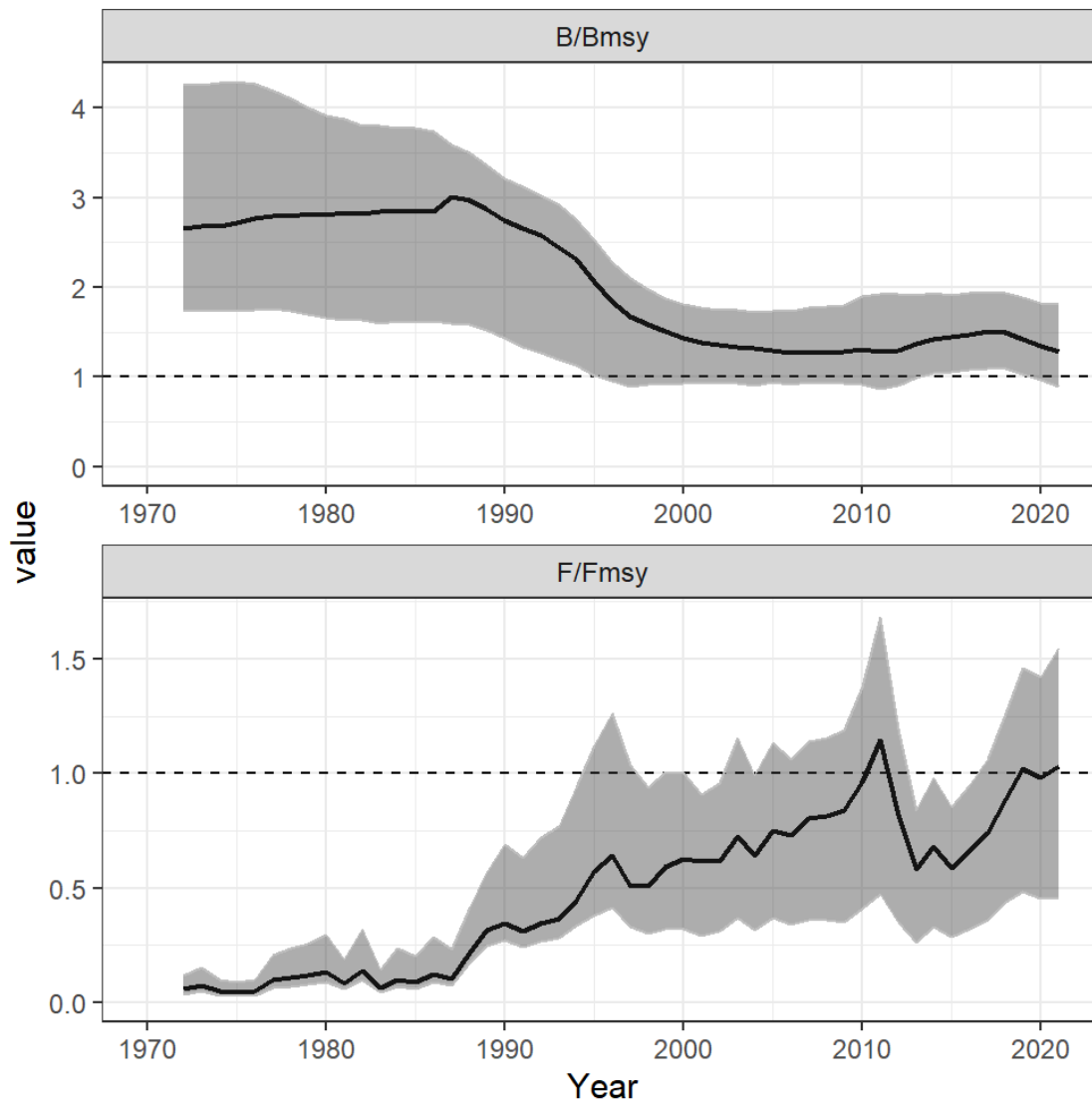


Figure 50. The combined results between JABBA and Stock Synthesis for B/B_{MSY} (JABBA) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) (upper panel), and F/F_{MSY} (lower panel) with 95% confidence interval using 30,000 iterations from JABBA (15,000 iterations) and Stock Synthesis (15,000 iterations using MVLN).

