

REPORT OF THE 2021 BIGEYE STOCK ASSESSMENT MEETING (Online, 19-29 July 2021)

SUMMARY

The Bigeye stock assessment meeting was held online between 19 and 29 July 2021. The Group reviewed updates of catch statistics and indices of abundance, and estimated catches in 2020 (59,919 t) and 2021 (61,500 t TAC) for use in stock projections. The stock status was assessed using production models and a statistical integrated model using data for 1950-2019. Uncertainty of data inputs and model structure was integrated with a grid model approach considering natural mortality vectors as estimated from different assumptions of maximum age, steepness of stock productivity, and virgin recruitment levels. All models showed similar trends of relative biomass and fishing mortality, with differences in recent status. In 2019 the stock was overfished ($SSB_{2019}/SSB_{MSY} = 0.94$), but not undergoing overfishing ($F_{2019}/F_{MSY} = 1.00$). The average MSY was estimated at 86,833 t. Preliminary stock projections indicated that future catches of 61,500 t (current TAC) have a high probability to maintain the stock within the Convention objectives. However, as other sources of uncertainty were not included and quantified in the uncertainty grid, the Commission should consider adopting a precautionary TAC.

RÉSUMÉ

La réunion d'évaluation du stock de thon obèse a eu lieu en ligne du 19 au 29 juillet 2021. Le Groupe a examiné les mises à jour des statistiques de capture et des indices d'abondance et a estimé les captures en 2020 (59.919 t) et 2021 (61.500 t TAC) aux fins de leur utilisation dans les projections du stock. L'état du stock a été évalué au moyen de modèles de production et d'un modèle statistique intégré utilisant les données de 1950 à 2019. L'incertitude entourant les données d'entrée et la structure du modèle a été intégrée avec une approche de modèle de grille considérant les vecteurs de mortalité naturelle estimés à partir de différents postulats d'âge maximal, la pente de la productivité du stock et les niveaux de recrutement vierge. Tous les modèles présentaient des tendances similaires de la biomasse et de la mortalité par pêche relatives, avec des différences dans l'état récent. En 2019, le stock était surexploité ($SSB_{2019}/SSB_{PME} = 0,94$), mais ne subissait pas de surpêche ($F_{2019}/FPME = 1,00$). La PME moyenne a été estimée à 86.833 t. Des projections de stock préliminaires indiquaient que des prises futures de 61.500 t (TAC actuel) ont une forte probabilité de maintenir le stock au niveau des objectifs de la Convention. Toutefois, comme d'autres sources d'incertitude n'ont pas été incluses et quantifiées dans la grille d'incertitude, la Commission devrait envisager d'adopter un TAC de précaution.

RESUMEN

La reunión de evaluación del stock de patudo se celebró en línea entre el 19 y el 29 de julio de 2021. El Grupo revisó actualizaciones de las estadísticas de captura y los índices de abundancia y estimó las capturas en 2020 (59.919 t) y 2021 (61.500 t TAC) para usarlas en las proyecciones del stock. El estado del stock se evaluó usando modelos de producción y un modelo estadístico integrado utilizando datos de 1950-2019. La incertidumbre en los datos de entrada y en la estructura del modelo se integró con un enfoque del modelo de matriz considerando los vectores de mortalidad natural estimados a partir de diferentes supuestos de edad máxima, la inclinación de la productividad del stock y los niveles de reclutamiento virgen. Todos los de los modelos presentaban tendencias similares de la biomasa y la mortalidad por pesca relativas, con diferencias en el estado reciente. En 2019 el stock estaba sobrepescado ($SSB_{2019}/SSB_{RMS} = 0,94$), pero no experimentando sobrepesca ($F_{2019}/F_{RMS} = 1,00$). El RMS medio se estimó en 86.833 t. Las proyecciones preliminares del stock indicaban que capturas futuras de 61.500 t (TAC actual) tienen una elevada probabilidad de mantener el stock dentro de los objetivos del Convenio. Sin embargo, dado que en la matriz de incertidumbre no se incluyeron ni cuantificaron otras fuentes de incertidumbre, la Comisión debería considerar la adopción de un TAC precautorio.

1. Opening, adoption of agenda, and meeting arrangements

The meeting was held online due to the current COVID-19 pandemic situation. Dr David J. Die (USA), the Tropical Tunas Species Group (“the Group”) coordinator and Bigeye tuna rapporteur, opened the meeting and welcomed participants. Dr Miguel Neves dos Santos (ICCAT Assistant Executive Secretary) also welcomed the participants and thanked the efforts made by all participants to attend the meeting remotely.

The Secretariat provided information on how to use the online platform for the meeting (Zoom application). The Chair reviewed the Agenda, which was adopted (**Appendix 1**).

The List of Participants is included in **Appendix 2**. The List of Documents and Presentations provided to the meeting is attached as **Appendix 3**. The abstracts of all SCRS documents and presentations provided at the meeting are included in **Appendix 4**. The following participants served as rapporteurs:

<i>Sections</i>	<i>Rapporteur</i>
Items 1, 8	M. Ortiz, D. Die
Item 2	A. Kimoto, M. Ortiz
Item 3	M. Schirripa, B. Mourato, G. Merino
Item 4	A. Norelli, S. Cass-Calay, B. Mourato, G. Merino, D. Gaertner, N. Taylor, D. Die
Item 5	H. Murua, K. Kitakado
Item 6	G. Diaz, A. Maufroy
Item 7	J. Santiago, F. Sow

2. Summary of available data for assessment and updates since the data preparatory meeting

The Secretariat provided an overview of the fisheries data available for the assessment meeting including updates compiled since the data preparatory meeting.

2.1 Fisheries Statistics, size, and CAS estimates

Following the recommendations and the intersessional work plan agreed by the Group during the data preparatory meeting, the following fisheries statistics were provided by the Secretariat:

- Updated Task 1 nominal catches (NC) for bigeye tuna including data provided by April 30, 2021;
- Updated Task 2 catch and effort (CE) for tropical tunas including catch and effort of the ETRO_PS1991-2020 separating catches by fishing mode (PS sets on free schools and FAD/FOBs). This update included a full revision (1991-2019) provided by the EU-France national scientists;
- Updates of the Ghana fisheries statistics for tropical tunas (SKJ, BET, YFT) 2018-2020 (SCRS/2021/133);
- Update Task 2 size data including information from Ghana PS and BB fisheries, revisions of the EU-France, and revisions of the Chinese Taipei longline size data (SCRS/2021/113);
- Estimates of Task 2 catch-at-size (CAS) based on the update Task 2 SZ and provided CAS information by CPCs;
- Estimates of Catch Distribution (CatDis) of bigeye 1950-2019 by quarter and 5x5 lat-lon grids;
- Updated conventional tagging information for bigeye up to July 16, 2021.

The Secretariat in collaboration with the modelling teams also provided the basic data inputs for the preliminary assessment models including the following data:

- Estimates of size-frequency distributions for bigeye tuna according to the fleet structure agreed during the data preparatory meeting (2019 Yellowfin Stock Assessment, SCRS/2021/113) for input to the Stock Synthesis models. The size-frequency data were further reviewed and adjusted during the intersessional work by the modelling teams after careful evaluation of the size trends, selectivity changes and preliminary assessment model runs;
- Estimates of catch by each fleet component in the Stock Synthesis model, including seasonal distribution for some of the fleets;
- Estimates of total removals for the surplus production models;
- Estimates of catch removals for 2020, following the Group recommendations from the data preparatory meeting.

Task 1 Nominal catches of Bigeye tuna

Since the data preparatory meeting, and prior to the start of this assessment meeting, two CPCs provided Task 1 nominal catches of bigeye tuna EU-Spain and Ghana. **Table 1** shows the catch removals for BET for the period 1950-2019 used as input for the assessment models. At the data preparatory meeting, it was agreed that 2019 would be the terminal year for the assessment, as data for 2020 were incomplete and preliminary. During the data preparatory meeting, the Group recommended a protocol for estimating catches for years 2020 and 2021 to be used for projection purposes (see the Report of the Bigeye Tuna Data Preparatory Meeting, Anon. 2021). The Group reviewed these estimates for 2020 and noted the following:

- The data submitted by EU-Spain for 2020 after the data preparatory meeting represented only the catches from the Canary Islands fisheries fleets. EU scientists provided during the current meeting the estimates of bigeye tuna catches for all fleets in the amount of 6,050 t for 2020.
- Curaçao provided during the current meeting the estimates of BET catches for all fleets in the amount of 1,519 t for 2020.
- Guatemala provided during the current meeting the estimates of BET catches for all fleets in the amount of 906 t for 2020.
- The US provided during the current meeting the estimates of BET catches for all fleets in the amount of 816 t for 2020.
- Some of the catches reflected in the bigeye tuna catch limits adopted by the Commission in 2020 (including suggested limits) (Rec. 19-02) represent allocations, but not realized catches. That is the case of Nicaragua, the Russia Federation, and the Philippines. The Secretariat confirmed that these CPCs have not reported catches of tropical tunas in recent years. Therefore, the Group agreed not to use their catch limit values for the estimation of 2020 and its catches were set to 0 for 2020.
- Furthermore, for other CPCs with bigeye tuna catch limits (Rec. 19-02), the Group agreed to use the reported catches of 2020 (Brazil, Canada, Curaçao, Chinese Taipei, El Salvador, EU, Ghana, Guinea Equatorial, Guatemala, Japan, Korea Rep., Maroc, Mexico, Senegal, Trinidad and Tobago, and USA).
- For CPCs that have bigeye tuna catch limits and that had not reported catch for 2020, it was agreed to use the lowest of the values between the catch average of 2017-2019 and bigeye tuna catch limit adopted by the Commission.
- Finally, for those CPCs with no catch limits, it was agreed to use the carryover estimated as the average from 2017-2019 catches.

The Secretariat expressed the difficulties associated with process catches that were reported during the meeting, especially so close to the regular deadline for the data submission of 31 July. The importance of adhering to the data submission deadlines agreed upon by the Group in the workplan was stressed.

The Group estimated catches of bigeye tuna for 2020 (**Table 2**). The estimates of BET catch 2020 included the *faux-poissons* estimates (1,030 t) (Mixed flags EU Tropical) based on the average 2017-2019, as no other information was provided. The estimated total bigeye tuna catch for 2020 was 59,919 t. This value was based on the following: first, the 2020 reported catch represented 80% of the 2020 catch estimated by the Group and second, catches of CPCs that reported catches for 2020 were below previous years. Therefore, it is expected that the remaining 20% of estimated catches would also follow the trend of the reported catch. It was noted that the 2020 catch estimated during the current meeting (59,919 t) is lower than the initial estimate provided at the beginning of the meeting from the protocol approved during the data preparatory meeting (68,825 t), in part due to the updated reported catch values from some CPCs, and recommendations on unreported catches made by the Group during the current meeting. It was further noted that the bigeye tuna fishery in 2020 was particularly different from prior years, possibly due in part to the effects of the COVID-19 pandemic and the changes in the tropical tunas closure regime between 2019 and 2020 (although final catches by month were not reviewed). The Group decided to use 61,500 t, the TAC allocated by the Commission for 2021, as the best estimate available of the bigeye tuna catch for 2021.

Task 2 Size samples of bigeye tuna

SCRS/2021/113 presented a review and preliminary analysis of the size samples of Atlantic bigeye tuna available for the stock assessment models. Size samples were reviewed and standardized to straight fork length units, and aggregated to size-frequency samples by main fleet/gear, year, and quarter. A minimum of 50 measurements were adopted for a size sample, while skewness, kurtosis, and coefficient of variance indicators were used to assess outliers. Overall size sampling is sufficient since 1970s. Among the major fleets, as defined according to their relative contribution to the total catch, size sampling is sufficient only for longlines.

The Group inquired as to the relative proportion of samples for the purse seine fleets. It was noted that the ratio estimator should use the same units for comparison, i.e., weight or numbers of fish for both catch and size samples. After revising the information presented, the Secretariat provided an updated table with the relative proportion of size samples using the weight of the measured fish. The results also indicated that compared to the total catch of PS, the size sampling in these fisheries is still relatively low compared to other fisheries. It was noted that the stock synthesis modelling team made some decisions on the use of the size-frequency samples provided, based on a detailed review of the size trends, and potential shifts in selectivity (SCRS/P/2021/047). Briefly, the size selectivity of Ghana baitboat and purse seine fleets showed similar size distribution and no apparent changes in selectivity over time, thus it was maintained as a single fleet as in prior assessment. As recommended by the Group at the data preparatory meeting, Ghana size data from 1996 to 2008 were excluded. Review of seasonal size data for the late PS free school shows no evidence that supports separating the selectivity of this fleet in quarterly periods. During the data preparatory meeting it was indicated that in the previous bigeye assessment and the last yellowfin assessment some of the size data for Chinese Taipei were excluded, as size sampling provided then did not include size samples from scientific observers. Chinese Taipei scientists recently provided updated size data including the observer information, that were thoroughly reviewed by the modelling Group. The stock synthesis modelling team concluded that the data were consistent and sufficient, and decided not to exclude any size data from Chinese Taipei. Data from South Africa BB size composition were excluded by the stock synthesis modelling team from the fleet BB Dakar South. For the fleet USA rod and reel, the stock synthesis modelling team decided to use only USA RR size data, excluding other gears such as GN/TW or CAN HL size samples as differences in mean size were observed for these fisheries and catches were smaller than those from the USA RR. Finally, the stock synthesis modelling team noted that for some fleets, BB Dakar 1962-1980 and Brazil HL, there were very few size sample observations and these were not used.

Document SCRS/2021/133 presented the estimates of fisheries statistics for the baitboat and purse seine fisheries of Ghana 2012-2020. Catch and landing data collected and managed by the Fisheries Scientific Survey Division (FSSD) of Ghana included both landings and logbook information from 2005 up to 2020. The estimation of the total catches, catch composition, fishing effort, catch at size, and size sampling for YFT, BET, SKJ and other by-catch spp were estimated following the Tropical Tunas Species Group recommendations. Estimates were provided for the 2012-2020 period where sufficient sampling and coverage by Ghana observers was available.

The Group noted that since 2015 the catches of bigeye have decreased in both PS and BB gears, while the catches of yellowfin and skipjack have increased during the same period. It was inquired if there have been any changes in Ghana fishing operations that could account for this decrease in BET catches. The Group requested that the Secretariat prepare some maps of fishing effort distribution by 5x5 and quarter-year to evaluate if there have been shifts in the spatio-temporal distribution of fishing effort, as well in the proportion of bigeye catch compared to the total catch of tropical tunas (SKJ, YFT, BET). Authors of SCRS/2021/113 indicated that prior analyses have suggested that higher proportions of bigeye catches are found in offshore areas, while closer to coastal areas the proportion of yellowfin increases, and the proportion of bigeye decreases (**Figure 1**). The requested maps showed some changes in the distribution of fishing effort with higher values in the central Gulf of Guinea and coastal areas in recent years (**Figure 2**), where lower proportions of bigeye are normally found.

The Group noted that the spatial distribution of BB catches and effort from Ghana fisheries showed fishing activities being conducted in high seas, something not commonly observed in other BB fleets. Ghanaian scientists confirmed the accuracy of the information on the spatial distributions of the BB catches contained in the ICCAT database.

Conventional tagging

The Secretariat provided a summary of conventional tagging information for bigeye tuna (**Table 3**). Since the data preparatory meeting a total of 34 new BET tag recoveries have been reported, including a fish recaptured after four years at large after release by the AOTTP programme. The Group inquired as to the tag seeding data and requested a summary of this information. The Secretariat provided an updated summary of the tag seeding experiments (**Table 4**).

2.2 Relative indices of abundance

No new indices or updates of indices of abundance were presented at the meeting. The stock synthesis modelling team indicated that the spatial distribution used for the catch by fleet and size-frequency data by fleet inputs of stock synthesis were the same as those used in the 2019 yellowfin tuna stock assessment. This decision was made to harmonize the bigeye and yellowfin stock assessments for future MSE work and to follow the decision made at

the Bigeye Tuna Data Preparatory Meeting (Anon., 2021). This spatial fleet structure is different from the spatial structure used in the estimation of the joint longline index adopted during the data preparatory meeting. **Figure 3** shows the comparison of the geographical areas used in each case. However, it was noted that the catches and the number of CPUE observations used in the joint longline index corresponding to non-matching areas (i.e. areas previously included in the index coverage, but not included in the current coverage, southern part of the Gulf of Mexico, Caribbean Sea, or east of 5° East towards the African coast) are very low. Thus, the stock synthesis modeling team concluded that differences in the geographical areas would have limited impact on the models. The Group recommended that consistent spatial-temporal structure be used for future combined relative abundance indices from longline for bigeye and yellowfin stocks.

The Group was informed that due to time constraints the EU purse seine free school and purse seine dFAD indices could not be presented at this meeting. However, as the same standardization approaches are currently being used to develop the yellowfin EU purse seine index in the Indian Ocean, the same type of models will be applied in the future to tropical tuna species in the Atlantic Ocean.

3. Stock Assessment Models and other data relevant to the assessment

The following process was used to run assessment models. An uncertainty grid encompassing the major axes of uncertainty (natural mortality, steepness and recruitment variation) was agreed during the data preparatory meeting for Stock Synthesis. Production models were expected to develop their own grid encompassing the equivalent range of uncertainty for the two axes of uncertainty that such models can explicitly consider (natural mortality and steepness). Uncertainty in recruitment variation, represented by sigma R in the Stock Synthesis model, cannot be easily implemented in production models.

The Group noted that the data preparatory meeting report states: “The Group felt that using 17 as the maximum age should be the reference case in the 2021 assessment model...”. This recommendation came during the discussions on estimates of maximum age, prior to the development of the uncertainty grid that was agreed at the data preparatory meeting. The agreement about the uncertainty grid included support for continuing with the method used in the last assessment to consider all parameter combinations of the grid to be equally valid unless a combination should be rejected on the basis of unsatisfactory diagnostics: “The Group decided to continue with the use of the uncertainty grid approach to quantifying model uncertainty...The modeling team has the discretion to make necessary changes to the model configuration based on identified issues or diagnostic performance.” Given such agreements reached at the data preparatory meeting, the modelling teams decided to use the combination of maximum age = 20, steepness = 0.8 and sigma R = 0.4 as reference case. This reference case model was defined solely for the purpose of constructing the initial runs of the assessment and for comparison with sensitivity runs. The reference case model was given the same weight than any of the other models of the uncertainty grid in the estimation of stock status and development of forecasts. A full set of diagnostics was run for all models in the uncertainty grid and for selected sensitivity runs.

During the meeting, additional sensitivity runs were run upon examination of the results of the initial runs prepared prior to the meeting. Description of such runs are included in section 4 of this report.

3.1 Statistically integrated model, Stock Synthesis

Stock Synthesis (Methot and Wetzel, 2013) is an integrated statistical catch-at-age model that incorporates many of the important processes (mortality, fishery selectivity, growth, reproduction, etc.) that operate in conjunction to predict annual size-at-age, total removals (landed as well as discarded), fleet length compositions, age compositions, and fleet catches-per-unit-effort. Many of these processes are interrelated, and therefore the associated model parameters are correlated. Stock Synthesis provides a statistical platform to integrate these different metrics into an overall objective function, and in turn, account for the joint uncertainty of biological processes and fishery dynamics. Stock Synthesis is comprised of three subcomponents: 1) a population subcomponent that recreates an estimate of the numbers/biomass at age using estimates of natural mortality, growth, fecundity, etc.; 2) an observational sub-component that consists of observed (measured) quantities such as CPUE or proportion at length/age; and 3) a statistical sub-component that uses likelihoods to quantify the fit of the observations to the recreated population.

A seasonal model was constructed for Atlantic BET covering a timeframe from 1950-2019 (**Figure 4**). Initial stock biomass in 1950 was assumed to be in an unfished, virgin stock condition. Fleet structure comprised 22 fleets, including five purse seine fleets, a Ghana baitboat and purse seine combined fleet, four baitboat fleets, nine longline fleets, two handline fleets, and other combined gears (**Table 5**). The fleet structure definitions represented a significant modification from the 2018 BET assessment.

Two abundance indices were modeled, the joint longline index broken into two periods 1959-1978 and 1979-2019, and the quarterly acoustic echosounder buoy index associated with FADs covering the period 2010-2019 (**Figure 5**). The joint longline index was assumed to have a selectivity of older fish, equivalent to the Japan longline fleet in the tropical Atlantic (fleet 11). The acoustic buoy index was assumed to have the same selectivity as the purse seine fleet operating on FADs. Index CVs were scaled to an average CV = 0.2, while retaining the interannual variability estimated by the standardization models.

Length data for each fleet, year, and season were provided by the Secretariat after all CPC data updates were completed following the data preparatory meeting (**Figure 6**). Length compositions were input as number of fish observed per 4cm size bin. The effective sample sizes were equal to the $\log_{10}$ (# of observations), to reduce the effect of pseudo-replication in sampling and decrease the weight of length data in the overall model likelihood.

The assumption of growth remain unchanged from the previous assessment modeled as a Richards curve published by Hallier *et al.*, 2005 (**Table 6**). Weight in kilograms was estimated from straight fork length (SFL) in centimeters assuming the relationship: $Wt = (2.396E-05) * SFL^{2.9774}$ (Parks *et al.*, 1982).

Maturity and fecundity assumptions remain unchanged from the previous assessment. Fecundity was modeled as a direct function of female body weight. Maturity assumptions were as follows: 0% mature individuals at ages 0-2, 50% mature individuals at age 3, and 100% mature individuals at ages 4 and older.

As detailed in the 2021 BET data preparatory report, age-specific M assumptions were modified significantly from the previous assessment, based on new information on maximum observed age and the regression (Then *et al.*, 2015) used to estimate the scale of M at older ages. The Group noted how such new information compares with estimates used by other tuna RFMOs for stocks of BET and yellowfin tuna (**Figure 7**). Similar to previous assessments, M-at-age was modeled as a Lorenzen function of weight-at-age (Lorenzen, 1996) assuming three alternative maximum ages of i) 17, ii) 20, and iii) 25. The resulting alternative natural mortality vectors encompass a wider range of values compared to those used in the prior assessment (**Figure 8, Table 7**).

Selectivity was estimated directly for each of the 21 fleets (fleet 20 was mirrored to fleet 8), assuming a cubic spline function for fleets 1- 5, 21, and 22 to model bimodality of length composition observations. Fleets 7-16 and 19 were modeled as double normal functions, and fleets 17 and 18 were assumed to have asymptotic logistic selectivity (**Table 5**). Age 0 fish were allowed to be potentially included in the selectivity calculations of all fleets. Selectivity at age was derived by stock synthesis, based on the model estimated fleet selectivity-at-length.

The stock-recruitment relationship followed a Beverton-Holt function with virgin recruitment (R_0) freely estimated across a range of fixed steepness ($h=0.7, 0.8, \text{ and } 0.9$) and annual recruitment deviation ($\sigma_r=0.2, 0.4, \text{ and } 0.6$) values defined by the uncertainty grid. Annual recruitment deviations were estimated only for the period 1974 to 2019. Prior to 1974 recruitment was derived from the stock-recruitment relationship. The lognormal bias correction ($-0.5\sigma^2$) for the mean of the stock-recruit relationship was applied with a bias correction ramp applied as recommended by Methot and Taylor, 2011.

The length data component variance adjustments followed the methods of Francis, 2011.

For each of the model runs, the estimated parameters included 89 selectivity parameters, R_0 , catchability parameters for each abundance index, three seasonal recruitment allocations, and annual recruitment deviations. Model parameter standard deviations were derived from the variance-covariance matrix. It was noted that estimates of spawning stock biomass (SSB) refer to the end of the year SSB, and the fishing mortality refers to mortality rates over the entire year.

A continuity model run (SSM Continuity) was constructed for comparison with the 2018 assessment based on the same biological assumptions, including M-at-age and one index of abundance, the joint longline index. However, the 2021 fleet structure was used for the continuity run. Additional sensitivity analyses included runs with each abundance index removed, and a run with lower CV weighting on the indices of abundance. Three sensitivity analyses were conducted based on initial guidance from the data preparatory workshop (**Table 8**):

- *SSM Sensitivity 1*: The Joint LL Early Series was removed from the model.
- *SSM Sensitivity 2*: The Buoy Index was removed from the model.
- *SSM Sensitivity 3*: A lower index CV was used.

The uncertainty grid comprised 27 models with all combinations of fixed alternative assumptions of natural mortality (maximum age = 17, 20 and 25), steepness ($h = 0.7, 0.8$ and 0.9) and standard deviation in recruitment (σ_r) ($0.2, 0.4, 0.6$). This alternative runs of the uncertainty grid are listed in **Table 9**. Examination of model diagnostics was done by following the recommendations of Carvalho *et al.*, 2021.

3.2 Surplus Production models, JABBA and MPB

Surplus Production model MPB

A preliminary assessment of Atlantic BET using the biomass dynamic model mpb was conducted (SCRS/2021/120). This model used total catch from 1950 to 2019 and, the joint longline index for two periods (early 1959-1978 and late 1979-2019) and introduced these as two separate indices with independent catchability. The first version of the model is configured as a Fox's model starting in 1950. The Group agreed to develop production model scenarios to be as much as possible equivalent to those included in the uncertainty grid of stock synthesis. This was achieved by selecting shape parameters that would mimic the SSB_{MSY}/SSB_0 ratios estimated in the reference uncertainty grid adopted for the Synthesis model runs (B_{MSY}/K in the biomass production models). These shape parameters and their associated B_{MSY}/K ratios are shown in **Table 10**.

In addition to the models of the uncertainty grid, the Group proposed a series of sensitivity runs:

- *MPB Sensitivity 1* : Use the recent CPUE only starting in 1985.
- *MPB Sensitivity 2* : Use the logistic (Schaefer) model.
- *MPB Sensitivity 3* : Add the Brazilian longline CPUE.
- *MPB Sensitivity 4* : Add the Buoy Abundance Index (Buoy Abundance Index).
- *MPB Sensitivity 5* : Add both the Brazilian longline CPUE and the BAI.
- *MPB Sensitivity 6-8*: Modify the shape parameter so that the B_{MSY}/K ratio was more skewed to more productive levels ($0.33, 0.31$ and 0.27).

The following diagnostics were used to examine the reliability and quality of model fits: residual examination, likelihood profiles for r and K , retrospective analysis, and Mohn's ρ .

Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA)

The Group reviewed the preliminary stock assessment results from the Bayesian state-space production model JABBA (SCRS/2021/132; Winker *et al.*, 2018a), of the Atlantic BET stock updated with data up to 2019. This model used total catch from 1950 to 2019 and the Joint longline index for two periods (early 1959-1978) and late (1979-2019). These indices were introduced as two separate indices with independent catchability (CVs were scaled to 0.2 average). For the unfished equilibrium biomass K , the default settings of the JABBA R package in the form of vaguely informative lognormal prior with a large CV of 100% was used. The initial depletion prior ($\phi = B_{1950}/K$) to all scenarios was defined by a beta distribution with mean = 0.93 and CV of 5%. All catchability parameters were formulated as uninformative uniform priors. The process error of $\log(B_y)$ in year y for all scenarios were defined by an inverse-gamma distribution with shape parameter equal to 9.606 and rate parameter equal to 0.03 as used by Winker *et al.*, 2018b in the 2018 Atlantic BET stock assessment.

To provide continuity, initial JABBA run was parametrized with the same priors and model structure used in the 2018 Atlantic bigeye tuna stock assessment (ICCAT, 2019). In addition, JABBA runs were designed to represent the uncertainty grid agreed during the 2021 BET data preparatory meeting. Only combinations of maximum age, and steepness were considered for JABBA resulting in nine distinct models (**Table 11**) in addition to the continuity run. For each of these runs, alternative r prior distributions were developed. Priors were associated with a specific shape parameter of a Pella-Tomlinson production function and obtained from an Age-Structured Equilibrium Model (ASEM) approach with Monte-Carlo simulations (Winker *et al.*, 2019). This approach resulted in more informative priors to r , which followed a lognormal distribution and the shape parameter m (B_{MSY}/K) directly derived from the ASEM output of EB_{MSY}/EB_0 (EB -Exploitable biomass; see details in Winker *et al.*, 2019) being fixed. Additional model runs were also provided by allowing the parameter m to be freely estimated internally by the Pella-Tomlinson model. **Table 11** provides a summary of the parametrization of JABBA model scenarios.

JABBA is implemented in R (R Development Core Team, <https://www.r-project.org/>) with JAGS interface (Plummer, 2003) to estimate the Bayesian posterior distributions of all quantities of interest by means of a Markov Chains Monte Carlo (MCMC) simulation. The JAGS model is executed from R using the wrapper function *jags()* from the library *r2jags* (Su and Yajima, 2012), which depends on *rjags*. In this study, three MCMC chains were used. Each model was run for 30,000 iterations, sampled with a burn-in period of 5,000 for each chain and thinning rate of five iterations. Basic diagnostics of model convergence included visualization of the MCMC chains using MCMC trace-plots as well as Heidelberger and Welch (Heidelberger and Welch, 1992) and Geweke (1992) and Gelman and Rubin (1992) diagnostics as implemented in the coda package (Plummer *et al.*, 2006).

Extensive model diagnostics were provided to evaluate the model fits, residual runs tests, retrospective patterns and hindcast prediction skill. To check for systematic bias in the stock status estimates, a retrospective analysis was also performed, by systematically removing one year of data at a time sequentially over a period of eight years ($n = 9$), followed by refitting the model after each data removal and comparing quantities of interest (i.e. biomass, fishing mortality, B/B_{MSY} , F/F_{MSY} , B/B_0 and MSY) to the reference model that is fitted to full data time series. To compare retrospective bias among models, Mohn's rho (ρ) statistic was computed, by using the formulation defined by Hurtado-Ferro *et al.*, 2014. A model-free hindcasting cross-validation (HCXval) technique by Kell *et al.*, 2016 was applied, where observations are compared to their predicted future values of CPUE by calculating the Mean Absolute Scaled Error (MASE) proposed by Hyndman and Koehler, 2006, which scales the mean absolute error of prediction residuals to a naïve baseline prediction, where a 'prediction' is said to have 'skill' if it improves the model forecast when compared to the naïve baseline.

4. Stock Status results

4.1 Catch integrated models, Stock Synthesis

Stock Synthesis model convergence and fit diagnostics of the reference case

Stock Synthesis converged to a stable solution, with a negative log-likelihood consistent across the jittered parameter starting values (**Figure 9**). The final model gradient was 0.000067, lower than a target of 0.0001, and was considered acceptable for model convergence, particularly since the solution was stable across different starting parameter values.

The model showed a general lack-of-fit to the acoustic buoy index, but considerably better fit to the joint longline index (**Figure 10**). In general, the residual errors in both indices showed non-random patterns, evidenced by failure to pass the diagnostic runs test (**Figure 11**). In particular, a lack-of-fit to the declining trend in the acoustic buoy index in the early 2010s as well as the increasing trend in the terminal years was apparent. The fit to the long-term trend in the joint longline index was considerably better, but inter-annual changes in the index were not well captured by the model. The residual pattern in the recent period of the joint longline index was notably better than the residual patterns of the acoustic buoy index and early period joint longline index.

Fits to the overall length composition (**Figure 12**) and associated annual model residuals (**Figure 13**) provided a primary diagnostic of model performance. Overall, the reference case demonstrated acceptable fit to the aggregated length composition data of all fleets. The annual residual patterns appeared mostly randomly distributed and deemed adequate for the major harvesting fleets, while the fleets with relatively smaller removals showed some non-random patterns in residuals. This was likely a result of variance reweighting, which resulted in better model fits to fleets with large amounts of length composition data. In general, the residual patterns of length composition showed improvement compared to the 2018 assessment, likely due to the redefining of fleets to create compositions that are more consistent across the time series.

Deviations from the stock-recruitment curve estimated as recruitment deviates indicated high variability in year-to-year recruitment deviations but strong time correlations, with periods where recruitment deviations increased followed by periods where recruitment deviations decreased. Recruitment deviations increased from 1974-1983, 1987-1998 and 2006-2018 and decreased in the intervening years (**Figure 14**). Overall the recruitment deviation was unbiased (**Figure 15**). A list of model parameters is presented in **Table 12**, 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.

Since steepness (h) and the σ_R of the Beverton-Holt curve were fixed, the main productivity parameter estimated in Stock Synthesis was the average level of age-0 recruitment at unfished equilibrium spawning biomass (R_0). Like in the 2018 assessment, the likelihood profile from the reference case indicated a maximum likelihood estimate of steepness near 10 (natural log scale), equivalent to approximately 27 million age 0 recruits: with relatively good agreement between data sources on the best estimate (**Figure 16**).

In the reference case for the current assessment, the spawning stock biomass was estimated to be relatively constant in recent decades (**Figure 17**). Similar to the 2018 assessment results, estimates of SSB were well determined as evidenced by the 95% confidence intervals (**Figure 17**). Spawning biomass was assumed to be near unfished level in the model start year (1950), after which there was a period of decline between 1960 and 2000, followed by steady biomass levels since then (**Figure 17**).

The SSB trend estimated by the 2021 Stock Synthesis continuity run shows a similar trend to that of the 2021 reference case but differs from the SSB trend estimated by Stock Synthesis in 2018 (**Figure 18**). Estimates of SSB obtained in 2018 suggested continuous decline of SSB in the 2000s.

Removing the early period of the joint longline index from the 2021 reference case did not visibly change the results. Removing the acoustic buoy index decreased the SSB slightly. Using a lower CV increased the SSB slightly. Overall, the reference case was not overly sensitive to any of these changes (**Figure 19**).

Changes from the 2018 stock assessment

The Group noted that the reference case¹ from the 2018 assessment that was used to build the uncertainty grid estimated the stock was overfished ($SSB_{2017}/SSB_{MSY} = 0.51$) and undergoing overfishing ($F/F_{MSY} = 1.89$). The 2021 reference case estimate for the relative biomass in 2017 ($SSB_{2017}/SSB_{MSY} = 0.79$) was 54% higher than was estimated for that same year in the 2018 reference case and the estimate for relative fishing mortality ($F_{2017}/F_{MSY} = 1.15$) was 39% lower.

To investigate this discrepancy, a second set of stepwise sensitivity analyses were conducted by the Group to describe the effect of key changes in the Stock Synthesis model configuration between the 2018 assessment and the 2021 reference cases. The stepwise comparisons were built using the 2018 reference model as a starting model.

1. 2018 Reference case
2. 2018 Reference case replacing the 2018 joint longline index with the 2021 joint longline index
3. Previous model but replacing the 2018 mortality at age with the 2021 mortality at age for maxage=20.

The results of the stepwise comparison of these three models with the 2021 reference case (**Figure 20**) suggests that the new Joint longline index, the new 2021 mortality at age vector and the inclusion of the new buoy index all had significant influence on the perception of stock status, all resulting in a more optimistic stock status than the 2018 reference case. The use of the 2021 Joint LL CPUE in place of the 2018 Joint longline index accounts for a 26% increase in the perception of relative biomass in 2017 over estimates from the previous assessment, and a 17% reduction in the estimate of relative fishing mortality. The use of the new M at age vector accounts for a 28% increase in the perception of relative biomass in 2017 over estimates from the previous assessment, and a 21% reduction in the estimate of relative fishing mortality. The inclusion of the buoy acoustic index, which references juvenile bigeye tuna, also resulted in a more optimistic recent stock status had, likely due to the effect of that index on recent estimates of recruitment. Diagnostics for these different sensitivity runs were not substantially different (**Figure 21, Table 14**).

The new 2021 M at age vector and the buoy index represent improvements in the information used in the assessment. The method and data used to develop the 2021 joint longline index were influenced by the challenges of the COVID-19 pandemic and were not determined to be an improvement over the approach used to develop the 2018 joint longline index, however, the 2021 joint index has the benefit of extending the time series up until 2019. The Group considered including models in the uncertainty grid that replaced the 2021 joint longline index with the 2018 jointline index or to include both indices but the Group could not achieve consensus that this was a better option than retaining the previously agreed uncertainty grid with the 2021 joint lonline index.

¹ M at age from 2018 for maxage=15, steepness 0.8, σ_R 0.4, 2018 joint longline index, 2018 fleet structure, 2018 catch and size data.

Uncertainty grid evaluation

The uncertainty grid included three natural mortality vectors derived from three different assumptions of maximum age, three values of steepness and three values of sigmaR (**Table 9**) resulted in 27 model runs for the uncertainty grid.

Estimates of unfished recruitment ranged from 18 million to 56 million age-0 recruits across the 27 model uncertainty grid (**Table 13, Figure 22**). Differences in natural mortality assumptions contributed the most to this broad range of estimates. Differences in steepness values contributed less to the estimates of unfished recruitment. Sigma R assumptions had the least influence in the estimates of R0.

Estimates of F_{MSY} ranged from 0.09 to 0.22 (exploitation in biomass), with the highest F_{MSY} estimated under the assumption of high natural mortality (max age =17) and high steepness assumptions $h=0.9$. The overall estimates of stock status spanned the range of overfished and overfishing to not-overfished and not undergoing overfishing (**Figure 23**), depending on the assumptions of natural mortality, steepness, and sigma R. In general, higher natural mortality (lower maximum age) and higher steepness assumptions led to a more optimistic perceptions of stock status.

Diagnostic analyses of the 27 runs in the uncertainty grid did not reveal large differences in performance, and thus no case was eliminated from the uncertainty grid (**Table 15**).

Historical Trend in Management References

Management benchmarks (i.e. MSY , SSB_{MSY} and F_{MSY}) are dependent on the overall selectivity of the fisheries. The historical trend in MSY , SSB_{MSY} and F_{MSY} (**Figure 24**) was computed, and evaluated by the Group. The Group noted that the catch at MSY has declined over time while the spawning stock biomass needed to support MSY has increased (**Figure 24**, left panel). Furthermore, the fishing mortality that produces MSY has also declined over time (**Figure 24**, right panel). Similar historical trends have been reported in previous assessments of bigeye and yellowfin tuna. The Group discussed that these changes are due to the increased catches from surface fleets (including those that use FADs), which exploit younger fish than the longline fleet. As surface (FAD and baitboat) associated catches of bigeye tuna increase, and selectivity shifts toward smaller, younger fish, the MSY is reduced and the stock size needed to produce MSY increases. These trends are not unexpected, and should be carefully considered by managers when making decisions about allocations of TAC between various fleet components (e.g. longline, purse seine, baitboat).

4.2 Surplus Production models, JABBA and MPB

Surplus Production model MPB

The model had difficulties to converge but the diagnostics of fit were relatively good except for the likelihood profile (SCRS/2021/120 Figure 4). It was also noted that the model had difficulties finding global minima for the two biological parameters of the model [intrinsic growth rate (r) and carrying capacity (K)].

The model presented as a reference case (Fox's model) of the biomass dynamic model mpb estimated that the stock is overfished and subject to overfishing (**Figures 25 and 26**). The residuals of fit, retrospective analysis and hindcast indicate that the model fitted the catch and joint longline index well. However, the likelihood profile suggested that the model has difficulties in finding global minima for the estimated parameters (SCRS/2021/120). The medians and associated intervals (95% CI) of the posterior distribution of biological parameters and reference points obtained from the bootstrapped fit (500 iterations) of the MPB reference case are shown in **Table 16**.

Most of the sensitivity runs initially requested (removing the early joint longline index, adding the buoy index or the Brazilian longline index) did not produce major changes in the outcome of the assessment or the estimated parameters and Reference Points, except the sensitivity runs where changes were made to the stock's productivity (**Figure 27 and Table 17**).

During the current meeting additional sensitivity scenarios were developed, to analyze the potential impact of the omission/inclusion of certain relative abundance indices and alternative assumptions about the productivity of the stock (see section 3.2). The Group agreed to produce model runs with the B_{MSY}/K ratio as representative of the parameters used in the uncertainty grid developed for Stock Synthesis 3 (**Table 10**).

All deterministic models in the uncertainty grid showed similar trends of relative biomass (**Figure 25**) and relative fishing mortality (**Figure 26**), and all were more optimistic than the initial reference case (Fox). All models show that biomass moderately declined in the early years of the fishery (1960-1985) and more sharply between 1990 and 2005. However, only the models with steepness set at 0.7 (3 from a total of 9) estimated that the stock was overfished in the middle of the 2000s decade after a period when fishing mortality levels exceeded F_{MSY} (1994-2004 with differences between models). All models show a recovery trend since then and all estimate that the current stock level is on average above B_{MSY} . These scenarios indicated that the stock is not overfished and is not subject to overfishing.

Changes from the 2018 stock assessment

The Group also requested additional sensitivity model runs fitting the most recent catch estimates and the joint longline index (1950-2017) used in the 2018 stock assessment. The estimated trends and reference points of the models using the 2018 joint longline index suggested a different stock status and historical trends compared to the status and trends estimated with the 2021 uncertainty grid parameter combinations used in the 2021 stock assessment. Sensitivity runs that used the 2018 joint longline index suggest a different stock status, i.e. the stock would be estimated to be overfished and subject to overfishing in 2017.

Just Another Bayesian Biomass Assessment (JABBA)

The Group discussed the uncertainty grid developed in the data preparatory meeting and agreed that it covers much of the uncertainty of the population dynamics of bigeye tuna and that scenario S06 (ASEM $M = 20$ | $h = 0.8$) (**Table 11**) can be considered as the reference case of the JABBA uncertainty grid. All scenarios appeared to fit reasonably well to both joint longline indices (i.e. early and late), with few large deviations for some particular years (SCRS/2021/132). The goodness-of-fit for all scenarios was satisfactory with RMSE statistics around 12%. For some JABBA runs (S01, S02, S04, S07 and S09) the early joint longline index failed in the runs test diagnostic procedure, while only four runs (S03, S06, S08 and S10) provided no evidence to reject the hypothesis of randomly distributed residual patterns for both joint CPUEs (SCRS/2021/132).

The medians and associated credibility intervals (95% CIs) of the marginal posteriors for the main parameters and reference points for all JABBA scenarios are shown in **Table 18**. For comparison with the 2018 assessment, plots of the posterior distributions and process error deviates were only presented for scenarios S01 and S06 (**Figure 28**). The annual process error deviates for all scenarios showed a similar stochastic pattern with a constant average around zero (**Figure 29**), which suggest no evidence of model misspecifications and data conflicting. The medians of the marginal posteriors of K ranged from 1,259,079 t (S04) to 1,510,055 t (S01). The median of the marginal posteriors for r were very similar between the different scenarios, ranging from 0.129 to 0.166 (**Table 18**), while the range of MSY median estimates was narrow among all ten scenarios (S01: 79,351 t; S06: 83,946 t). The low values of the posterior to prior median (PPMR) ratio and the posterior to prior variance (PPVR) ratios observed for the K parameter and the similarity of the marginal posteriors for r between the distinct scenarios (**Table 18**) can indicate that the median estimates for these parameters were largely informed by the data (**Figure 28**).