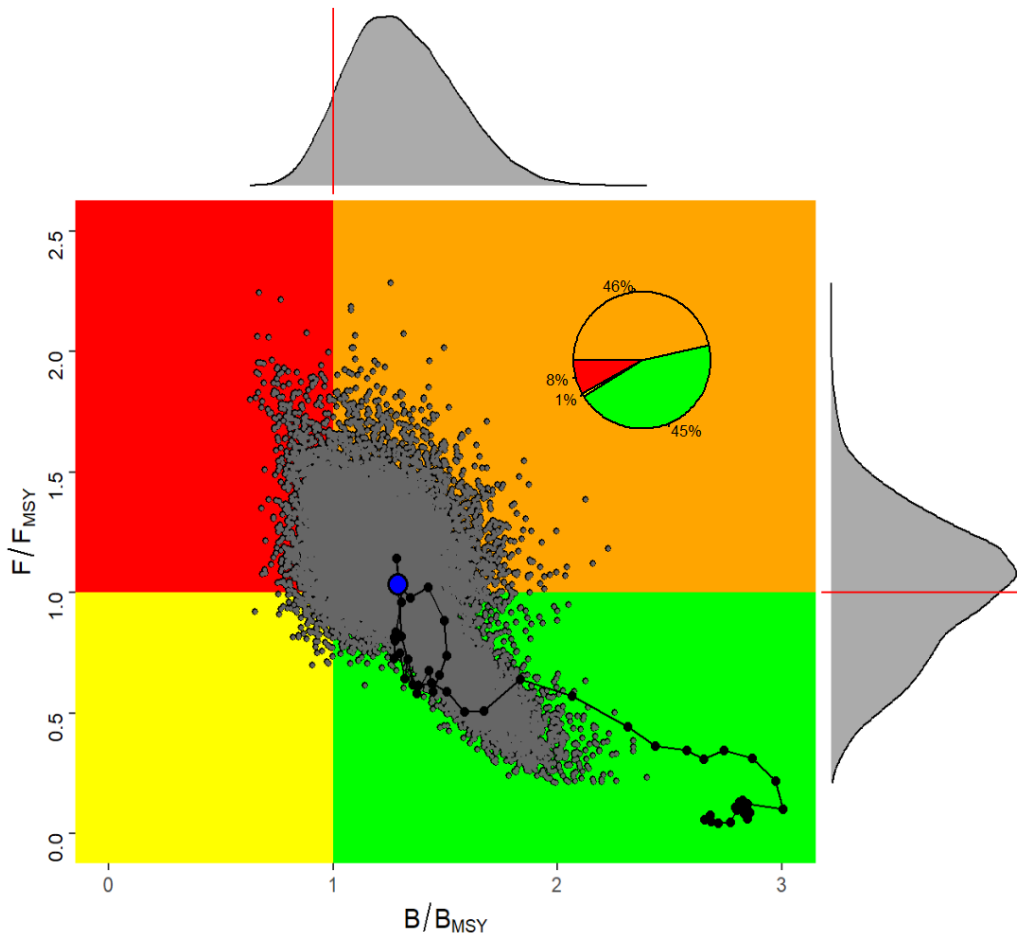


Figure 51. Joint Kobe phase plot from JABBA and Stock Synthesis for the South Atlantic blue shark stock. Solid black dots and solid line indicate the stock status trajectory, with the blue dot indicating the terminal year (2021), grey dots are the interactions from each model for the terminal year with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