In general, all models showed similar trends for the medians of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} over time, with scenarios with maximum age at 17 producing slightly more pessimistic stock status estimates (**Figure 30**). The trajectory of B/B_{MSY} decreased from the mid-1960s to around 2000, followed by a stable trend until 2019. The F/F_{MSY} trajectory gradually increased from the beginning of time series until late 1990s, followed by a decreasing trend up to the middle of 2000s. Afterward, the relative fishing mortality remained with a relatively stable trend slightly below the F_{MSY} level (**Figure 30**). Despite some slight differences, all JABBA scenarios were consistent in terms of stock status (F/F_{MSY} ; B/B_{MSY}) indicating that the Atlantic bigeye tuna stock is not overfished neither experiencing overfishing, with B_{2019} above B_{MSY} and F_{2019} below F_{MSY} (**Table 18**). The Group agreed that these JABBA assessment model runs showed reasonable fits to the data, no evidence of an undesirable retrospective pattern and a satisfying prediction skill to forecast into the future (**Figures 31 and 32**).

The Group noted that trends in relative biomass and fishing mortality estimated by JABBA for the 2021 reference case were more optimistic than equivalent trends estimated in the 2018 assessment. Hence, the Group requested additional sensitivity model runs to evaluate these discrepancies:

- Model 2018 with 2018 joint longline index and current catch estimates for 1950- 2017
- Model 2018 | with 2021 joint longline index and current catch estimates for 1950- 2017

These two sensitivity runs showed similar trends for the medians of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} until middle-1990s. After 2000, the relative biomass for the model with the 2018 joint longline index showed that bigeye stock remained overfished and experiencing overfishing until 2017. The model with the 2021 joint longline index resulted in a stock that has not experienced overfishing and has not being overfished in recent times (**Figure 33**).

4.3 Synthesis of Assessment Results

The Group reviewed the stock assessment results for each of the alternative stock assessment models considered (Stock Synthesis, JABBA, and MPB), and the different assumptions about population dynamics included in the uncertainty grid. The uncertainty grid for the Stock Synthesis included 27 models, whereas the grid for each production model only included nine as it was decided it was not appropriate to include an axis of uncertainty related to SigmaR in the production models. For many uncertainty grid scenarios, the results from the two production models were generally similar. The median B/B_{MSY} and F/F_{MSY} trajectories between the production models (JABBA and MPB) and the Stock Synthesis models depicted similar patterns but the scale of biomass and fishing mortality ratios in the production models and the Stock Synthesis differed depending on the scenario considered (**Figures 34 and 35**). The 27 Stock Synthesis models created wide uncertainty bounds for these trajectories, and the biomass trajectories from all the production models fell within these bounds. The time series of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} from the different production models in the uncertainty grid were similar for the last two decades but differed in the earlier period. These trajectories differed in the early part of the time series for Stock Synthesis depending on the assumed value of steepness (**Figures 36 and 37**). Biomass and fishing mortality trajectories estimated by Stock Synthesis model and the production models were different when both types of models used the same assumption about maximum age. Stock Synthesis F/F_{MSY} estimates for the last decade were lower than the production model estimates when the maximum age was assumed to be 17 (corresponding to higher natural mortality) and were higher when maximum age was assumed to be 25 (**Figures 36 and 37**). Accordingly, the key conclusion was that although each of the axis uncertainty somewhat contributes to the overall uncertainty in the estimates of stock status, the maximum age assumption, and its associated estimates of natural mortality, have the greatest influence on the estimated stock status.

The Group discussed possible reasons for the observed differences among the median trajectories between model types. Possible reasons for the divergences included effects of mortality at age, changing cohort effects, and changes in selectivity. Many of such changes cannot be explained by production models as these models do not capture selectivity changes or the passage of strong cohorts affecting the vulnerable biomass and the fishing mortality estimates. Among the possible historical changes in selectivity discussed by the Group were changes in fleet structure, including the increased use of FADs that began in the 1990s, and deep longlines in the mid-80s. It was noted that fishery impact plots are a possible way to identify any fleet-specific effects on the stock synthesis model results, but this analysis was not available at this meeting. The Group recommended that the fishing impact plots be prepared for the September 2021 Species Group meeting. The Group further discussed the assumption about selectivity used in the JABBA models for deriving the prior of r . The Group noted that, as per the 2018 assessment, the point estimate for longline selectivity at age 1 was used for deriving the priors.

The Group discussed which of the options for calculating the fishing mortality was being used in this year's Stock Synthesis grid. In the 2018 BET assessment the fishing mortality reported was the average of ages 1-7. It was noted that the Stock Synthesis option used to calculate fishing mortality in this year's assessment was the same as the one used in the 2019 yellowfin tuna assessment, where fishing mortality is reported as an annual exploitation rate in biomass (obtained by weighting the fishing mortality of each age group by the biomass of that age group). This produces a fishing mortality estimate more comparable to the one provided by production models and is a more appropriate indicator of fishing pressure for stocks that have suffered changes in overall selectivity. It also means that the values of fishing mortality reported in the 2018 assessment are not strictly comparable to the values reported in the current assessment.

In addition, the Group discussed how comparable production model runs were to the grid of Stock Synthesis models that used different maximum age (and the correspondant natural mortality) and steepness assumptions. The Group noted that for each such scenario, the production model priors on the intrinsic rate of growth had been re-calculated for each combination of maximum age and steepness. These recalculated priors, however, were not that much different between scenarios. The assumption about maximum age had the greatest influence in the production model results because this value determined the shape of the production function in the Pella-Tomlinson model.

The differences among surplus production models (JABBA and MPB) and the Stock Synthesis results were not unexpected. The Stock Synthesis models are more complex representations of the fishery because they account for changes in size and age structure and overall fleet selectivity. Age-structured models explicitly account for fleet specific changes in the contribution of fleets of different selectivity to the overall harvest. Given the much greater number of parameters estimated by Stock Synthesis models in comparison to production models, it is expected that that Stock Synthesis estimates would have broader uncertainty intervals. Hence, the Group agreed to follow the same approach that was used in the 2018 stock assessment i.e., to provide estimates of stock status and to develop management recommendations based on the results of the Stock Synthesis uncertainty grid (27 models). It was also agreed, like in 2018, to give each model in the uncertainty grid equal weight.

Concerns were raised regarding the decisions of the data used in the assessment and the appropriateness of the choices made to build the uncertainty grid. Among these concerns were the change in methodology used to develop the joint longline index for this assessment (a consequence of the COVID-19 pandemic, which precluded in-person meetings and thereby prevented analyses of set-by-set data and the inclusion of a significant factor in the standardization). Another concern was the appropriateness of the choices in maximum age included in the uncertainty grid which increased the range of natural mortality values that were considered to a greater extent than what was considered in the 2018 assessment. Sensitivity analyses demonstrated that part of the changes in stock status revealed in the current assessment are partially influenced by the adoption of the 2021 joint longline index and the new choices of natural mortality. As the Group was unable to agree on a better way to include such additional sources of uncertainty in the assessment, the Group agreed that the current stock status is more uncertain than what the Group has been able to quantify.

The Group produced a Kobe plot for the 27 Stock Synthesis deterministic runs (**Figure 38**) to represent the uncertainty across the different Stock Synthesis models in the uncertainty grid. To also incorporate the within model uncertainty in stock status, a Kobe plot based on multivariate log normal (MVLN) approximation of the posterior density across the 27 Stock Synthesis model uncertainty grid was also provided representing the 2019 values of relative fishing mortality and relative biomass (**Figure 39**). For each Stock Synthesis model in the grid, the MVLN was sampled 10,000 times. In addition, Kobe plots for three factors in the uncertainty grid were produced: maximum age (**Figure 40**), steepness (**Figure 41**), and sigma R (**Figure 42**). From these figures, it can be observed, that the maximum age assumption has greater influence on the stock status than steepness or SigmaR. **Table 19** shows the median and 95% credibility intervals of the Stock Synthesis-uncertainty grid estimates (across all 27 runs and the 10,000 samples for each run) of spawning stock biomass relative to SSB_{MSY} (SSB/SSB_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) for all years from 1952 to 2019. For the year 2019 it is estimated that the probability of being overfished and being subject to overfishing is 48.9% and the probability of being in the green zone of the Kobe plot is 41.1%.

As it was reported in 2018, changes in the historical proportion of catch harvested by the major gears have led to historical changes in the overall Atlantic fleet selectivity for bigeye tuna. Such changes in overall selectivity were particularly strong in the period when the purse seine fleets increased their harvest and started using FADs. The increase of selectivity on younger fish has reduced MSY and increased the biomass of the spawning stock required to produce it. The average MSY in the last decade is about 20% lower than the average MSY in the 1980s and the average SSB required to support such MSY is about 10% greater than the average SSB required to support MSY in the 1980s (**Figure 24 left panel**). For the same reasons F_{MSY} has been decreasing as well and in the last decade F_{MSY} is about 20% lower than F_{MSY} was in the 1980s (**Figure 24 right panel**). Changes in MSY corresponding to increased selectivity of small fish in the fishery have important consequences to future MSE and stock assessment scenarios in that Management Procedures that can achieve one objective of the stock being in the green quadrant of the Kobe matrix, may not necessarily achieve another objective - to maximize catches.

5. Projections

The Group recommended that final management advice be developed from the distribution of the projections for the 27 Stock Synthesis runs of the uncertainty grid. The Group agreed to conduct these projections using the following specifications.

- Projection interval: the Group agreed to make projections over a 15 year interval, 2020-2034 as this is the final year of the recovery plan stated in Rec. 19-02.
- 2020 fixed at 59,919 t as estimated by the Group (see section 2.1) and 2021 catch fixed at the 2021 TAC of 61,500 t.

- Catch scenarios: constant catch projections including 0 t, and from 35,000 – 90,000 t, in 2,500 t intervals.
- Recruitment: based on the estimated stock recruitment relationship with no recruitment deviations.
- Selectivity and relative contribution of fleets to catches: The average of the selectivity from last three years of the model (2017-2019) was used for projections. The quarterly catch by Stock Synthesis fleet (**Table 20**) was calculated using average of the last three years (2017-2019) from the CATDIS (section 2.1) and used for the projections.
- Projections were conducted using the Monte-Carlo multivariate lognormal (MVLN) described in Walter *et al.* 2019 with 10000 iterations.

For consistency with the 2018 executive summary and K2SM, projections of spawning stock biomass and fishing mortality relative to SSB_{MSY} and F_{MSY} benchmarks were calculated for each of the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs. The mean of the 27 runs was then calculated for each projection year (**Figures 43 and 44**). As a result of the assumptions made of the catches in 2020 and 2021 and positive recruitment deviations estimated for the period 2015-2019, these deterministic projections show that regardless of the catch projected, the SSB/SSB_{MSY} increases and F/F_{MSY} declines in the period 2020-2022. Beginning in 2023 catches of 70,000 or more lead spawning stock declines and catches lower than 70,000 lead to stock increases. The current TAC of 61,500 t leads to a slow but continuous increase in spawning stock.

During the meeting only preliminary Monte-Carlo projections were examined by the Group. Time constraints did not allow for their thorough evaluation, and inconsistencies on the behaviour of preliminary estimates of the Kobe 2 Strategy Matrix (K2SM) resulted in the Group agreeing that the preliminary results obtained during the meeting needed to be reviewed intersessionally by the modelling group and by the Group before being considered final. Once finalized, the K2SM will be presented to the Group for consideration at the September Tropical Tunas Species Group meeting. The Tropical Tuna Species Group will be notified by the Chair when the analytical team has completed the intersessional work.

As was the case of the 2018 projections, for some runs, the modelled stock could not sustain a certain level of constant catch for the entire projection period. In this case, Stock Synthesis returned implausible values for F/F_{MSY} or SSB/SSB_{MSY} that were in some instances extremely large fishing mortality rates, associated with very small levels of biomass. To prevent this undesirable projection behavior, a ceiling of 9 on F/F_{MSY} and a floor of 0.1 or 0.2 on SSB/SSB_{MSY} were used to effectively prevent the stock from complete collapse during projections runs, as it was done during the 2018 assessment. The percentage of model projections that reach these bounds at 0.1 or 0.2 for SSB/SSB_{MSY} or 9 for F/F_{MSY} were presented in the 2018 assessment and will be presented by the modelling group at the September Tropical Tunas Species Group meeting.

The Group noted that, considering that catch limits adopted in Rec. 19-02 entered into force in 2020, the catch allocation between fleets may have changed and, hence, the assumption used in the projections to calculate fleet proportions from the catches of 2017-2019 might not be the best choice for projections. Nevertheless, the detailed 2020 catch information to produce alternative catch proportions by fleet was not available at this meeting and, thus, the Group agreed to further review this issue at the Tropical Tunas Species Group meeting, when more accurate 2020 catches by fleet will be available.

6. Recommendations

6.1 Management

The results of the assessment, based on the median of the entire uncertainty grid shows that in 2019 the Atlantic bigeye tuna stock was overfished (median $SSB_{2019}/SSB_{MSY} = 0.94$ and 80% CI of 0.71 and 1.37) and was not undergoing overfishing (median $F_{2019}/F_{MSY}=1.00$ and 80% CI of 0.63 and 1.35). The average of MSY was estimated as 86,833 t with (80% CI of 72,210 and 106,440) from the uncertainty grid deterministic runs.

Although the projections reviewed by the Group were considered preliminary, these results indicated that a future constant catch of 61,500 t, which is the TAC established in Rec. 19-02, will have a high probability of maintaining the stock in the green quadrant of the Kobe plot by 2034. This would leave the stock in a state consistent with the Convention and objectives the recovery plan in Rec. 19-02.

The Commission should be aware that increased harvests of small fishes have had negative consequences for the productivity of bigeye tuna fisheries (e.g. reduced yield at MSY and increased SSB required to produce MSY) (**Figure 24**). Therefore, should the Commission wish to increase longterm sustainable yield, the Committee continues to recommend that effective measures be found to reduce fishing mortality of small bigeye tunas.

The preliminary Kobe 2 Strategy Matrix incorporates certain quantifiable sources of uncertainty through the use of an uncertainty grid. The main sources of uncertainty included in the K2SM were three values of natural mortality (as calculated using alternative estimates of maximum age), three values of steepness, and three values of SigmaR, and an approximation of within model uncertainty. However, through sensitivity runs the Group identified other sources of relevant uncertainties that were not included in the development of the K2SM, (including the appropriateness of the range of natural mortalities used in the uncertainty grid and the change in methodology used to develop the joint longline index - see section 4.3).

Given the inability of the Group to agree on the appropriate way to incorporate these additional uncertainties into the assessment, the Group agreed that the current stock status is more uncertain than what the Group has been able to quantify and recommends that the K2SM be interpreted with caution. Until the SCRS can properly address such unquantified sources of uncertainty, the Commission should consider adopting a precautionary TAC, one that would shift the stock status of BET towards the green zone of the Kobe plot with a high probability.

6.2 Research and Statistics

The Group had an extensive discussion on all research needs in relation to supporting stock assessments, preparing for the SKJ stock assessment of 2022, progressing the MSE tropical tuna initiatives and responding to Commission requests. Each of these are treated in individual sub-sections below.

Stock assessments

Considering the sensitivity of the BET and YFT stock assessment results to the natural mortality assumptions, the Group recommended that for all tropical tunas:

- Additional work be conducted with AOTTP tagging data to reduce the uncertainty of survival/natural mortality estimates;
- Explore the use of electronic tagging data from past or future tag deployments for the estimation of natural mortality;
- Further work be conducted on ageing to improve the precision of maximum age estimates;
- The Working Group on Stock Assessment Methods (WGSAM) examine the regression methodology used to estimate the scale of M at older ages (Then *et al.* 2015);
- Review the guidelines soon to be provided following the CAPAM mortality workshop (<https://capamresearch.org/Natural-Mortality-Workshop>) to be considered for future stock assessments of tropical tunas.

The Group also noted the need for further improvement of relative abundance indices, and recommended, in particular, further improvements of the joint LL CPUE index, PS CPUE index and PS acoustic buoy index. In the case of the LL CPUE index, the Group recommended that the index be developed using set by set data, include more fleets, and avoid aggregating the information as much as possible. The Group also recommended that the WGSAM use the LL simulator (LLSIM) to analyze the effects of the methodology used when standardizing the LL joint CPUE index.

Noting that the COVID-19 pandemic or other situations may prevent national scientists to physically meet in workshops, and acknowledging the issues related with remotely sharing high level resolution data, the Group recommended that the Commission propose an improved framework to ensure that future joint CPUE indices are built with the most detailed data possible, even in the case of remote collaboration.

Noting that the CPUE indices have a strong influence on the assessment results, the Group recommended that the methodology to estimate the indices be harmonized between stock assessments and tropical tuna species.

The Group recommended increasing the range of size and number of hard samples for ageing of YFT to improve growth estimates of this species.

Finally, the Group suggested that a small group led by the Tropical Tunas Coordinator work with the Secretariat to estimate potential costs for AOTTP tagging recoveries for the upcoming years 2022 and 2023 to be included in next year's research funding request.

Noting that experts had not been nominated prior to the start of the 2021 BET stock assessment meeting, the Group recommended that the external review initially recommended for the 2021 BET stock assessment be withdrawn.

Preparation of the 2022 SKJ assessment

The Group noted that an assessment of the western and eastern stocks of Atlantic skipjack tuna is planned for 2022 and that the Group intends to attempt to use stock synthesis models for the first time for both of these stocks. Changing assessment platforms from production models to stock synthesis requires additional work and, hence the Group recommended that the stock assessment process include both a data preparatory and a stock assessment meeting. The Group also recommended that these meetings be conducted earlier than usual in the year and that 2020 be used as the terminal year.

The Group recommended that an external expert be contracted to review the 2022 SKJ stock assessment process and that this expert participates in both the the data preparatory and stock assessment meetings.

Noting the importance of relative abundance indices in stock assessment, the Group recommended that various relative abundance indices be prepared for the 2022 SKJ data preparatory meeting:

- A PS CPUE index, that should provide additional information on the components of FOB fishing effort (including number of FAD deployments, operational FOB buoys, FOB fishing sets) and the relationship between these components;
- A PS acoustic buoy index;
- BB CPUE indices for western and eastern BB fisheries. The Group noted that some of BB CPUE indices have been prepared in the past by the Secretariat and encouraged national scientists to provide BB CPUE indices for the 2022 SKJ stock assessment;
- A larval index for the Gulf of Mexico.

In spite of noting that the relative contribution of LL fisheries to SKJ catches is generally low, the Group encourages national scientists from CPCs with significant SKJ catches, to estimate relative abundance indices from CPUE data.

The Group also recommended that alternative CPUE standardization methods are explored, in particular for PS and BB CPUE indices.

Length-weight conversion factors are an important component of the development of basic stock assessment catch inputs. The Group therefore recommended that length-weight conversion factors be reviewed and updated by national scientists in collaboration with the Secretariat prior to the SKJ data preparatory meeting.

The Group noted the importance of having guidance on fleet structure and recommended that a table of landings of skipjack per fleet be prepared by the Secretariat. The Group also recommended that decisions on fleet structure for the Stock Synthesis model to be used in the stock assessment be consistent with the fleet structure previously used for YFT and BET.

The Group noted that various tasks should be conducted with data from the AOTTP tagging program, including:

- Investigating differences in growth rates among skipjack stocks and areas and updates of any other growth estimation conducted with AOTTP tag recovery data;
- Evaluating movement rates between regions using AOTTP tag recovery data;
- Updating the tag capture/recapture matrix;
- Evaluating the usefulness of analyzing SKJ spines collected in the frame of the AOTTP program to provide additional information on SKJ ageing. The Group recommended that this last task be conducted before the end of 2021 so that the data can be ready before the 2022 SKJ data preparatory meeting.

MSE of tropical tunas

The Group noted that a list of tasks for mixed species and western SKJ tuna MSEs had been proposed in March 2021 at the Tropical Tunas MSE Technical Group meeting. The Group was informed by the Rapporteur of the western skipjack tuna that the team will not be able to meet the objective of reconditioning the Operating Model for the Western SKJ MSE by the end of the 2021. The Group therefore recommended that such task, originally planned for 2021, be postponed to 2022. **Table 22** provides updated details of the tasks planned for the tuna MSEs in 2021 and 2022 and the overall plan of activities for this program until 2025. This list of tasks was used to develop the updated roadmap to be provided to the Commission for approval that appears in section 7.1.8 of this report.

Floating Object (FOB) management and fishing closures

The Group noted ongoing discussions at the level of the Commission and Panel 1 on the management of FOB fisheries. The Group recommended to:

- (i) Explore the relationship between FOB management measures, including limitations of FOB fishing sets, number of FOB operational buoys, and number of FOB buoy / FAD deployments;
- (ii) Assess the efficiency (e.g. reduction of BET and YFT juveniles catches) and the appropriateness of the current 3-month FOB closure (i.e. duration of the closure, choice of the closure period, etc.).

Noting that the Group had experienced issues when attempting to address requests for the Commission, often due to imprecise terminology regarding FOB fisheries, and noting such the FAD Working Group last met in 2017, the Group recommended that the FAD Working Group be revitalized in 2022.

The Group recommended that the relationship between catch limits and full fisheries closures be further explored.

Finally, the Group noted that some of the submitted ST-07 forms (Task 3 – Activity of Trop support vessels authorized to operate in the ICCAT Convention area) are incomplete. More specifically, information on the ‘Fishing Vessel Association’ is not being included (Columns H, I, J in form ST-07). The Group recommends that CPCs fully complete all required fields in form ST-07. Failing to do so greatly decreases the SCRS ability to complete analyses requested by the Commission.

6.2.1 With financial implications

Table 21 summarizes the Group recommendations on research and statistics and highlights recommendations that are considered as high priority and/or have financial implications.

7. Other matters

7.1 Responses to the Commission

The Group noted that many responses to Commission requests were not provided last year because of the challenges of COVID-19. In order to update the responses, it was agreed to follow a three-step process: 1) evaluate if sufficient information had been provided last year; 2) analyse any new information provided to the SCRS on the different items and c) identify tasks to be conducted from now to the SCRS meeting in September.

7.1.1 Discards in purse seine fisheries, Rec. 17-01, para 4

The Group was unable to provide a detailed response this year. It must be stressed that a previous study (Sarralde *et al.*, 2007) conducted with observers on board Spanish purse seiners in the mid 2000s estimated these discards were small, (0.2 t per free school set and 1.1 t per FOB set. New guidelines and best practices adopted by fleets and the discard prohibition (Rec. 17-01) that entered into force in 2018 suggest that current discards are probably fewer than the levels indicated in the study by Sarralde *et al.*, 2007.

7.1.2 Discards in purse seine fisheries, Rec. 17-01, para 5

The Group was reminded that it is an ICCAT obligation that CPCs provide information on discards for all fleets and species. Task 1 table shows that the earliest reports of bigeye discards come from 2011 but sporadic submissions of bigeye discards start in 2015 and are just limited to very few CPCs. The Group needs reliable data

to provide a response to this request but discard reports are too inconsistent to be currently of use to develop a response. Discards of the purse seine fleet are probably small because 1) most of the bycatch (particularly small tunas species and other bony fish) form part of the so called *faux poisson*, and 2) of the discard prohibitions in Rec. 17-01.

The Secretariat clarified that the information on discarded fish should be provided as part of the Task 1 Nominal catch estimation (ST02) and that the observers form (ST09) is to submit bycatch information. The ST02 form currently allows the reporting of landings, discards and discards alive, but this is not the case for ST09. Moreover, the information on the ST09 is provided in numbers and represents just a fraction of the total, giving an incomplete picture of discards.

It was indicated that it would be useful for the SCRS and the Commission to review reports of discards from the purse seine fleets that have been reported in ST02 and since 2019 in ST09. Information for 2020 will only be available after the 31st July deadline. The Secretariat informed that document SCI-08 regularly provides this type of information for both the SCRS and the Commission.

It was noted that Rec. 17-01 is not exclusively directed to purse seine fleets (para 5) but also to the other major gears targeting tropical tunas. **Table 23** shows the most important CPCs and gears contributing to the bigeye tuna catch and reporting discards in ST02 or ST09.

7.1.3 The TAC for 2022 and future years, Rec. 19-02, para 3

Projections used to produce the K2SM will be provided in September. Refer to the Executive Summary outlook section for this response.

7.1.4 Fishing prohibited with FADs, Rec. 19-02, para 28

The Group discussed the information available to evaluate the current temporal closure to FAD fisheries. The Group noted that an analysis of historical monthly catches will be of limited use because it would not reflect the behaviour of fleets under the current FAD closure. Furthermore, it was also noted that the Commission request refers to catch in 2020 and 2021 but such catch data are not available yet.

The Group recalled a study presented to the AOTTP symposium (Perez *et al.*, Past and current dFADs fishing moratoria in Eastern Atlantic ocean: what can AOTTP data tell about the current dFAD moratorium efficiency for the conservation of juvenile tunas and about alternate protected time-areas). This study evaluated the efficiency of two moratoria (Rec. 15-01 and Rec. 98-01) using AOTTP tagging data. While the study concluded that both moratoria were efficient for limiting recaptures on juvenile skipjack and yellowfin during the November-February period, no conclusion could be drawn for bigeye due to the lack of limitations on the number of bigeye tuna released inside and outside the FAD time area closure.

The Group agreed to prepare a table with the recent evolution of monthly PS tropical tuna catches by fishing mode and species, using Task 2 information from 2010 to 2019, indicating the different time area FAD closures that have been in place. Tables will include percentages across months by species and across species by month. This task will be completed by the time of the species group meeting in September 2021.

There was a discussion on the impact of the moratoria on the efficiency and operation of the purse seine fleet, particularly on the meaning of efficiency in this context. It was suggested to draft a research recommendation on this issue due to the fact that there was not a clear request from the Commission on this. It was suggested to conduct an analysis in terms of yield per recruit; and also, to analyse the information in terms of identifying months that minimize yellowfin and bigeye juveniles while maintaining skipjack catches. And all this in the context of the changes of B_{MSY} and MSY due to changes in selectivity. In addition to the table, the Group agreed to obtain, from the most recent Stock Synthesis results the evolution of one-year old fishing mortality of bigeye and yellowfin for surface fleets using FADs (purse seine and baitboat). This will be prepared by the September meeting and could be used to help with this response.

7.1.5 Maximum number of FAD sets which should be established per vessel or per CPC, Rec. 19-02, para 31

A recent SCRS paper prepared for Panel 1 (SCRS/2021/135) included tables that could be useful to respond to this request. The document contains information on the catch, effort in fishing time, number of FAD deployments, FAD loss, types of FADs and other variables for the purse seine fleets. Upon review by the Group some of the figures in the paper were updated to correct some errors in location information. The figures from the document

that indicate locations of lost FADs denote the last position that a given FAD transmitted. Such positions can represent FADs that are too far to be retrieved and therefore lost to the fleet when the beacon ceases to transmit. They can also represent positions where another vessel retrieves the FAD and resumes the FAD, and in the process the beacon is disconnected.

The Group noted that the data requested from fleets deploying FADs in Rec. 19-02 may not necessarily include the compulsory submission of the precise data that would be necessary to evaluate recommendations about an appropriate number of FAD sets. For example, although the number of FAD sets is one of multiple effort metrics that CPCs have the option to choose among when reporting catch and effort, most CPCs chose other effort metrics in their reports.

For the SCRS to provide guidance on the number of FADs per fleet it would be necessary to have the information on the past and current number of FAD sets. Moreover, fishing effort on FADs is a complex interaction of factors such as number of FADs deployed, FADs monitored by vessel, technology of the buoy, use of supply vessels, among others.

There was agreement that there is not enough information to provide advice on the number of FAD sets per vessel as requested by the Commission. Furthermore it was clarified that any potential evaluation the SCRS could do would be on the number of FADs per fleet and not on the number of FADs per CPC or vessel. The Group concluded that more guidance from the Commission was needed to provide a more precise response.

7.1.6 Impact of support vessels on the catches of juvenile yellowfin and bigeye tuna, Rec. 19-02, para 33

Very few submissions of information and often inconsistent have been received in the Secretariat to help responding to this request. **Table 24** shows the number of CPC/Flags that have provided ST07 Supply Vessel form by year and **Table 25** the CPC/Flags that have indicated in ST07 whether or not they had activity of supply vessels for tropical tuna fisheries. As seen in these tables, availability of data is limited. For most of the ST07 forms submitted there is no information available to make the linkage between catches of the PS vessels and the supporting supply vessel(s). The Group was informed about analyses that are currently being conducted by EU scientists in the context of the standardization of the PS FAD CPUE and that incorporate a supply vessel effect in the standardization process. It is expected that this work will be finished by the time of the skipjack assessment in 2022 and will provide additional information to this request by the Commission. The Group is unable to provide a final response to this request from the Commission.

7.1.7 SCRS recommendation on presence of a human observer on board in accordance with Annex 7 and/or an Electronic Monitoring system, Rec. 19-02, para 55

In the last billfishes intersessional meeting (March 2021), a sub-group was created to start addressing this request for longline or other fisheries. Several tasks were defined such as: 1) the collection and analysis from literature review (e.g., reports and documents) regarding results from comparison between human observers and EMS, 2) the description of current knowledge and data items that can be collected by EMS 3) the possible knowledge gaps and needs for additional experimental trials, 4) the review of the draft related to EM guidelines produced by the IMM.

This billfish sub-group is preparing a draft and will report back to the Billfishes Species Group during the meeting in September. The Group proposed to incorporate this issue in the discussions of the SC-STAT in September within the “other matters” section with the aim of widening the scope of the EMS Sub-Group to other species groups (e.g., tropicals, swordfish, sharks). This work will continue after the 2021 SCRS plenary and during 2022 and the SCRS will provide a response to this request to the Commission in 2022.

7.1.8 Refine the MSE process in line with the SCRS roadmap and continue testing the candidate management procedures, Rec. 19-02, para 62

An updated roadmap in the same format to that produced by the Commission will be prepared for the upcoming species group meeting in September by the Chair of the Group using the information contained in **Table 22**.

7.1.9 Efficacy that full fishery closures along the lines of those proposed in PA1_505A/2019, Rec.19-02, para 66a

The Group expected an update of Herrera *et al.*, 2020 by the scientists that presented the document to the SCRS but the update was not received, thus the Chair of the Group will contact the authors to see if they will provide an update by the September species group meeting.

7.1.10 Estimate of capacity in the Convention area, to include at least all the fishing units that are large-scale or operate outside the EEZ of the CPC they are registered in, Rec. 19-02, para 66b

The Group agreed to prepare tables of the evolution of number of large purse seine and longline vessels from the information provided in the ST01 forms. It was not clear whether some CPCs provide this information in terms of registered/authorized or active vessels. Therefore, at least for the purse seine component, the Group agreed to update the table with the recent evolution number of large-scale purse seiners by CPC operating in the Atlantic Ocean estimated as it was done in Restrepo *et al.*, 2020.

7.1.11 Develop TORs for an evaluation and monitoring control and surveillance mechanisms in place in ICCAT CPCs Rec 19-02, para 66c

The Secretariat will prepare the TORs by September in collaboration with SCRS scientists.

8. Adoption of the report and closure

Although parts of the report were adopted during the meeting most sections could not be adopted. The participants were asked to provide suggestions of changes to the report to the Chair by close of business 31 July 2021. The first full draft of the report was made available to participants on 2 August 2021 and was adopted by correspondence on 27 August 2021

The Chair explained the proposed plan of work in preparation for the one day meeting of the Group during the species group meeting of late September 2021. The Chair and Tropical Tunas Rapporteurs will prepare drafts of the bigeye Executive Summary, the responses to the Commission, the 2021 workplan and research recommendations. These drafts will be made available to participants of the current meeting in the Owncloud and circulated to Head Scientists of each CPC for review and comments by 31 August 2021. Comments should be provided to the Chair by 10 September 2021 so that the Chair can update the documents and make them available to the SCRS in the Owncloud of the species group meeting as second drafts by 15 September 2021.

The Chairs and the Secretariat thanked all the participants for their efforts to work effectively and efficiently throughout the meeting. The meeting was adjourned.

References

- Anon 2019. Report of the 2018 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 1721-1855.
- Anon 2021. Report of the 2021 Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 46-143.
- Carvalho, F., Winker, H., Courtney, D., Kapur, M., Kell, L., Cardinale, M., Schirripa, M., Kitakado, T., Yemane, D., Piner, K.R. and Maunder, M.N., 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments. Fisheries Research, 240, p.105959.
- Francis, R.C., 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 68(6), pp.1124-1138.
- Gelman, A., Rubin, D.B., 1992. Inference from Iterative Simulation Using Multiple Sequences. Stat. Sci. 7, 457–472. <https://doi.org/10.2307/2246093>.
- Geweke, J., 1992. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments., in: Berger, J.O., Bernardo, J.M., Dawid, A.P., Smith, A.F.M. (Eds.), Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting. Clarendon Press, Oxford, pp. 169–193.
- Hallier, J-P, B. Stequert, O. Maury, F-X. Bard. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.
- Heidelberger, P., Welch, P.D., 1992. Simulation run length control in the presence of an initial transient. Oper. Res. 31, 1109–1144. <https://doi.org/10.1287/opre.31.6.1109>.
- Herrera M., Sharma R., Calay S., Coelho R., Die D., Melvin G., Ortiz M., Restrepo V. and Neves dos Santos M. 2020. Progress report of the group evaluating the Decision Support Tool presented in Sharma & Herrera (2019) and proposal for further review and discussion by the SCRS. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 18-25.
- 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., Ono, K., Vert-Pre, K.A., Whitten, A.R., Punt, A.E., 2014. Looking in the rear-view mirror: Bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models, in: ICES Journal of Marine Science. pp. 99–110. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu198>.
- Hyndman and Koehler, 2006. Another look at measures of forecast accuracy. International Journal of Forecasting 22(4), 679-688.
- Kell, L. T., Kimoto, A. and Kitakado., T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research, 183:119–127.
- Kitakado T., K. Satoh, Sl Lee, NJ Su, T Matsumoto, H Yokoi, K Okamoto, Kyung Lee M, Lim JH, Kwon Y, Wang SP, Tsai WP, Chang ST, and Chang FC. 2021. Update of trilateral collaborative study among Japan, Korea and Chinese Taipei for producing joint abundance indices for the Atlantic bigeye tunas using longline fisheries data up to 2019. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 169-196.
- Lorenzen, K., 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. Journal of fish biology, 49(4), pp.627-642.
- Method, R.D. and Taylor, R.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68:1744-1760.
- Method, R.D. and Wetzel C.R. 2013 Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management, Fisheries Research 142: 86-99.
- Plummer, M., 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling, 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003); Vienna, Austria.

- Plummer, M., Nicky Best, Cowles, K., Vines, K., 2006. CODA: Convergence Diagnosis and Output Analysis for MCMC. R News 6, 7–11.
- Restrepo V. , Murua H. , and Justel-Rubio A. 2020. Estimating the capacity of large-scale purse seiners fishing for tropical tunas in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 26-31.
- Sarralde *et al.*, 2007. Estimación de los descartes y de las capturas de especies accesorias en la pesquería española de cerco de túnidos tropicales en el Océano Atlántico, entre 2001 y 2006. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(6): 2130-2139.
- Schirripa, M. 2016. An assessment of atlantic bigeye tuna for 2015. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(2): 428-471 (2016).
- Su and Yajima, 2012. R2jags-a package for running jags from R. <https://cran.r-project.org/web/packages/R2jags/index.html>.
- Walter J., Hiroki Y., Satoh K., Matsumoto T., Winker H., Urtizberea Ijurco A., and Schirripa M. 2019. Atlantic bigeye tuna stock synthesis projections and Kobe 2 matrices. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2283-2300.
- Winker, H., Carvalho, F., Kapur, M., 2018a. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment. Fish. Res. 204, 275–288. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.01>.
- Winker, H., Kerwath, S., Merino, G. Ortiz, M. 2018b. Bayesian state-space surplus production model JABBA assessment of Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*) stock. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2129-2168.
- Winker, H., Mourato, B., Chang, Y. 2019. Unifying parametrizations between age-structured and surplus production models: an application to Atlantic white marlin (*Kajika albida*) with simulation testing. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76(4): 219-234.

RAPPORT DE LA RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE THON OBÈSE DE 2021

(En ligne, 19 - 29 juillet 2021)

1. Ouverture, adoption de l'ordre du jour et organisation des sessions

La réunion s'est tenue en ligne en raison de la situation actuelle de pandémie du COVID-19. Le Dr David Die (États-Unis), Coordinateur du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux (« le Groupe »), Coordinateur et Rapporteur du thon obèse, a ouvert la réunion et souhaité la bienvenue aux participants. Le Dr Miguel Neves dos Santos (Secrétaire exécutif adjoint de l'ICCAT) a également souhaité la bienvenue aux participants et les a remerciés pour les efforts déployés pour assister à la réunion à distance.

Le Secrétariat a fourni des informations sur l'utilisation de la plateforme en ligne pour la réunion (application Zoom). Le Président a passé en revue l'ordre du jour, qui a ensuite été adopté (**appendice 1**).

La liste des participants se trouve à l'**appendice 2**. La liste des documents et des présentations de la réunion est jointe à l'**appendice 3**. Les résumés de tous les documents et présentations SCRS fournis à la réunion sont joints à l'**appendice 4**. Les personnes suivantes ont assumé les fonctions de rapporteur :

<i>Points</i>	<i>Rapporteur</i>
Points 1, 8	M. Ortiz, D. Die
Point 2	A. Kimoto, M. Ortiz
Point 3	M. Schirripa, B. Mourato, G. Merino
Point 4	A. Norelli, S. Cass-Calay, B. Mourato, G. Merino, D. Gaertner, N. Taylor, D. Die
Point 5	H. Murua, K. Kitakado
Point 6	G. Diaz, A. Maufroy
Point 7	J. Santiago, F. Sow

2. Résumé des données disponibles pour l'évaluation et mises à jour depuis la réunion de préparation des données

Le Secrétariat a fourni un aperçu des données des pêcheries disponibles pour la réunion d'évaluation, y compris les mises à jour compilées depuis la réunion de préparation des données.

2.1 Statistiques des pêcheries, taille et estimations de la CAS

À la suite des recommandations et au plan de travail intersessions convenu par le Groupe lors de la réunion de préparation des données, les statistiques des pêcheries suivantes ont été fournies par le Secrétariat :

- Mise à jour des prises nominales (NC) de la tâche 1 pour le thon obèse, y compris les données fournies au 30 avril 2021.
- Mise à jour de la prise et de l'effort de la tâche 2 (CE) pour les thonidés tropicaux, y compris la prise et l'effort de ETRO_PS1991-2020, en séparant les captures par mode de pêche (opérations des senneurs sur les bancs libres et sous DCP/FOB). Cette mise à jour comprenait une révision complète (1991-2019) fournie par les scientifiques nationaux de l'UE-France.
- Mises à jour des statistiques des pêcheries ghanéennes de thonidés tropicaux (SKJ, BET, YFT) 2018-2020 (SCRS/2021/133).
- Mise à jour des données de taille de la tâche 2, y compris les informations des pêcheries PS et BB du Ghana, les révisions de l'UE-France et les révisions des données de taille des palangriers du Taipei chinois (SCRS/2021/113).
- Estimations de la prise par taille (CAS) de la tâche 2 basées sur la mise à jour de la SZ de la tâche 2 et informations sur la CAS fournies par les CPC.
- Estimations de la distribution des captures (CatDis) de thon obèse 1950-2019 par trimestre et en carrés de 5°x5° lat-lon.
- Mise à jour des informations de marquage conventionnel pour le thon obèse jusqu'au 16 juillet 2021.

Le Secrétariat, en collaboration avec les équipes de modélisation, a également fourni les données de base pour les modèles d'évaluation préliminaire, notamment les données suivantes :

- a) Estimations des distributions de fréquence de taille pour le thon obèse selon la structure de la flottille convenue lors de la réunion de préparation des données (évaluation du stock d'albacore de 2019, SCRS/2021/113) pour alimenter les modèles *Stock Synthesis*. Les données de fréquence de tailles ont été réexaminées et ajustées pendant les travaux intersessions par les équipes de modélisation après une évaluation minutieuse des tendances des tailles, des changements de sélectivité et des scénarios du modèle d'évaluation préliminaire.
- b) Estimations des captures par chaque composante de la flottille dans le modèle *Stock Synthesis*, y compris la distribution saisonnière pour certaines des flottilles.
- c) Estimations des ponctions totales pour les modèles de production excédentaire.
- d) Estimations des ponctions pour 2020, suivant les recommandations du Groupe lors de la réunion de préparation des données.

Prises nominales de thon obèse de la tâche 1

Depuis la réunion de préparation des données, et avant le début de cette réunion d'évaluation, deux CPC ont fourni les prises nominales de thon obèse de la tâche 1 (UE-Espagne et Ghana). Le **tableau 1** montre les ponctions de thon obèse pour la période 1950-2019 utilisés comme entrée dans les modèles d'évaluation. Lors de la réunion de préparation des données, il a été convenu que 2019 serait l'année terminale de l'évaluation, les données pour 2020 étant incomplètes et préliminaires. Au cours de la réunion de préparation des données, le Groupe a recommandé un protocole d'estimation des captures pour les années 2020 et 2021 à utiliser à des fins de projection (voir Rapport de la réunion de préparation des données sur le thon obèse, Anon. 2021). Le Groupe a examiné ces estimations pour 2020 et a noté ce qui suit :

- Les données soumises par l'UE-Espagne pour 2020 après la réunion de préparation des données ne représentaient que les captures des flottilles de pêche des îles Canaries. Les scientifiques de l'UE ont fourni au cours de la présente réunion des estimations des captures de thon obèse pour toutes les flottilles à hauteur de 6.050 t pour 2020.
- Curaçao a fourni au cours de la présente réunion les estimations des captures de BET pour toutes les flottilles à hauteur de 1.519 t pour 2020.
- Le Guatemala a fourni au cours de la présente réunion les estimations des captures de BET pour toutes les flottilles, soit 906 t pour 2020.
- Les États-Unis ont fourni au cours de la présente réunion les estimations des captures de BET pour toutes les flottilles, soit 816 t pour 2020.
- Certaines des captures reflétées dans les limites de capture de thon obèse adoptées par la Commission (y compris les limites suggérées) (Rec. 19-02) représentent des allocations, mais pas des captures réalisées. C'est le cas du Nicaragua, de la Fédération de Russie et des Philippines. Le Secrétariat a confirmé que ces CPC n'ont pas déclaré de captures de thonidés tropicaux ces dernières années. Par conséquent, le Groupe a convenu de ne pas utiliser leurs valeurs limites de capture pour l'estimation de 2020 et leurs captures ont été fixées à 0 pour 2020.
- En outre, pour les autres CPC avec des limites de capture de thon obèse (Rec. 19-02), le Groupe a convenu d'utiliser les captures déclarées de 2020 (Brésil, Canada, Curaçao, Taïpei chinois, El Salvador, UE, Ghana, Guinée équatoriale, Guatemala, Japon, République de Corée, Maroc, Mexique, Sénégal, Trinité-et-Tobago et États-Unis).
- Pour les CPC qui ont des limites de capture de thon obèse et qui n'ont pas déclaré de capture pour 2020, il a été convenu d'utiliser la plus faible des valeurs entre la moyenne de capture de 2017-2019 et la limite de capture de thon obèse adoptée par la Commission.
- Enfin, pour les CPC sans limite de capture, il a été convenu d'utiliser le report estimé comme la moyenne des captures de 2017 à 2019.