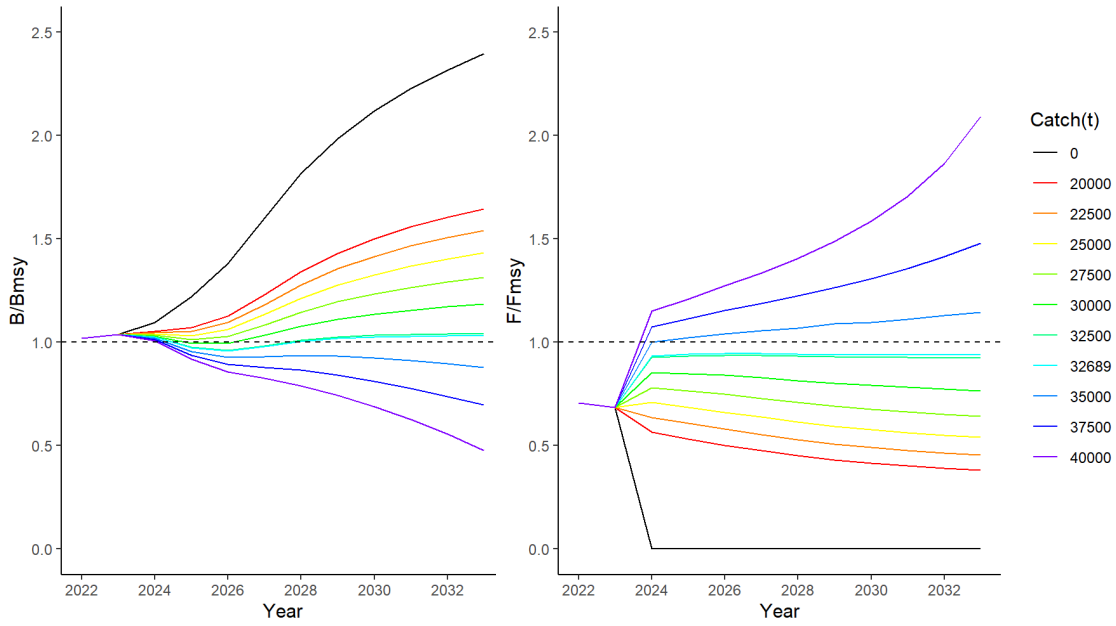


Figure 52. Projections for B/B_{MSY} and F/F_{MSY} based on both Stock Synthesis and JABBA reference cases for North Atlantic blue shark stock for various levels of future constant catch ranging from 20,000 – 40,000 t, including a zero-catch scenario starting in 2024. The initial catch for the years 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).

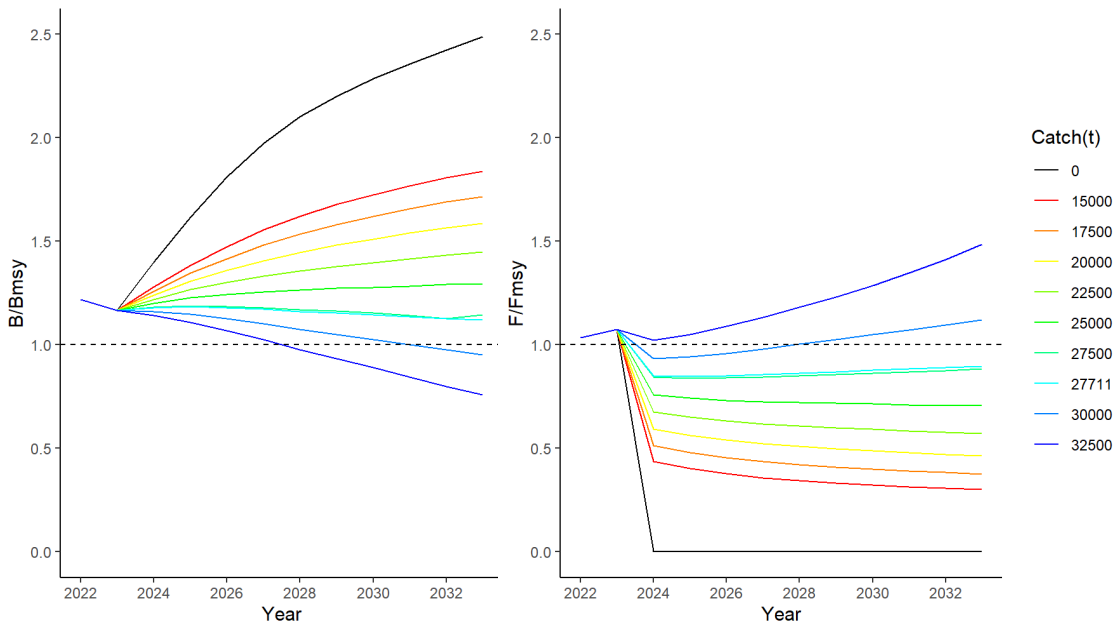


Figure 53. Projections for B/B_{MSY} and F/F_{MSY} based on both Stock Synthesis and JABBA reference cases for South Atlantic blue shark stock for various levels of future constant catch ranging from 15,000 – 32,500 t, including a zero-catch scenario starting in 2024. The initial catch for the years 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: abdoulieballow@gmail.com; abdoulieballow@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, Noureddine**

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: nabad@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@cefasc.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, Xinsheng

NOAA/NMFS/SEFSC, 3500 Delwood Beach Rd., Florida 32408
Tel: +1 850 234 6541 ext. 264, Fax: +1 850 235 3559, E-Mail: Xinsheng.Zhang@noaa.gov; Xinsheng.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: lalvarez@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: i.ziegler@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

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.