Le Secrétariat a exprimé les difficultés liées au traitement des captures qui ont été déclarées au cours de la réunion, en particulier si près de la date limite habituelle de soumission des données du 31 juillet. L'importance de respecter les délais de soumission des données convenus par le Groupe dans le plan de travail a été soulignée.

Le Groupe a estimé les captures de thon obèse pour 2020 (**tableau 2**). Les estimations des captures de thon obèse de 2020 comprenaient les estimations des *faux-poissons* (1.030 t) (pavillons mixtes UE thonidés tropicaux) basées sur la moyenne de 2017-2019, car aucune autre information n'a été fournie. La prise totale estimée de thon obèse pour 2020 s'élevait à 59.919 t. Cette valeur était basée sur les éléments suivants : premièrement, la prise déclarée pour 2020 représentait 80% de la prise de 2020 estimée par le Groupe et deuxièmement, les prises des CPC qui ont déclaré des prises pour 2020 étaient inférieures aux années précédentes. Par conséquent, on s'attend à ce que les 20% restants des captures estimées suivent également la tendance des captures déclarées. Il a été noté que la

capture de 2020 estimée au cours de la présente réunion (59.919 t) est inférieure à l'estimation initiale fournie au début de la réunion à partir du protocole approuvé au cours de la réunion de préparation des données (68.825 t), en partie en raison des valeurs de capture déclarées actualisées de certaines CPC, et des recommandations sur les captures non déclarées formulées par le Groupe au cours de la réunion actuelle. Il a également été noté que la pêcherie de thon obèse en 2020 était particulièrement différente des années précédentes, probablement en partie en raison des effets de la pandémie de COVID-19 et des changements dans le régime de fermeture affectant les thonidés tropicaux entre 2019 et 2020 (bien que les captures finales par mois n'aient pas été examinées). Le Groupe a décidé d'utiliser 61.500 t, le TAC alloué par la Commission pour 2021, comme meilleure estimation disponible de la capture de thon obèse pour 2021.

Échantillons de taille de thon obèse de la tâche 2

Le document SCRS/2021/113 présentait un examen et une analyse préliminaire des échantillons de taille du thon obèse de l'Atlantique disponibles pour les modèles d'évaluation du stock. Les échantillons de taille ont été examinés et standardisés en unités de longueur droite à la fourche et agrégés en échantillons de fréquence de taille par flottille/engin principal, année et trimestre. Un minimum de 50 mesures a été adopté pour un échantillon de taille tandis que les indicateurs d'asymétrie, d'aplatissement et de coefficient de variance ont été utilisés pour évaluer les valeurs atypiques. L'échantillonnage global des tailles est suffisant depuis les années 1970. Parmi les principales flottilles, définies en fonction de leur contribution relative à la capture totale, l'échantillonnage des tailles est suffisant uniquement pour les palangres.

Le Groupe a souhaité connaître la proportion relative d'échantillons pour les flottilles de senneurs. Il a été noté que l'estimateur du ratio devrait utiliser les mêmes unités pour la comparaison, c'est-à-dire le poids ou le nombre de poissons pour les échantillons de capture et de taille. Après avoir révisé les informations présentées, le Secrétariat a fourni un tableau actualisé avec la proportion relative d'échantillons de taille utilisant le poids du poisson mesuré. Les résultats indiquent également que par rapport à la capture totale des senneurs, l'échantillonnage des tailles dans ces pêcheries est encore relativement faible par rapport aux autres pêcheries. Il a été noté que l'équipe de modélisation de *Stock Synthesis* a pris certaines décisions sur l'utilisation des échantillons de fréquence de taille fournis, sur la base d'un examen détaillé des tendances de taille et des changements potentiels de sélectivité (SCRS/P/2021/047). En bref, la sélectivité par taille des flottilles de canneurs et de senneurs Ghana a montré une distribution de taille similaire et aucun changement apparent de sélectivité au fil du temps, de sorte qu'elle a été maintenue comme une seule flottille comme dans l'évaluation précédente. Comme recommandé par le Groupe lors de la réunion de préparation des données, les données de taille du Ghana de 1996 à 2008 ont été exclues. L'examen des données saisonnières de taille de la fin de la période des senneurs opérant en bancs libres ne montre aucune preuve permettant de séparer la sélectivité de cette flottille en périodes trimestrielles. Au cours de la réunion de préparation des données, il a été indiqué que dans l'évaluation précédente du thon obèse et la dernière évaluation de l'albacore, certaines des données de taille du Taipei chinois ont été exclues, car l'échantillonnage de taille fourni alors n'incluait pas les échantillons de taille des observateurs scientifiques. Les scientifiques du Taipei chinois ont récemment fourni des données de taille actualisées, y compris les informations des observateurs, qui ont été examinées en détail par le groupe de modélisation. L'équipe de modélisation de *Stock Synthesis* a conclu que les données étaient cohérentes et suffisantes, et a décidé de ne pas exclure les données de taille du Taipei chinois. L'équipe de modélisation de *Stock Synthesis* a exclu les données de la composition par taille de la flottille de canneurs d'Afrique du Sud de celles de la flottille de canneurs opérant au Sud de Dakar. Pour la flottille de pêche à la canne/moulinet des États-Unis (USA RR), l'équipe de modélisation de *Stock Synthesis* a décidé d'utiliser uniquement les données de taille de la canne/moulinet des États-Unis, en excluant d'autres engins, comme les échantillons de taille GN/TW ou CAN HL, car des différences de taille moyenne ont été observées pour ces pêcheries et les captures étaient inférieures à celles de USA RR. Enfin, l'équipe de modélisation de *Stock Synthesis* a noté que pour certaines flottilles comme celles de BB Dakar 1962-1980 et Brésil HL, il y avait très peu d'observations d'échantillon des tailles et celles-ci n'ont pas été utilisées.

Le document SCRS/2021/133 présentait les estimations des statistiques des pêcheries de canneurs et de senneurs du Ghana 2012- 2020. Les données de capture et de débarquement recueillies et gérées par la Division de la prospection scientifique des pêcheries (FSSD) du Ghana incluaient des informations à la fois des débarquements et des carnets de pêche de 2005 à 2020. L'estimation des captures totales, de la composition des captures, de l'effort de pêche, de la prise par taille et de l'échantillonnage par taille pour le YFT, le BET, le SKJ et les autres espèces capturées accidentellement a été réalisée conformément aux recommandations du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux. Des estimations ont été fournies pour la période 2012-2020 lorsque l'échantillonnage et la couverture par les observateurs du Ghana étaient suffisants.

Le Groupe a noté que depuis 2015, les captures de thon obèse ont diminué dans les engins PS et BB, tandis que les captures d'albacore et de listao ont augmenté au cours de la même période. Il a été demandé s'il y avait eu des changements dans les opérations de pêche au Ghana qui pourraient expliquer cette diminution des captures de thon obèse. Le Groupe a demandé au Secrétariat de préparer des cartes de distribution de l'effort de pêche par 5x5 et par trimestre-année afin d'évaluer s'il y a eu des changements dans la distribution spatio-temporelle de l'effort de pêche, ainsi que sur la proportion de la capture de thon obèse par rapport à la capture totale de thonidés tropicaux (SKJ, YFT, BET). Les auteurs du document SCRS/2021/113 ont indiqué que des analyses antérieures ont suggéré qu'une proportion plus élevée de prises de thon obèse se trouve dans les zones hauturières, tandis que plus près des zones côtières, la proportion des albacores augmente et la proportion des thons obèses diminue (**figure 1**). Les cartes demandées ont montré quelques changements dans la distribution de l'effort de pêche avec des valeurs plus élevées dans le centre du golfe de Guinée et les zones côtières ces dernières années (**figure 2**), où l'on normalement trouve des proportions plus faibles de thon obèse.

Le Groupe a noté que la distribution spatiale de la prise et de l'effort des canneurs dans les pêcheries du Ghana montre que les activités de pêche sont menées en haute mer, ce qui n'est pas communément observé dans les autres flottilles de canneurs. Les scientifiques ghanéens ont confirmé l'exactitude des informations concernant les distributions spatiales des captures des canneurs saisies dans la base de données de l'ICCAT.

Marquage conventionnel

Le Secrétariat a fourni un résumé des informations de marquage conventionnel pour le thon obèse (**tableau 3**). Depuis la réunion de préparation des données, au total, 34 nouvelles récupérations de marques apposées sur des thons obèses ont été déclarées, y compris un poisson recapturé après quatre ans en liberté après avoir été relâché dans le cadre du Programme AOTTP. Le Groupe a souhaité en savoir plus sur les données du « faux marquage » et a demandé un résumé de ces informations. Le Secrétariat a fourni un résumé actualisé des expériences de faux marquage (**tableau 4**).

2.2 Indices relatifs d'abondance

Aucun nouvel indice ou mise à jour des indices d'abondance n'a été présenté lors de la réunion. L'équipe de modélisation de *Stock Synthesis* a indiqué que la distribution spatiale utilisée pour les données de capture par flottille et de fréquence des tailles par flottille de *Stock Synthesis* était la même que celle utilisée dans l'évaluation du stock d'albacore de 2019. Cette décision a été prise afin d'harmoniser les évaluations des stocks de thon obèse et d'albacore pour les travaux futurs sur la MSE et pour suivre la décision prise lors de la réunion de préparation des données sur le thon obèse (Anon. 2021). Cette structure spatiale des flottilles est différente de la structure spatiale utilisée dans l'estimation de l'indice palangrier conjoint adopté lors de la réunion de préparation des données. La **figure 3** montre la comparaison des zones géographiques utilisées dans chaque cas. Cependant, il a été noté que les captures et le nombre d'observations de CPUE utilisées dans l'indice palangrier conjoint correspondant aux zones de non-concordance (c'est-à-dire les zones précédemment incluses dans la couverture de l'indice, mais non incluses dans la couverture actuelle, partie sud du golfe du Mexique, mer des Caraïbes, ou à l'Est de 5° Est vers la côte africaine) sont très faibles. L'équipe de modélisation de *Stock Synthesis* a donc conclu que les différences entre les zones géographiques auraient un impact limité sur les modèles. Le Groupe a recommandé qu'une structure spatio-temporelle cohérente soit utilisée pour les futurs indices d'abondance relative combinés de la palangre pour les stocks de thon obèse et d'albacore.

Le Groupe a été informé qu'en raison de contraintes de temps, les indices des senneurs de l'UE opérant en bancs libres et sous DPCd ne pouvaient pas être présentés lors de cette réunion. Toutefois, étant donné que les mêmes approches de standardisation sont actuellement utilisées pour développer l'indice des senneurs de l'UE pour l'albacore dans l'océan Indien, le même type de modèles sera appliqué à l'avenir aux espèces de thonidés tropicaux dans l'océan Atlantique.

3. Méthodes d'évaluation des stocks et autres données importantes pour l'évaluation

Le processus suivant a été utilisé pour exécuter les modèles d'évaluation. Une grille d'incertitude englobant les principaux axes d'incertitude (mortalité naturelle, steepness et variation du recrutement) a été convenue lors de la réunion de préparation des données pour *Stock Synthesis*. Il était prévu que les modèles de production développent leur propre grille englobant la plage équivalente d'incertitude pour les deux axes d'incertitude que ces modèles peuvent explicitement prendre en compte (mortalité naturelle et steepness). L'incertitude liée à la variation du recrutement, représentée par le sigma R dans le modèle *Stock Synthesis*, ne peut pas être facilement appliquée dans les modèles de production.

Le Groupe a noté que la réunion de préparation des données indique que « Le Groupe a estimé que l'utilisation de l'âge maximum 17 devrait être le cas de référence dans le modèle d'évaluation de 2021.... ». Cette recommandation était issue des discussions sur les estimations de l'âge maximum, avant le développement de la grille d'incertitude qui avait été convenue à la réunion de préparation des données. Le consensus sur la grille d'incertitude incluait le soutien à la poursuite de la méthode utilisée lors de la dernière évaluation consistant à considérer toutes les combinaisons des paramètres de la grille toutes aussi valables, sauf si une combinaison devait être rejetée d'après des diagnostics peu satisfaisants : « Le Groupe a décidé de poursuivre l'utilisation de l'approche de la grille d'incertitude pour quantifier l'incertitude du modèle... L'équipe de modélisation a la possibilité d'apporter les changements nécessaires à la configuration du modèle en fonction des problèmes identifiés ou de la performance du diagnostic. » Au vu des consensus dégagés à la réunion de préparation des données, les équipes de modélisation ont décidé d'utiliser la combinaison suivante : âge maximum = 20, steepness = 0,8 et sigma R = 0,4 comme cas de référence. Ce cas de référence du modèle a été uniquement défini à des fins d'élaboration des scénarios initiaux de l'évaluation et de comparaison avec les scénarios de sensibilité. La même pondération a été assignée au cas de référence du modèle qu'aux autres modèles de la grille d'incertitude dans l'estimation de l'état du stock et le développement des prévisions. Un ensemble complet de diagnostics a été exécuté pour tous les modèles de la grille d'incertitude et pour certains scénarios de sensibilité.

Au cours de la réunion, des scénarios de sensibilité supplémentaires ont été exécutés suite à l'examen des résultats des scénarios initiaux préparés avant la réunion. La description de ces scénarios figure à la section 4 du présent rapport.

3.1. Modèle statistiquement intégré, Stock Synthesis

Stock Synthesis (Methot et Wetzel 2013) est un modèle statistique intégré de prise par âge incluant de nombreux processus importants (mortalité, sélectivité des pêcheries, croissance, reproduction, etc.) qui opèrent conjointement pour prédire la prise par âge annuelle, les ponctions totales (débarquées et rejetées), la composition par taille des flottilles, les compositions par âge et la prise par unité d'effort des flottilles. Un grand nombre de ces processus sont étroitement liés et les paramètres du modèle associés sont donc corrélés. SS constitue une plateforme statistique permettant d'intégrer ces différentes mesures dans une fonction objective globale, et rend compte, à son tour, de l'incertitude conjointe des processus biologiques et la dynamique des pêcheries. Stock Synthesis se compose de trois sous-composantes: 1) une sous-composante de population qui recrée une estimation des nombres/de la biomasse par âge en utilisant les estimations de la mortalité naturelle, de la croissance, de la fécondité, etc. ; 2) une sous-composante d'observation qui consiste en des quantités observées (mesurées), telles que la CPUE ou la proportion par taille/âge ; et 3) une sous-composante statistique qui utilise des probabilités pour quantifier l'ajustement des observations à la population recrée.

Un modèle saisonnier a été élaboré pour le thon obèse de l'Atlantique couvrant la période 1950 – 2019 (**Figure 4**). On a postulé que la biomasse initiale du stock, en 1950, était dans une condition du stock vierge, non exploité. La structure des flottilles se composait de 22 flottilles, dont cinq flottilles de senneurs, une flottille combinée de canneurs et de senneurs ghanéens, quatre flottilles de canneurs, neuf flottilles de palangriers, deux flottilles de ligne à main et d'autres engins combinés (**Tableau 5**). Les définitions de la structure des flottilles représentaient une importante modification par rapport à l'évaluation du thon obèse de 2018.

Deux indices d'abondance ont été modélisés : l'indice palangrier conjoint ventilé en deux périodes (1959-1978 et 1979-2019) et l'indice acoustique trimestriel des bouées échosondeur associé aux DCP couvrant la période 2010-2019 (**Figure 5**). Il a été postulé que l'indice palangrier conjoint avait une sélectivité envers les poissons plus âgés, tout comme la flottille palangrière japonaise dans l'océan Atlantique tropical (flottille 11). Il a été postulé que l'indice acoustique des bouées avait la même sélectivité que la flottille de senneurs opérant sous DCP. Les CV de l'indice ont été mis à l'échelle à une moyenne de CV = 0,2, tout en retenant la variabilité interannuelle estimée par les modèles de standardisation.

Le Secrétariat a soumis les données de taille pour chaque flottille, année et saison, une fois que toutes les mises à jour des données des CPC ont été achevées faisant suite à la réunion de préparation des données (**Figure 6**). Les compositions par taille ont été saisies en tant que nombre de poissons observés par intervalle de tailles de 4 cm. Les tailles d'échantillons effectives étaient équivalentes au log10 (nbr d'observations) afin de réduire l'effet de la pseudo-répétition dans l'échantillonnage et de réduire la pondération des données de tailles dans la vraisemblance globale du modèle.

Le postulat sur la croissance demeure inchangé par rapport à l'évaluation précédente, modélisé sous forme de courbe de Richards publiée par Hallier et al., 2005 (**Tableau 6**). Le poids en kilogrammes a été estimé à partir de la longueur droite à la fourche (SFL), en centimètres, en postulant la relation suivante : $W_t = (2,396E-05) * SFL^{2,9774}$ (Parks et al., 1982).

Les postulats sur la maturité et la fécondité demeurent inchangés par rapport à l'évaluation précédente. La fécondité a été modélisée comme fonction directe du poids corporel de la femelle. Les postulats sur la maturité étaient comme suit : 0% des spécimens matures aux âges 0-2, 50% des spécimens matures à l'âge 3 et 100% des spécimens matures aux âges 4 et au-delà.

Comme détaillé dans le rapport de la réunion de préparation des données pour le thon obèse de 2021, les postulats sur M spécifique à l'âge ont considérablement été modifiés par rapport à l'évaluation précédente, sur la base de nouvelles informations sur la régression et l'âge maximal observé (Then et al. 2015) utilisées pour estimer l'échelle de M aux âges plus avancés. Le Groupe a noté la façon dont ces nouvelles informations peuvent être comparées avec les estimations utilisées par d'autres ORGP thonières pour les stocks de thon obèse et d'albacore (**Figure 7**). Tout comme dans les évaluations précédentes, la M à l'âge a été modélisée comme fonction de Lorenzen du poids à l'âge (Lorenzen 1996) en postulant trois âges maximum alternatifs : i) 17, ii) 20 et iii) 25. Les vecteurs de la mortalité naturelle alternatifs en résultant englobent une plus large gamme de valeurs que celles utilisées dans l'évaluation précédente (**Figure 8, Tableau 7**).

La sélectivité a été estimée directement pour chacune des 21 flottilles (la flottille 20 était reflétée dans la flottille 8), en postulant une fonction spline cubique pour les flottilles 1- 5, 21 et 22 pour modéliser la bimodalité des observations de composition par taille. Les flottilles 7-16 et 19 ont été modélisées en tant que fonctions normales doubles et il a été postulé que les flottilles 17 et 18 avaient une sélectivité logistique asymptotique (**Tableau 5**). Il a été possible d'inclure potentiellement les poissons d'âge 0 dans les calculs de la sélectivité de toutes les flottilles. La sélectivité par âge a été déduite par Stock Synthesis, en se basant sur la sélectivité par taille des flottilles estimée par le modèle.

La relation stock-recrutement suivait une fonction de Beverton-Holt avec un recrutement vierge (R_0) estimé librement parmi une gamme de valeurs fixes de steepness ($h=0,7$; $0,8$ et $0,9$) et de fluctuation annuelle du recrutement ($\sigma_r=0,2$; $0,4$ et $0,6$) définies par la grille d'incertitude. Les fluctuations annuelles du recrutement n'ont été estimées que pour la période 1974-2019. Avant 1974, le recrutement était déduit de la relation stock-recrutement. La correction du biais log-normal ($-0,5\sigma_2$) pour la moyenne de la relation stock-recrutement a été appliquée en appliquant une rampe de correction du biais, tel que recommandé par Methot et Taylor (2011).

Les ajustements de la variance de la composante des données de tailles suivaient les méthodes de Francis (2011).

Pour chaque scénario du modèle, les paramètres estimés incluaient 89 paramètres de sélectivité, R_0 , des paramètres de capturabilité pour chaque indice d'abondance, trois allocations saisonnières du recrutement et des fluctuations annuelles du recrutement. Les écarts standards des paramètres du modèle ont été dérivés de la matrice variance-covariance. Il a été noté que les estimations de la biomasse du stock reproducteur (SSB) renvoient à la SSB de la fin de l'année et que la mortalité par pêche renvoie aux taux de mortalité au cours de toute l'année.

Un scénario du modèle de continuité (*SSM Continuity*) a été élaboré à des fins de comparaison avec l'évaluation de 2018 en se basant sur les mêmes postulats biologiques, incluant M par âge et un indice d'abondance (l'indice palangrier conjoint). La structure des flottilles de 2021 a toutefois été utilisée pour le scénario de continuité. Les analyses de sensibilité additionnelles incluaient des scénarios éliminant chaque indice d'abondance ainsi qu'un scénario avec une pondération des CV inférieure appliquée aux indices d'abondance. Trois analyses de sensibilité ont été conduites d'après l'orientation initiale de l'atelier de préparation des données (**Tableau 8**):

- *SSM Sensitivity 1*: Le début de la série de la palangre conjointe a été éliminé du modèle.
- *SSM Sensitivity 2*: L'indice des bouées a été éliminé du modèle.
- *SSM Sensitivity 3*: Un CV des indices inférieur a été utilisé.

La grille d'incertitude comportait 27 modèles avec toutes les combinaisons de postulats alternatifs fixes de la mortalité naturelle (âge maximum = 17 ; 20 et 25), de steepness ($h = 0,7$; $0,8$ et $0,9$) et de fluctuation standard du recrutement (σ_r) ($0,2$; $0,4$ et $0,6$). Ces scénarios alternatifs de la grille d'incertitude sont répertoriés au **Tableau 9**. L'examen des diagnostics du modèle a été réalisé en suivant les recommandations de Carvalho et al., 2021.

3.2. Modèles de production excédentaire, JABBA et MPB

Modèle de production excédentaire MPB

Une évaluation préliminaire du thon obèse de l'Atlantique utilisant le modèle de dynamique de biomasse *mpb* a été réalisée (SCRS/2021/120). Ce modèle utilisait la capture totale de 1950 à 2019 et l'indice palangrier conjoint pour deux périodes (initiale 1959-1978) et ultérieure (1979-2019) et les incluait en tant que deux indices distincts avec une capturabilité indépendante. La première version du modèle est configurée en tant que modèle de Fox débutant en 1950. Le Groupe a convenu de développer des scénarios du modèle de production qui soient aussi équivalents que possible à ceux inclus dans la grille d'incertitude de Stock Synthesis. Cela a été réalisé en sélectionnant des paramètres de forme qui imiteraient les ratios SSB_{PME}/SSB_0 estimés dans la grille d'incertitude de référence adoptée pour les scénarios du modèle *Synthesis* (B_{PME}/K dans les modèles de production de biomasse). Le **Tableau 10** reprend ces paramètres de forme ainsi que leurs ratios B_{PME}/K associés.

En plus des modèles de la grille d'incertitude, le Groupe a proposé un ensemble de scénarios de sensibilité :

- *MPB Sensitivity 1*: Utiliser la CPUE récente, débutant seulement en 1985.
- *MPB Sensitivity 2*: Utiliser le modèle logistique (de Schaefer).
- *MPB Sensitivity 3*: Ajouter la CPUE palangrière du Brésil.
- *MPB Sensitivity 4*: Ajouter l'indice d'abondance des bouées (Indice d'abondance des bouées).
- *MPB Sensitivity 5*: Ajouter la CPUE de la palangre ainsi que BAI du Brésil.
- *MPB Sensitivity 6-8*: Modifier le paramètre de forme de sorte que le ratio B_{PME}/K soit plus faussé face à des niveaux productifs majeurs (0,33 ; 0,31 et 0,27).

Les diagnostics suivants ont été utilisés pour examiner la fiabilité et la qualité des ajustements du modèle : examen des valeurs résiduelles, profils de vraisemblance pour r et K , analyse rétrospective et ρ de Mohn.

« Juste un autre modèle d'évaluation de la biomasse de type bayésien » (JABBA)

Le Groupe a étudié les résultats préliminaires de l'évaluation du stock issus du modèle de production excédentaire état-espace de type bayésien JABBA (SCRS/2021/132 ; Winker et al. 2018a), du stock de thon obèse de l'Atlantique mis à jour avec les données allant jusqu'à 2019. Ce modèle utilisait la capture totale de 1950 à 2019 ainsi que l'indice palangrier conjoint pour deux périodes (initiale 1959-1978 et ultérieure 1979-2019). Ces indices ont été inclus en tant que deux indices distincts avec une capturabilité indépendante (les CV ont été mis à l'échelle à la moyenne de 0,2). Pour la biomasse en conditions d'équilibre non exploitée K , les paramètres par défaut du progiciel JABBA R ont été utilisés sous forme de distribution a priori lognormale vaguement informative avec un CV élevé de 100%. La distribution a priori de l'épuisement initial ($\phi = B_{1950}/K$) pour tous les scénarios a été définie par une distribution bêta avec une moyenne = 0,93 et un CV de 5%. Tous les paramètres de capturabilité ont été formulés comme des distributions a priori uniformes non informatives. L'erreur de processus de $\log(B_t)$ de l'année y pour tous les scénarios a été définie par une distribution gamma inverse avec un paramètre de forme égal à 9,606 et un paramètre du taux égal à 0,03 tel qu'utilisé par Winker et al. (2018b) dans l'évaluation du stock de thon obèse de l'Atlantique de 2018.

À des fins de continuité, le scénario initial de JABBA a été paramétré avec les mêmes distributions a priori et structure du modèle que celles utilisées dans l'évaluation du stock de thon obèse de l'Atlantique de 2018 (ICCAT, 2019). En outre, les scénarios de JABBA ont été conçus pour représenter la grille d'incertitude convenue lors de la réunion de préparation des données sur le thon obèse de 2021. Seules des combinaisons d'âge maximum et de steepness ont été examinées pour JABBA donnant lieu à neuf modèles distincts (**Tableau 11**) en plus du scénario de continuité. Des distributions a priori alternatives de r ont été élaborées pour chacun de ces scénarios. Les distributions a priori étaient associées à un paramètre de forme spécifique d'une fonction de production de Pella-Tomlinson et obtenues d'un modèle en conditions d'équilibre structuré par âge (ASEM) avec des simulations de Monte-Carlo (Winker et al., 2019). Cette approche donnait des distributions a priori de r plus informatives, qui suivaient une distribution lognormale, le paramètre de forme m (B_{PME}/K) directement tiré du résultat d'ASEM de EB_{PME}/EB_0 (EB-Biomasse exploitable ; se reporter aux informations détaillées dans Winker et al., 2019) étant fixe. Des scénarios du modèle additionnels ont également été fournis en permettant au paramètre m d'être librement estimé internement par le modèle de Pella-Tomlinson. Le **Tableau 11** présente un résumé du paramétrage des scénarios du modèle JABBA.

JABBA est appliqué dans R (Équipe de base du développement de R, <https://www.r-project.org/>) avec l'interface JAGS (Plummer, 2003) pour estimer les distributions a posteriori bayésiennes de toutes les quantités présentant un intérêt au moyen d'une simulation de Markov Chains Monte Carlo (MCMC). Le modèle JAGS est exécuté à partir de R en utilisant la fonction wrapper *jags()* de la bibliothèque *r2jags* (Su et Yajima, 2012), qui dépend de *rjags*. Trois chaînes MCMC ont été utilisées dans cette étude. Chaque modèle a été exécuté pour 30.000 itérations qui ont été échantillonnées avec une période de rodage de 5.000 pour chaque chaîne et un filtrage de cinq itérations. Les diagnostics de base de la convergence du modèle incluaient la visualisation des chaînes MCMC en utilisant des graphiques MCMC ainsi que des diagnostics de Heidelberger et Welch (Heidelberger et Welch, 1992), de Geweke (1992) et de Gelman et Rubin (1992) tels qu'appliqués dans le progiciel CODA (Plummer *et al.*, 2006).

Des diagnostics approfondis du modèle ont été soumis en vue d'évaluer les ajustements du modèle, les tests des scénarios des valeurs résiduelles, les schémas rétrospectifs et la capacité de prédiction rétrospective. Afin de vérifier le biais systématique dans les estimations de l'état du stock, une analyse rétrospective a également été conduite en retirant systématiquement une année de données à la fois, séquentiellement sur une période de huit ans ($n = 9$), puis en réajustant le modèle après chaque retrait de données et en comparant les quantités présentant un intérêt (c.-à-d. biomasse, mortalité par pêche, B/B_{PME} , F/F_{PME} , B/B_0 et PME) avec le modèle de référence qui est ajusté aux séries temporelles de données complètes. En vue de comparer le biais rétrospectif parmi les modèles, la statistique rho (ρ) de Mohn a été calculée en utilisant la formulation définie par Hurtado-Ferro *et al.* (2014). Une technique de validation croisée de la simulation rétrospective sans modèle (HCXval) de Kell *et al.* (2016) a été appliquée, qui permet de comparer les observations avec leurs futures valeurs de CPUE prédites en calculant l'Erreur moyenne absolue mise à l'échelle (MASE) proposée par Hyndman et Koehler (2006), qui met à l'échelle l'erreur moyenne absolue des valeurs résiduelles de prédiction à une prévision naïve de base, dans le cadre de laquelle une « prévision » est dite avoir une « capacité » si elle améliore la prévision du modèle par rapport à la prévision naïve de base.

4. Résultats de l'état du stock

4.1. Modèles intégrés de captures, Stock Synthesis

Convergence du modèle Stock Synthesis et diagnostics d'ajustement du cas de référence

Stock Synthesis a convergé à une solution stable, avec une vraisemblance logarithmique négative uniforme parmi les valeurs de départ du paramètre de jitter (**Figure 9**). Le gradient du modèle final était 0,000067, inférieur à la cible de 0,0001, et a été considéré comme acceptable pour la convergence du modèle, notamment étant donné que la solution était stable parmi différentes valeurs des paramètres de départ.

Le modèle présentait un manque d'ajustement général à l'indice acoustique des bouées mais un ajustement bien meilleur à l'indice palangrier conjoint (**Figure 10**). En général, les erreurs résiduelles des deux indices présentaient des schémas non-aléatoires, mis en évidence par leur échec au test des scénarios de diagnostic (**Figure 11**). Un manque d'ajustement à la tendance à la baisse dans l'indice acoustique des bouées au début des années 2010 et à la tendance à la hausse des dernières années était notamment apparent. L'ajustement à la tendance à long terme dans l'indice palangrier conjoint était bien meilleur mais les changements interannuels de l'indice n'étaient pas bien reflétés dans le modèle. Le schéma résiduel dans la période récente de l'indice palangrier conjoint était notamment meilleur que les schémas résiduels de l'indice acoustique des bouées et de l'indice palangrier conjoint de la période initiale.

Les ajustements à la composition par taille globale (**Figure 12**) et les valeurs résiduelles annuelles du modèle associées (**Figure 13**) fournissaient un premier diagnostic de la performance du modèle. Globalement, le cas de référence présentait un ajustement acceptable aux données agrégées de composition par taille de toutes les flottilles. Les schémas résiduels annuels semblaient être distribués aléatoirement pour la plupart et ont été considérés adéquats pour les principales flottilles de pêche, tandis que les flottilles ayant des ponctions relativement inférieures présentaient des schémas résiduels non-aléatoires. Cela était probablement dû à la repondération de la variance, qui donnait lieu à de meilleurs ajustements du modèle aux flottilles ayant de grandes quantités de données de composition par taille. En général, les schémas résiduels de la composition par taille constituaient une amélioration par rapport à l'évaluation de 2018, probablement due à la redéfinition des flottilles afin de créer des compositions qui soient plus homogènes le long de la série temporelle.

Les fluctuations de la courbe de stock-recrutement estimées en tant que fluctuations du recrutement indiquaient une forte variabilité dans les fluctuations du recrutement d'une année sur l'autre mais de fortes corrélations temporelles, avec des périodes où les fluctuations du recrutement augmentaient suivies de périodes où les fluctuations du recrutement diminuaient. Les fluctuations du recrutement augmentaient de 1974-1983, 1987-1998 et 2006-2018 et diminuaient au cours des années intermédiaires. (**Figure 14**). Globalement, la fluctuation du recrutement n'était pas biaisée (**Figure 15**). Le **Tableau 12** présente une liste des paramètres du modèle, incluant les valeurs estimées et leurs erreurs standard asymptotiques associées, les valeurs des paramètres initiaux, les valeurs minimum et maximum, les distributions a priori si utilisées, et indiquant si le paramètre était fixe ou estimé.

Étant donné que la steepness (h) et le σ_R de la courbe de Beverton-Holt étaient fixes, le principal paramètre de productivité estimé dans Stock Synthesis était le niveau moyen du recrutement à l'âge 0 dans le cadre d'une biomasse reproductrice en conditions d'équilibre non exploitée (R_0). Tout comme l'évaluation de 2018, le profil de vraisemblance du cas de référence indiquait une estimation de la vraisemblance maximale de la steepness proche de 10 (échelle des valeurs logarithmique naturelles), soit près de 27 millions de recrues d'âge 0, les sources de données concordant relativement bien sur la meilleure estimation (**Figure 16**).

Dans le cas de référence de l'évaluation actuelle, la biomasse du stock reproducteur était estimée être relativement constante ces dernières décennies (**Figure 17**). Tout comme les résultats de l'évaluation de 2018, les estimations de la SSB étaient clairement déterminées, comme l'attestait les intervalles de confiance de 95% (**Figure 17**). La biomasse reproductrice a été supposée se situer à un niveau presque non-exploité au cours de l'année de départ du modèle (1950), suivi d'une période de déclin entre 1960 et 2000, et de niveaux de biomasse stables depuis lors (**Figure 17**).

La tendance de la SSB estimée par le scénario de continuité de Stock Synthesis de 2021 présente une tendance similaire à celle du cas de référence de 2021 mais diffère de la tendance de la SSB estimée par Stock Synthesis en 2018 (**Figure 18**). Les estimations de la SSB obtenues en 2018 suggéraient un déclin continu de la SSB dans les années 2000.

L'élimination de la période initiale de l'indice palangrier conjoint du cas de référence de 2021 ne modifiait pas visiblement les résultats. L'élimination de l'indice acoustique des bouées réduisait légèrement la SSB. L'utilisation d'un CV inférieur augmentait légèrement la SSB. Globalement, le cas de référence n'était pas trop sensible à ces changements (**Figure 19**).

Changements par rapport à l'évaluation du stock de 2018

Le Groupe a noté que le cas de référence¹ de l'évaluation de 2018 qui avait été utilisé pour élaborer la grille d'incertitude estimait que le stock était surexploité ($SSB_{2017}/SSB_{PME} = 0,51$) et faisait l'objet de surpêche ($F/F_{PME} = 1,89$). L'estimation du cas de référence de 2021 pour la biomasse relative en 2017 ($SSB_{2017}/SSB_{PME} = 0,79$) était supérieure de 54% à l'estimation de cette même année dans le cas de référence de 2018 et l'estimation de la mortalité par pêche relative ($F_{2017}/F_{PME} = 1,15$) était inférieure de 39%.

Afin d'analyser cette divergence, le Groupe a procédé à un deuxième ensemble d'analyses de sensibilité graduelles pour décrire l'effet des principaux changements dans la configuration du modèle Stock Synthesis entre l'évaluation de 2018 et les cas de référence de 2021. Ces comparaisons graduelles ont été élaborées en utilisant le modèle de référence de 2018 comme modèle de départ.

1. Cas de référence de 2018
2. Cas de référence de 2018 remplaçant l'indice palangrier conjoint de 2018 par l'indice palangrier conjoint de 2021
3. Modèle précédent mais remplaçant la mortalité par âge de 2018 par la mortalité par âge de 2021 pour $\text{maxage}=20$.

Les résultats de la comparaison graduelle de ces trois modèles avec le cas de référence de 2021 (**Figure 20**) suggèrent que le nouvel indice palangrier conjoint, le nouveau vecteur de mortalité par âge de 2021 et l'inclusion du nouvel indice des bouées avaient tous une grande influence sur la perception de l'état du stock, entraînant tous un état du stock plus optimiste que le cas de référence de 2018. L'utilisation de la CPUE palangrière conjointe de 2021 à la place de l'indice palangrier conjoint de 2018 représente une augmentation de 26% de la perception de la biomasse relative en 2017 par rapport aux estimations de l'évaluation précédente et une réduction de 17% de

¹ M par âge de 2018 pour $\text{maxage}=15$, steepness 0,8, σ_R 0,4, indice palangrier conjoint de 2018, structure des flottilles de 2018, données de captures et de tailles de 2018.

l'estimation de la mortalité par pêche relative. L'utilisation du nouveau vecteur de M par âge représente une augmentation de 28% de la perception de la biomasse relative en 2017 par rapport aux estimations de l'évaluation précédente et une réduction de 21% de l'estimation de la mortalité par pêche relative. L'inclusion de l'indice acoustique des bouées, qui référence des thons obèses juvéniles, donnait également lieu à un état du stock plus optimiste, probablement dû à l'effet de cet indice sur les récentes estimations du recrutement. Les diagnostics pour ces différents scénarios de sensibilité ne différaient pas dans une grande mesure (**Figure 21, Tableau 14**).

Le nouveau vecteur de M par âge de 2021 et l'indice des bouées constituent des améliorations dans les informations utilisées dans l'évaluation. La méthode et les données utilisées pour élaborer l'indice palangrier conjoint de 2021 ont été influencées par les difficultés liées à la pandémie de COVID-19 et n'ont pas été considérées comme une amélioration par rapport à l'approche employée pour développer l'indice palangrier conjoint de 2018. Néanmoins, l'indice conjoint de 2021 présente l'avantage de prolonger la série temporelle jusqu'en 2019. Le Groupe a envisagé d'inclure des modèles dans la grille d'incertitude remplaçant l'indice palangrier conjoint de 2021 par l'indice palangrier conjoint de 2018, ou d'inclure ces deux indices, mais le Groupe n'est pas parvenu à un consensus sur le fait qu'il s'agissait d'une meilleure option que de maintenir la grille d'incertitude précédemment convenue avec l'indice palangrier conjoint de 2021.

Évaluation de la grille d'incertitude

La grille d'incertitude incluait trois vecteurs de mortalité naturelle issus de trois différents postulats de l'âge maximum, trois valeurs de steepness et trois valeurs de sigmaR (**Tableau 9**), donnant lieu à 27 scénarios du modèle pour la grille d'incertitude.

Les estimations du recrutement non exploité allaient de 18 millions à 56 millions de recrues d'âge 0 dans les 27 scénarios du modèle de la grille d'incertitude (**Tableau 13, Figure 22**). Les différences dans les postulats de la mortalité naturelle contribuaient le plus à cette vaste gamme d'estimations. Les différences dans les valeurs de steepness contribuaient dans une moindre mesure aux estimations du recrutement non exploité. Les postulats de Sigma R avaient le moins d'influence sur les estimations de R0.

Les estimations de F_{PME} oscillaient entre 0,09 et 0,22 (exploitation en biomasse), la F_{PME} la plus élevée estimée étant obtenue dans le cadre du postulat d'une mortalité naturelle élevée (âge max =17) et des postulats d'une steepness élevée ($h=0,9$). Les estimations globales de l'état du stock allaient de surexploité et faisant l'objet de surpêche à non-surexploité et ne faisant pas l'objet de surpêche (**Figure 23**), en fonction des postulats sur la mortalité naturelle, la steepness et le sigma R. En général, les postulats d'une mortalité naturelle plus élevée (âge maximum inférieur) et d'une steepness plus élevée conduisaient à des perceptions plus optimistes de l'état du stock.

Les analyses des diagnostics des 27 scénarios de la grille d'incertitude n'ont pas révélé de grandes différences de performance, et aucun cas n'a donc été éliminé de la grille d'incertitude (**Tableau 15**).

Tendance historique des références de gestion

Les points de référence de gestion (c.-à-d. PME, SSB_{PME} et F_{PME}) dépendent de la sélectivité globale des pêcheries. Le Groupe a calculé et évalué la tendance historique de la PME, de SSB_{PME} et de F_{PME} (**Figure 24**). Le Groupe a noté que la capture au niveau de la PME a reculé au fil du temps tandis que la biomasse du stock reproducteur nécessaire à l'appui de la PME a augmenté (**Figure 24**, panneau de gauche). De plus, la mortalité par pêche qui produit la PME a également diminué au fil du temps (**Figure 24**, panneau de droite). Des tendances historiques similaires ont été communiquées dans les évaluations précédentes de thon obèse et d'albacore. Le Groupe a discuté du fait que ces changements sont dus à l'augmentation des captures réalisées par les flottilles de surface (y compris celles utilisant les DCP), qui exploitent des poissons plus jeunes que la flottille palangrière. Étant donné que les captures de thon obèse associées aux flottilles de surface (DCP et canne) augmentent, et en raison des changements de sélectivité envers des poissons plus jeunes et plus petits, la PME est réduite et la taille du stock nécessaire pour produire la PME augmente. Ces tendances ne sont pas inattendues et doivent être attentivement étudiées par les gestionnaires lors de la prise de décisions sur les allocations de TAC entre les diverses composantes des flottilles (palangre, senne, canne, par ex.).

4.2. Modèles de production excédentaire, JABBA et MPB

Modèle de production excédentaire MPB

Le modèle rencontrait des difficultés à converger mais les diagnostics d'ajustement étaient relativement satisfaisants, sauf pour le profil de vraisemblance (SCRS/2021/120 Figure 4). Il a également été noté que le modèle rencontrait des difficultés à trouver des minima globaux pour les deux paramètres biologiques du modèle [taux de croissance intrinsèque (r) et capacité de charge (K)].

Le modèle présenté en tant que cas de référence (modèle de Fox) du modèle de dynamique de biomasse mpb estimait que le stock est surexploité et fait l'objet de surpêche (**Figure 25, Figure 26**). Les valeurs résiduelles de l'ajustement, l'analyse rétrospective, la simulation rétrospective indiquent que le modèle ajustait bien les captures et l'indice palangrier conjoint. Toutefois, le profil de vraisemblance suggérait que le modèle rencontre des difficultés à trouver des minima globaux pour les paramètres estimés (SCRS/2021/120). Le **Tableau 16** présente les médianes et les intervalles associés (CI de 95%) de la distribution a posteriori des paramètres biologiques et des points de référence obtenus d'après l'ajustement par bootstrap (500 itérations) du cas de référence de MPB.

La plupart des scénarios de sensibilité initialement demandés (retrait de l'indice palangrier conjoint initial, ajout de l'indice des bouées ou de l'indice palangrier brésilien) n'ont pas produit de grands changements sur le résultat de l'évaluation ou les paramètres et points de référence estimés, sauf dans les scénarios de sensibilité dans lesquels des changements étaient apportés à la productivité du stock (**Figure 27 et Tableau 7**).

Au cours de la réunion actuelle, des scénarios de sensibilité supplémentaires ont été élaborés en vue d'analyser l'impact potentiel de l'omission/inclusion de certains indices d'abondance relative et de postulats alternatifs concernant la productivité du stock (cf. Section 3.2). Le Groupe a convenu de produire des scénarios du modèle avec le ratio B_{PME}/K représentatif des paramètres utilisés dans la grille d'incertitude élaborée pour Stock Synthesis 3 (**Tableau 10**).

Tous les modèles déterministes de la grille d'incertitude présentaient des tendances similaires de la biomasse relative (**Figure 25**) et de la mortalité par pêche relative (**Figure 26**) et ils étaient tous plus optimistes que le cas de référence initial (Fox). Tous les modèles révèlent que la biomasse a modérément décliné durant les premières années de la pêche (1960-1985) et plus brusquement entre 1990 et 2005. Cependant, seuls les modèles avec une steepness établie à 0,7 (3 sur un total de 9) estimaient que le stock était surexploité au milieu de la décennie des années 2000 après une période où les niveaux de mortalité par pêche avaient dépassé F_{PME} (1994-2004 avec des différences entre les modèles). Tous les modèles indiquent une tendance de rétablissement depuis lors et ils estiment tous que le niveau actuel du stock se situe en moyenne au-dessus de B_{PME} . Ces scénarios indiquaient que le stock n'est pas surexploité et ne fait pas l'objet de surpêche.

Changements par rapport à l'évaluation du stock de 2018

Le Groupe a également demandé des scénarios de sensibilité du modèle additionnels ajustant les estimations des captures les plus récentes et l'indice palangrier conjoint (1950-2017) utilisé dans l'évaluation du stock de 2018. Les tendances et points de référence estimés des modèles utilisant l'indice palangrier conjoint de 2018 donnaient à penser à un état du stock et à des tendances historiques différents de l'état et des tendances estimés avec les combinaisons des paramètres de la grille d'incertitude de 2021 utilisées dans l'évaluation du stock de 2021. Les scénarios de sensibilité utilisant l'indice palangrier conjoint de 2018 suggèrent un état du stock différent: le stock serait estimé être surexploité et faire l'objet de surpêche en 2017.

« Juste un autre modèle d'évaluation de la biomasse de type bayésien » (JABBA)

Le Groupe a discuté de la grille d'incertitude élaborée lors de la réunion de préparation des données et a convenu qu'elle couvre une grande partie de l'incertitude de la dynamique de population de thon obèse et que le scénario S06 (ASEM $M = 20$ | $h = 0,8$) (**Tableau 11**) peut être considéré comme le cas de référence de la grille d'incertitude de JABBA. Tous les scénarios semblaient s'ajuster relativement bien aux deux indices palangriers conjoints (période initiale et période ultérieure), avec quelques grands écarts pour certaines années particulières (SCRS/2021/132). La qualité de l'ajustement était satisfaisante pour tous les scénarios, avec des statistiques RMSE de l'ordre de 12%. Pour certains scénarios de JABBA (S01, S02, S04, S07 et S09), l'indice palangrier conjoint initial échouait à la procédure de tests des diagnostics du modèle, tandis que quatre scénarios seulement (S03, S06, S08 et S10) n'apportaient pas de preuves permettant de rejeter l'hypothèse de schémas résiduels distribués aléatoirement pour les deux CPUE conjoints (SCRS/2021/132).

Le **Tableau 18** présente les médianes et les intervalles de crédibilité associés (CRI de 95%) des distributions a posteriori marginales pour les principaux paramètres et points de référence pour tous les scénarios JABBA. À des fins de comparaison avec l'évaluation de 2018, les diagrammes des distributions a posteriori et des écarts d'erreur de processus n'ont été présentés que pour les scénarios S01 et S06 (**Figure 28**). Les écarts annuels d'erreur de processus de tous les scénarios présentaient un schéma stochastique similaire avec une moyenne constante autour de zéro (**Figure 29**), ce qui suggère aucune preuve de spécifications erronées du modèle ou de données contradictoires. Les médianes des distributions a posteriori marginales de K allaient de 1.259.079 t (S04) à 1.510.055 t (S01). Les médianes des distributions a posteriori marginales de r étaient très similaires entre les différents scénarios, allant de 0,129 à 0,166 (**Tableau 18**), alors que la gamme des estimations de la médiane de la PME était étroite dans l'ensemble des dix scénarios (S01: 79.351 t ; S06 : 83.946 t). Les faibles valeurs du ratio de la médiane de la distribution a posteriori-distribution a priori (PPMR) et des ratios de variance de la distribution a posteriori-distribution a priori (PPVR) observés pour le paramètre K et la similitude des distributions a posteriori marginales pour r entre les divers scénarios (**Tableau 18**) peuvent indiquer que les estimations de la médiane de ces paramètres étaient largement informées par les données (**Figure 28**).

En général, tous les modèles présentaient des tendances similaires pour les médianes de B/B_{PME} et F/F_{PME} au fil du temps, les scénarios avec un âge maximum établi à 17 produisant des estimations de l'état du stock légèrement plus pessimistes (**Figure 30**). La trajectoire de B/B_{PME} diminuait du milieu des années 1960 jusqu'aux alentours de 2000, suivi d'une tendance stable jusqu'en 2019. La trajectoire de F/F_{PME} augmentait progressivement du début de la série temporelle jusqu'à la fin des années 1990, suivi d'une tendance à la baisse jusqu'au milieu des années 2000. Par la suite, la mortalité par pêche relative maintenait sa tendance relativement stable, légèrement en dessous du niveau de F_{PME} (**Figure 30**). Malgré certaines légères différences, tous les scénarios de JABBA coïncidaient en termes d'état du stock (F/F_{PME} ; B/B_{PME}) indiquant que le stock de thon obèse de l'Atlantique n'est pas surexploité et ne fait pas l'objet de surpêche, B_{2019} se situant au-dessus de B_{PME} et F_{2019} au-dessous de F_{PME} (**Tableau 18**). Le Groupe a convenu que ces scénarios du modèle d'évaluation JABBA présentaient des ajustements aux données raisonnables, aucun élément de preuve d'un schéma rétrospectif indésirable et une capacité de prédiction satisfaisante pour les prévisions futures (**Figures 31 et 32**).

Le Groupe a noté que les tendances de la biomasse relative et de la mortalité par pêche estimées par JABBA pour le cas de référence de 2021 étaient plus optimistes que les tendances équivalentes estimées dans l'évaluation de 2018. Par conséquent, le Groupe a sollicité des scénarios de sensibilité du modèle additionnels afin d'évaluer ces divergences :

- Modèle de 2018 avec l'indice palangrier conjoint de 2018 et les estimations des captures actuelles pour 1950-2017
- Modèle de 2018 avec l'indice palangrier conjoint de 2021 et les estimations des captures actuelles pour 1950-2017

Ces deux scénarios de sensibilité ont montré des tendances similaires pour les médianes de B/B_{PME} et F/F_{PME} jusqu'au milieu des années 1990. Après 2000, la biomasse relative pour le modèle avec l'indice palangrier conjoint de 2018 indiquait que le stock de thon obèse était toujours surexploité et faisait l'objet de surpêche jusqu'en 2017. Le modèle avec l'indice palangrier conjoint de 2021 aboutissait à un stock ne faisant pas l'objet de surpêche ni n'étant surexploité ces derniers temps (**Figure 33**).

4.3. Synthèse des résultats de l'évaluation

Le Groupe a étudié les résultats de l'évaluation du stock pour chacun des modèles d'évaluation du stock alternatifs examinés (Stock Synthesis, JABBA et MPB), ainsi que les différents postulats sur la dynamique de la population inclus dans la grille d'incertitude. La grille d'incertitude pour Stock Synthesis incluait 27 modèles tandis que la grille pour chaque modèle de production n'en incluait que neuf car il avait été décidé qu'il n'était pas pertinent d'inclure un axe d'incertitude lié à SigmaR dans les modèles de production. Pour de nombreux scénarios de la grille d'incertitude, les résultats des deux modèles de production étaient généralement similaires. Les trajectoires de la médiane de B/B_{PME} et de F/F_{PME} entre les modèles de production (JABBA et MPB) et les modèles Stock Synthesis présentaient des schémas similaires mais l'échelle des ratios de biomasse et de mortalité par pêche dans les modèles de production et dans Stock Synthesis différaient en fonction du scénario examiné (**Figures 34 et 35**). Les 27 modèles Stock Synthesis créaient de vastes limites d'incertitude pour ces trajectoires et les trajectoires de biomasse de tous les modèles de production s'inscrivaient dans ces limites. Les séries temporelles de B/B_{PME} et de F/F_{PME} des différents modèles de production de la grille d'incertitude étaient similaires pour les deux dernières décennies mais différaient dans la période initiale. Ces trajectoires différaient dans la première partie des séries temporelles de Stock Synthesis en fonction des valeurs de steepness postulées (**Figures 36 et 37**). Les trajectoires

de biomasse et de mortalité par pêche estimées par le modèle Stock Synthesis et les modèles de production étaient différentes lorsque les deux types de modèles utilisaient le même postulat sur l'âge maximum. Les estimations de F/F_{PME} de Stock Synthesis pour la dernière décennie étaient inférieures à celles du modèle de production lorsque l'on postulait que l'âge maximum était de 17 (correspondant à une mortalité naturelle plus élevée) et elles étaient supérieures lorsque l'on postulait que l'âge maximum était de 25 (**Figures 36 et 37**). En conséquence, la principale conclusion était que même si chaque axe d'incertitude contribue quelque peu à l'incertitude générale dans les estimations de l'état du stock, le postulat sur l'âge maximum, et ses estimations de la mortalité naturelle associées, ont la plus grande influence sur l'état du stock estimé.

Le Groupe a discuté des raisons possibles des différences observées dans les trajectoires de la médiane entre les types de modèles. Les raisons possibles de ces divergences incluaient les effets de la mortalité par âge, les changements des effets des cohortes et des changements de sélectivité. Nombre de ces changements ne peuvent pas être expliqués par les modèles de production car ces modèles ne reflètent pas les changements de sélectivité ou le passage de fortes cohortes affectant les estimations de la biomasse vulnérable et de la mortalité par pêche. Le Groupe a discuté des éventuels changements historiques de la sélectivité mentionnant la structure des flottilles, dont l'utilisation accrue des DCP qui a commencé dans les années 1990, et les palangres en eaux profondes au milieu des années 80. Il a été noté que les diagrammes d'impact des pêcheries sont un moyen potentiel d'identifier tout effet spécifique aux flottilles sur les résultats du modèle Stock Synthesis, mais cette analyse n'était pas disponible à la réunion. Le Groupe a recommandé de préparer des diagrammes d'impact des flottilles pour la réunion du Groupe d'espèces de septembre de 2021. Le Groupe a également discuté du postulat sur la sélectivité utilisé dans les modèles JABBA pour déduire la distribution a priori de r . Le Groupe a noté que, d'après l'évaluation de 2018, l'estimation ponctuelle pour la sélectivité à l'âge 1 de la palangre avait été utilisée pour déduire les distributions a priori.

Le Groupe a discuté des options de calcul de la mortalité par pêche utilisées dans la grille de Stock Synthesis de cette année. Dans l'évaluation de thon obèse de 2018, la mortalité par pêche communiquée était la moyenne des âges 1-7. Il a été noté que l'option de Stock Synthesis utilisée pour calculer la mortalité par pêche dans l'évaluation de cette année était la même que celle utilisée dans l'évaluation d'albacore de 2019, dans le cadre de laquelle la mortalité par pêche est communiquée en tant que taux d'exploitation annuel en biomasse (obtenu en pondérant la mortalité par pêche de chaque groupe d'âge par la biomasse de ce groupe d'âge). Cela produit une estimation de la mortalité par pêche qui est plus comparable avec celle fournie par les modèles de production et est un indicateur de la pression de pêche plus approprié pour les stocks ayant fait l'objet de changements de sélectivité globale. Cela signifie également que les valeurs de mortalité par pêche déclarées dans l'évaluation de 2018 ne sont pas strictement comparables avec les valeurs déclarées dans l'évaluation actuelle.

Le Groupe a, en outre, discuté de la mesure dans laquelle les scénarios des modèles de production sont comparables avec la grille des modèles de Stock Synthesis qui utilisaient des postulats différents sur l'âge maximum (et la mortalité naturelle correspondante) et la steepness. Le Groupe a noté que pour chacun de ces scénarios, les distributions a priori des modèles de production portant sur le taux de croissance intrinsèque avaient été recalculées pour chaque combinaison d'âge maximum et de steepness. Ces distributions a priori recalculées n'étaient, toutefois, pas très différentes entre les scénarios. Le postulat sur l'âge maximum avait la plus grande influence sur les résultats des modèles de production car cette valeur déterminait la forme de la fonction de production dans le modèle de Pella-Tomlinson.

Les différences entre les modèles de production excédentaire (JABBA et MPB) et les résultats de Stock Synthesis n'étaient pas inattendues. Les modèles Stock Synthesis sont des représentations plus complexes de la pêcherie, étant donné qu'ils tiennent compte des changements de la structure par taille et par âge et de la sélectivité globale des flottilles. Les modèles structurés par âge tiennent explicitement compte des changements spécifiques aux flottilles en ce qui concerne la contribution à la capture globale des flottilles ayant une sélectivité différente. Compte tenu du plus grand nombre de paramètres estimés par les modèles Stock Synthesis par rapport aux modèles de production, les estimations de Stock Synthesis devraient avoir des intervalles d'incertitude plus vastes. Par conséquent, le Groupe a convenu de suivre la même approche que celle utilisée dans l'évaluation du stock de 2018 : fournir des estimations de l'état du stock et élaborer des recommandations de gestion basées sur les résultats de la grille d'incertitude de Stock Synthesis (27 modèles). Il a également été convenu, tout comme en 2018, d'assigner une pondération identique à chaque modèle de la grille d'incertitude.

Des préoccupations ont été exprimées quant aux décisions prises sur les données utilisées dans l'évaluation et la pertinence des choix pour élaborer la grille d'incertitude. Ces préoccupations portaient notamment sur le changement de méthodologie utilisée pour développer l'indice palangrier conjoint pour cette évaluation (une conséquence de la pandémie de COVID-19, qui a empêché les réunions en présentiel et donc les analyses des

données par opération et l'inclusion d'un facteur significatif dans la standardisation). Une autre source d'inquiétude était la pertinence des choix de l'âge maximum inclus dans la grille d'incertitude qui augmentaient la plage des valeurs de mortalité naturelle examinées dans une mesure bien plus large que lors de l'évaluation de 2018. Les analyses de sensibilité ont indiqué qu'une partie des changements de l'état du stock révélés dans l'évaluation actuelle est partiellement influencée par l'adoption de l'indice palangrier conjoint de 2021 et les nouveaux choix des valeurs de mortalité naturelle. Étant donné que le Groupe n'était pas en mesure de se mettre d'accord sur le meilleur moyen d'inclure ces sources d'incertitude supplémentaires dans l'évaluation, le Groupe a convenu que l'état actuel du stock est plus incertain que ce que le Groupe a pu quantifier.

Le Groupe a élaboré un diagramme de Kobe pour les 27 scénarios déterministes de Stock Synthesis (**Figure 38**) afin de représenter l'incertitude dans les différents modèles de Stock Synthesis de la grille d'incertitude. En vue d'inclure également l'incertitude au sein du modèle dans l'état du stock, on a également présenté un diagramme de Kobe basé sur une approximation log-normale multivariée (MVLN) de la densité a posteriori pour les 27 modèles de Stock Synthesis de la grille d'incertitude, représentant les valeurs de 2019 de la mortalité par pêche relative et de la biomasse relative (**Figure 39**). Pour chaque modèle de Stock Synthesis de la grille, la MVLN a été échantillonnée 10.000 fois. De plus, des diagrammes de Kobe ont été produits pour trois facteurs de la grille d'incertitude : âge maximum (**Figure 40**), steepness (**Figure 41**) et sigma R (**Figure 42**). On peut observer, d'après ces chiffres, que le postulat sur l'âge maximum a une plus grande influence sur l'état du stock que la steepness ou le SigmaR. Le **Tableau 19** présente la médiane et les intervalles de crédibilité de 95% des estimations de la grille d'incertitude de Stock Synthesis (sur les 27 scénarios et les 10.000 échantillonnages pour chaque scénario) de la biomasse du stock reproducteur par rapport à SSB_{PME} (SSB/SSB_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} (F/F_{PME}) pour toutes les années de 1952 à 2019. Pour 2019, il est estimé que la probabilité d'être surexploité et de faire l'objet de surpêche est de 48,9% et que la probabilité de se situer dans la zone verte du diagramme de Kobe plot est de 41,1%.

Comme signalé en 2018, les changements de la proportion historique de la capture réalisée par les principaux engins ont conduit à des changements historiques de la sélectivité globale des flottilles de l'Atlantique pour le thon obèse. Ces changements de la sélectivité globale étaient particulièrement marqués au cours de la période où les flottilles de senneurs ont accru leurs captures et ont commencé à utiliser des DCP. L'augmentation de la sélectivité des poissons plus jeunes a réduit la PME et augmenté la biomasse du stock reproducteur nécessaire pour la produire. La PME moyenne au cours de la dernière décennie est inférieure d'environ 20% à la PME moyenne dans les années 1980, et la SSB moyenne nécessaire à l'appui de la PME est d'environ supérieure de 10% à la SSB moyenne nécessaire à l'appui de la PME dans les années 1980 (**Figure 24, panneau de gauche**). Pour ces mêmes raisons, F_{PME} a également diminué, et au cours de la dernière décennie F_{PME} est inférieure d'environ 20% à la F_{PME} des années 1980 (**Figure 24, panneau de droite**). Les changements survenus dans la PME correspondant à une augmentation de la sélectivité des petits poissons dans la pêcherie ont d'importantes conséquences pour la future PME ; les scénarios d'évaluation du stock dans les Procédures de gestion qui peuvent atteindre un objectif du stock se situant dans le quadrant vert de la matrice de Kobe pourraient ne pas atteindre forcément un autre objectif, maximiser les captures.

5. Projections

Le Groupe a recommandé de développer l'avis de gestion final d'après la distribution des projections pour les 27 scénarios de Stock Synthesis de la grille d'incertitude. Le Groupe a convenu de réaliser ces projections en utilisant les spécifications suivantes :

- Intervalle de projection : le Groupe a convenu de réaliser les projections sur un intervalle de 15 ans, 2020-2034 car il s'agit de la dernière année du plan de rétablissement visé dans la Rec. 19-02.
- La capture de 2020 est établie à 59.919 t tel qu'estimé par le Groupe (cf. Section 2.1) et la capture de 2021 est établie au TAC de 2021 (61.500 t).
- Scénarios de captures : projections de captures constantes incluant 0 t, et à partir de 35.000 – 90.000 t, par intervalles de 2.500 t.
- Recrutement : basé sur la relation stock-recrutement estimée, sans fluctuations du recrutement.
- Sélectivité et contribution relative des flottilles aux captures : la moyenne de la sélectivité des trois dernières années du modèle (2017-2019) a été utilisée pour les projections. La capture trimestrielle par flottille de Stock Synthesis (**Tableau 20**) a été calculée en utilisant la moyenne des trois dernières années (2017-2019) issue de CATDIS (Section 2.1) et utilisée pour les projections.
- Les projections ont été réalisées en utilisant l'approche log-normale multivariée de Monte-Carlo (MVLN) décrite dans Walter et al. 2019 avec 10.000 itérations.

À des fins de cohérence avec le résumé exécutif de 2018 et la K2SM, les projections de la biomasse du stock reproducteur et de la mortalité par pêche par rapport aux points de référence SSB_{PME} et F_{PME} ont été calculées pour chacun des 27 scénarios de Stock Synthesis de la grille d'incertitude. La moyenne des 27 scénarios a ensuite été calculée pour chaque année de projection (**Figures 43 et 44**). À la suite des postulats réalisés sur les captures de 2020 et 2021 et des fluctuations positives du recrutement pour la période 2015-2019, ces projections déterministes indiquent qu'indépendamment de la capture projetée, la SSB/SSB_{PME} augmente et la F/F_{PME} recule dans la période 2020-2022. À partir de 2023, des captures de 70.000 t ou plus conduisent à des déclin du stock reproducteur, et des captures inférieures à 70.000 t conduisent à des augmentations du stock. Le TAC actuel de 61.500 t entraîne une augmentation lente mais continue du stock reproducteur.

Le Groupe n'a examiné que des projections préliminaires de Monte-Carlo au cours de la réunion. Le temps limité n'a pas permis de les évaluer de manière approfondie, et les divergences dans le comportement des estimations préliminaires de la matrice de stratégie de Kobe 2 (K2SM) ont incité le Groupe à convenir que les résultats préliminaires obtenus à la réunion devaient être étudiés pendant la période intersessions par le groupe de modélisation et par le Groupe avant qu'elles ne soient considérées comme finales. Une fois achevée, la K2SM sera présentée au Groupe lors de la réunion du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux de septembre pour examen. Le Président informera le groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux lorsque l'équipe analytique aura achevé les travaux intersessions.

Comme cela a été le cas des projections de 2018, pour certains scénarios, le stock modélisé n'a pas pu soutenir un certain niveau de captures constantes pour l'ensemble de la période de projection. Dans ce cas, Stock Synthesis renvoyait des valeurs peu plausibles pour F/F_{PME} ou SSB/SSB_{PME} qui étaient, dans certains cas, des taux de mortalité par pêche extrêmement élevés, associés à de très faibles niveaux de biomasse. Afin d'éviter ce comportement indésirable des projections, on a utilisé une limite supérieure de 9 pour F/F_{PME} et une limite inférieure de 0,1 ou 0,2 pour SSB/SSB_{PME} pour éviter un effondrement complet du stock durant les scénarios de projection, comme cela a été le cas lors de l'évaluation de 2018. Le pourcentage des projections des modèles atteignant ces limites de 0,1 ou 0,2 pour SSB/SSB_{PME} ou 9 pour F/F_{PME} avait été présenté à l'évaluation de 2018 et sera présenté par le groupe de modélisation à la réunion du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux de septembre.

Le Groupe a noté que, compte tenu des limites de captures adoptées dans la Rec. 19-02, qui est entrée en vigueur en 2020, l'allocation des captures entre les flottilles pourrait avoir changé et que, par conséquent, le postulat utilisé dans les projections pour calculer les proportions des flottilles d'après les captures de 2017-2019 pourrait ne pas être le choix le plus judicieux pour les projections. Toutefois, les informations de captures détaillées de 2020 permettant de produire des proportions de captures par flottille alternatives n'étaient pas disponibles à cette réunion, et le Groupe a donc convenu d'examiner plus avant cette question à la réunion du Groupe d'espèces, lorsque l'on disposera de captures par flottille de 2020 plus précises.

6. Recommandations

6.1. Gestion

Les résultats de l'évaluation, basés sur la médiane de l'ensemble de la grille d'incertitude, indiquent qu'en 2019 le stock de thon obèse de l'Atlantique était surexploité (médiane $SSB_{2019}/SSB_{PME} = 0,94$ et IC de 80% de 0,71 et 1,37) et ne faisait pas l'objet de surpêche (médiane $F_{2019}/F_{PME} = 1,00$ et IC de 80% de 0,63 et 1,35). La moyenne de la PME a été estimée à 86.833 t (IC de 80% de 72,210 et 106,440) d'après les scénarios déterministes de la grille d'incertitude.

Bien que les projections étudiées par le Groupe aient été considérées préliminaires, ces résultats indiquaient qu'une future capture constante de 61.500 t, qui est le TAC établi dans la Rec. 19-02, aura une haute probabilité de maintenir le stock dans le quadrant vert de Kobe d'ici 2034. Cela maintiendra le stock dans un état conforme à la Convention et aux objectifs du plan de rétablissement de la Rec. 19-02.

La Commission devrait être consciente que l'augmentation des captures de petits poissons a eu des conséquences négatives pour la productivité des pêcheries de thon obèse (par ex. réduction de la production à la PME et augmentation de la SSB nécessaire pour produire la PME) (**Figure 24**). En conséquence, si la Commission souhaite augmenter la production durable à long terme, le Comité continue de recommander d'établir des mesures efficaces en vue de réduire la mortalité par pêche des petits thons obèses.

La matrice de stratégie de Kobe 2 préliminaire inclut certaines sources d'incertitude quantifiables à travers l'utilisation d'une grille d'incertitude. Les principales sources d'incertitude incluses dans la K2SM étaient trois valeurs de mortalité naturelle (calculées en utilisant des estimations alternatives de l'âge maximum), trois valeurs de steepness et trois valeurs du SigmaR, ainsi qu'une approximation de l'incertitude au sein du modèle. Toutefois, par le biais des scénarios de sensibilité, le Groupe a identifié d'autres sources d'incertitudes importantes qui n'avaient pas été incluses dans l'élaboration de la K2SM (dont la pertinence de la plage des valeurs de mortalité naturelle utilisées dans la grille d'incertitude et le changement de méthodologie utilisée pour développer l'indice palangrier conjoint - cf. section 4.3).

Étant donné que le Groupe n'était pas en mesure de se mettre d'accord sur le meilleur moyen d'inclure ces sources d'incertitude supplémentaires dans l'évaluation, le Groupe a convenu que l'état actuel du stock est plus incertain que ce que le Groupe a pu quantifier et recommande d'interpréter la K2SM avec prudence. En attendant que le SCRS soit en mesure de traiter dûment ces sources d'incertitude non quantifiées, la Commission devrait envisager d'adopter un TAC de précaution permettant de faire évoluer l'état du stock de thon obèse vers la zone verte du diagramme de Kobe avec une haute probabilité.

6.2. Recherche et statistiques

Le Groupe a tenu une longue discussion sur tous les besoins en matière de recherche à l'appui des évaluations du stock, de la préparation pour l'évaluation du stock de listao de 2022, des avancées dans les initiatives de MSE pour les thons tropicaux et des réponses aux demandes de la Commission. Chacune de ces questions est traitée dans les sous-sections individuelles ci-après.

Évaluation des stocks

Compte tenu de la sensibilité des résultats de l'évaluation des stocks de BET et de YFT aux hypothèses de mortalité naturelle, le Groupe a recommandé que pour tous les thonidés tropicaux :

- des travaux supplémentaires soient menés avec les données de marquage de l'AOTTP afin de réduire l'incertitude des estimations de survie/mortalité naturelle,
- soit explorée l'utilisation des données de marquage électronique provenant de déploiements passés ou futurs de marques pour l'estimation de la mortalité naturelle,
- des travaux supplémentaires soient menés sur la détermination de l'âge afin d'améliorer la précision des estimations de l'âge maximum,
- le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation des stocks (WGSAM) examine la méthode de régression utilisée pour estimer l'échelle de M à des âges plus élevés (Then et al. 2015).
- les directives qui seront bientôt fournies à la suite de l'atelier CAPAM sur la mortalité (<https://capamresearch.org/Natural-Mortality-Workshop>) soit examinées, dont les informations devraient être prises en compte pour les futures évaluations des stocks de thonidés tropicaux

Le Groupe a également noté la nécessité d'améliorer encore les indices d'abondance relative et a recommandé, en particulier, d'améliorer davantage l'indice conjoint de CPUE LL, l'indice de CPUE PS et l'indice de bouée acoustique PS. Dans le cas de l'indice CPUE LL, le Groupe a recommandé que l'indice soit développé en utilisant des données opération par opération, qu'il inclue plus de flottilles et qu'il évite d'agréger les informations autant que possible. Le Groupe a également recommandé que le WGSAM utilise le simulateur LL (LLSIM) pour analyser les effets de la méthodologie utilisée lors de la standardisation de l'indice conjoint de CPUE LL.

Notant que la pandémie de COVID-19 ou d'autres situations peuvent empêcher les scientifiques nationaux de se réunir physiquement dans des ateliers, et reconnaissant les problèmes liés au partage à distance de données de haute résolution, le Groupe a recommandé que la Commission propose un cadre amélioré pour garantir que les futurs indices conjoints de CPUE soient construits avec les données les plus détaillées possibles, même en cas de collaboration à distance.

Notant que les indices de CPUE ont une forte influence sur les résultats des évaluations, le Groupe a recommandé que la méthodologie d'estimation des indices soit harmonisée entre les évaluations de stocks et les espèces de thonidés tropicaux.

Le Groupe a recommandé d'augmenter la gamme de tailles et le nombre d'échantillons de pièces dures pour la détermination de l'âge de l'albacore afin d'améliorer les estimations de croissance de cette espèce.

Le Groupe a finalement suggéré qu'un petit groupe dirigé par le coordinateur des thonidés tropicaux travaille avec le Secrétariat pour estimer les coûts potentiels de récupération des marques AOTTP pour les années 2022 et 2023, afin de les inclure dans la demande de financement de la recherche de l'année prochaine.

Constatant que les experts n'avaient pas été nommés avant le début de la réunion d'évaluation du stock de thon obèse de 2021, le Groupe a recommandé que l'examen externe initialement recommandé pour l'évaluation du stock de thon obèse de 2021 soit retiré.

Préparation de l'évaluation du listao en 2022

Le Groupe a noté qu'une évaluation des stocks occidental et oriental de listao de l'Atlantique est prévue pour 2022 et que le Groupe a l'intention d'essayer d'utiliser des modèles Stock Synthesis pour la première fois pour ces deux stocks. Le passage des plateformes d'évaluation des modèles de production à Stock Synthesis exige un travail supplémentaire et, par conséquent, le Groupe a recommandé que le processus d'évaluation des stocks comprenne à la fois une réunion de préparation des données et une réunion d'évaluation des stocks. Le Groupe a également recommandé que ces réunions soient organisées plus tôt que d'habitude dans l'année et que 2020 soit utilisée comme année terminale.

Le Groupe a recommandé qu'un expert externe soit engagé pour examiner le processus d'évaluation du stock de listao en 2022 et que cet expert participe aux réunions de préparation des données et d'évaluation des stocks.

Notant l'importance des indices d'abondance relative dans l'évaluation des stocks, le Groupe a recommandé que divers indices d'abondance relative soient préparés pour la réunion de préparation des données sur le listao de 2022 :

- un indice de la CPUE des senneurs, qui devrait fournir des informations supplémentaires sur les composantes de l'effort de pêche avec FOB (y compris le nombre de déploiements de DCP, de bouées FOB opérationnelles, d'opérations de pêche avec FOB) et la relation entre ces composantes
- un indice de bouée acoustique des senneurs
- des indices de la CPUE des canneurs (BB) pour les pêcheries occidentales et orientales de canneurs (BB). Le Groupe a noté que certains des indices de CPUE BB ont été préparés dans le passé par le Secrétariat et a encouragé les scientifiques nationaux à fournir des indices de CPUE BB pour l'évaluation des stocks de listao de 2022
- un indice larvaire pour le Golfe du Mexique

Tout en notant que la contribution relative des pêcheries LL aux prises de SKJ est généralement faible, le Groupe encourage les scientifiques nationaux des CPC ayant des prises significatives de SKJ à estimer les indices d'abondance relative à partir des données de CPUE.

Le Groupe a également recommandé que des méthodes alternatives de standardisation de la CPUE soient explorées, en particulier pour les indices de CPUE PS et BB.

Les facteurs de conversion longueur-poids sont un élément important du développement des données de base des captures pour l'évaluation des stocks. Le Groupe a donc recommandé que les facteurs de conversion longueur-poids soient revus et mis à jour par les scientifiques nationaux en collaboration avec le Secrétariat avant la réunion de préparation des données sur le listao.

Le Groupe a noté l'importance de disposer d'orientations sur la structure des flottilles et a recommandé qu'un tableau des débarquements de listao par flottille soit préparé par le Secrétariat. Le Groupe a également recommandé que les décisions relatives à la structure de la flottille pour le modèle Stock Synthesis à utiliser dans l'évaluation des stocks soient cohérentes avec la structure de la flottille utilisée précédemment pour l'albacore et le thon obèse.

Le Groupe a noté que diverses tâches devraient être menées avec les données du programme de marquage de l'AOTTP, notamment :

- l'étude des différences de taux de croissance entre les stocks de listao et les zones et la mise à jour de toute autre estimation de croissance réalisée à partir des données de récupération des marques de l'AOTTP
- l'évaluation des taux de déplacement entre les régions à l'aide des données de récupération des marques de l'AOTTP
- la mise à jour de la matrice de capture/récupération des marques

- l'évaluation de l'utilité de l'analyse des épines de listao collectées dans le cadre du programme de l'AOTTP pour fournir des informations supplémentaires sur la détermination de l'âge du listao. Le Groupe a recommandé que cette dernière tâche soit effectuée avant la fin de 2021 afin que les données puissent être prêtes avant la réunion de préparation des données sur le listao de 2022.

MSE des thonidés tropicaux

Le Groupe a noté qu'une liste de tâches pour les MSE pour les espèces mixtes et pour le listao occidental avait été proposée en mars 2021 lors de la réunion du Groupe technique sur la MSE pour les thonidés tropicaux. Le Groupe a été informé par le rapporteur du listao occidental que l'équipe ne sera pas en mesure d'atteindre l'objectif de reconditionnement du modèle opérationnel pour la MSE pour le listao occidental d'ici la fin de 2021. Le Groupe a donc recommandé que cette tâche, initialement prévue pour 2021, soit reportée à 2022. Le **tableau 22** fournit les détails actualisés des tâches prévues pour les MSE pour les thonidés en 2021 et 2022 et le plan global des activités de ce programme jusqu'en 2025. Cette liste de tâches a été utilisée pour élaborer la feuille de route actualisée à fournir à la Commission pour approbation, qui figure à la section 7.1.8 du présent rapport.

Gestion des objets flottants (FOB) et fermetures de la pêche

Le Groupe a pris note des discussions en cours au niveau de la Commission et de la Sous-commission 1 sur la gestion des pêcheries avec FOB. Le Groupe recommande ce qui suit :

- (i) explorer la relation entre les mesures de gestion des FOB, y compris les limitations des opérations de pêche avec FOB, le nombre de bouées opérationnelles FOB et le nombre de déploiements de bouées FOB/DCP
- (ii) évaluer l'efficacité (par exemple, la réduction des captures de juvéniles BET et YFT) et la pertinence de la fermeture actuelle de 3 mois des FOB (c'est-à-dire la durée de la fermeture, le choix de la période de fermeture, etc.)

Notant que le Groupe a rencontré des problèmes lorsqu'il a tenté de répondre aux demandes de la Commission, souvent en raison d'une terminologie imprécise concernant les pêcheries opérant avec des FOB, et notant que le Groupe de travail sur les DCP s'est réuni pour la dernière fois en 2017, le Groupe a recommandé que le Groupe de travail sur les DCP soit revitalisé en 2022.

Le Groupe a recommandé que la relation entre les limites de capture et les fermetures complètes des pêcheries soit étudiée plus avant.

Enfin, le Groupe a constaté que certains des formulaires ST-07 soumis (tâche 3 - Activité des navires de support tropicaux autorisés à opérer dans la zone de la Convention de l'ICCAT) sont incomplets. Plus précisément, les informations sur l'"Association des navires de pêche" ne sont pas incluses (colonnes H, I, J du formulaire ST-07). Le Groupe recommande aux CPC de remplir entièrement tous les champs obligatoires du formulaire ST-07. Le fait de ne pas le faire diminue considérablement la capacité du SCRS à réaliser les analyses demandées par la Commission.

6.2.1. Recommandations ayant des implications financières

Le **tableau 21** résume les recommandations du Groupe sur la recherche et les statistiques et met en évidence les recommandations considérées comme hautement prioritaires et/ou ayant des implications financières.

7. Autres questions

7.1. Réponses à la Commission

Le Groupe a noté que de nombreuses réponses aux demandes de la Commission n'ont pas été fournies l'année dernière en raison des défis posés par la COVID-19. Afin d'actualiser les réponses, il a été convenu de suivre un processus en trois étapes : 1) évaluer si des informations suffisantes ont été fournies l'année dernière ; 2) analyser toute nouvelle information fournie au SCRS sur les différents points et c) identifier les tâches à réaliser d'ici la réunion du SCRS en septembre.

7.1.1 Rejets dans les pêcheries de senneurs, Rec. 17-01, paragr. 4

Le Comité n'est pas en mesure de fournir une réponse complète cette année. Il faut souligner qu'une étude précédente (Sarralde et al., 2007) menée avec des observateurs à bord de senneurs espagnols au milieu des années 2000 a estimé que ces rejets étaient faibles (0,2 t par banc libre et 1,1 t par opération avec FOB). Les nouvelles lignes directrices et les meilleures pratiques adoptées par les flottilles et l'interdiction des rejets [Rec. 17-01] entrée en vigueur en 2018 suggèrent que les rejets actuels sont probablement inférieurs aux niveaux indiqués dans l'étude de Sarralde et al., 2007.

7.1.2 Rejets dans les pêcheries de senneurs, Rec. 17-01, paragr. 5

Il a été rappelé au Groupe que l'ICCAT a l'obligation de demander aux CPC de fournir des informations sur les rejets pour toutes les flottilles et espèces. Le tableau de la tâche 1 montre que les premiers rapports sur les rejets de thon obèse datent de 2011, mais que les soumissions sporadiques de rejets de thon obèse commencent en 2015 et se limitent à quelques CPC. Le Groupe a besoin de données fiables pour répondre à cette demande, mais les rapports sur les rejets sont trop incohérents pour être actuellement utiles à l'élaboration d'une réponse. Les rejets de la flottille de senneurs sont probablement faibles car 1) la plupart des prises accessoires (en particulier d'espèces de thonidés mineurs et d'autres poissons osseux) font partie de ce que l'on appelle les faux poissons, et 2) à cause des interdictions de rejets stipulées dans la Rec. 17-01.

Le Secrétariat a précisé que les informations sur les poissons rejetés doivent être fournies dans le cadre de l'estimation de la capture nominale de la tâche 1 (ST02) et que le formulaire des observateurs (ST09) doit contenir des informations sur les prises accessoires. Le formulaire ST02 permet actuellement de déclarer les débarquements, les rejets et les rejets vivants, mais ce n'est pas le cas pour le formulaire ST09. De plus, les informations sur le ST09 sont fournies en chiffres et ne représentent qu'une fraction du total, ce qui donne une image incomplète des rejets.

Il a été indiqué qu'il serait utile pour le SCRS et la Commission d'examiner les rapports sur les rejets des flottilles de senneurs qui ont été déclarés dans le ST02 et depuis 2019 dans le ST09. Les informations pour 2020 ne seront disponibles qu'après la date limite du 31 juillet. Le Secrétariat a informé que le document SCI-08 fournit régulièrement ce type d'informations, tant pour le SCRS que pour la Commission.

Il a été noté que la Rec.17-01 ne s'adresse pas exclusivement aux flottilles de senneurs (paragraphe 5) mais également aux autres engins principaux ciblant les thonidés tropicaux. Le **tableau 23** présente les CPC et les engins les plus importants contribuant à la capture de thon obèse et déclarant des rejets dans le ST02 ou le ST09.

7.1.3 TAC pour 2022 et les années suivantes, Rec. 19-02, paragr. 3

Les projections utilisées pour produire le K2SM seront fournies en septembre. Il convient de se reporter à la section Perspectives du résumé exécutif pour cette réponse.

7.1.4 Interdiction de la pêche sous DCP, Rec. 19-02, paragr. 28

Le Groupe a discuté des informations disponibles pour évaluer la fermeture temporelle actuelle des pêcheries opérant sous DCP. Le Groupe a noté qu'une analyse des captures mensuelles historiques serait d'une utilité limitée car elle ne refléterait pas le comportement des flottilles dans le cadre de la fermeture actuelle des DCP. En outre, il a également été noté que la demande de la Commission fait référence aux captures en 2020 et 2021 mais que ces données de captures ne sont pas encore disponibles.

Le Groupe a rappelé une étude présentée au symposium de l'AOTTP (Perez et al. « Moratoires passés et actuels sur la pêche sous DCPd dans l'Atlantique Est : que peuvent nous apprendre les données de l'AOTTP sur l'efficacité du moratoire actuel sur les DCPd pour la conservation des thonidés juvéniles et sur les autres zones/périodes de protection »). Cette étude a évalué l'efficacité de deux moratoires (Rec. 15-01 et Rec. 98-01) en utilisant les données de marquage de l'AOTTP. Si l'étude a conclu que les deux moratoires étaient efficaces pour limiter les recaptures de listao et d'albacore juvéniles pendant la période novembre-février, aucune conclusion n'a pu être tirée pour le thon obèse en raison de l'absence de limitation du nombre de thons obèses remis à l'eau à l'intérieur et à l'extérieur de la fermeture spatio-temporelle des DCP.

Le Groupe a convenu de préparer un tableau présentant l'évolution récente des captures mensuelles de thonidés tropicaux réalisées par les senneurs par mode de pêche et par espèce, en utilisant les informations de la tâche 2 de 2010 à 2019, en indiquant les différentes fermetures spatio-temporelles des DCP qui ont été mises en place. Les tableaux comprendront les pourcentages pour les différents mois par espèce et pour les différentes espèces par mois. Cette tâche sera achevée d'ici la réunion du Groupe d'espèces de septembre 2021.

Une discussion a eu lieu sur l'impact des moratoires sur l'efficacité et le fonctionnement de la flottille de senneurs, en particulier sur la signification de l'efficacité dans ce contexte. Il a été suggéré de rédiger une recommandation de recherche sur cette question, étant donné que la Commission n'a pas formulé de demande claire à ce sujet. Il a été suggéré d'effectuer une analyse en termes de production par recrue ; et aussi, d'analyser les informations en termes d'identification des mois qui minimisent les juvéniles d'albacore et de thon obèse tout en maintenant les captures de listao. Et tout cela dans le contexte des changements de B_{PME} et de PME dus aux changements de sélectivité. En plus du tableau, le Groupe a convenu d'obtenir, à partir des résultats les plus récents de Stock Synthesis, l'évolution de la mortalité par pêche sur un an du thon obèse et de l'albacore pour les flottilles de surface utilisant des DCP (senneurs et canneurs). Ce document sera préparé d'ici la réunion de septembre et pourrait être utilisé pour aider à cette réponse.

7.1.5 Nombre maximum d'opérations sous DCP qui devrait être établi par navire ou par CPC, Rec. 19-02, paragr. 31

Un récent document du SCRS préparé pour la Sous-commission 1 (SCRS/2021/135) comprend des tableaux qui pourraient être utiles pour répondre à cette demande. Le document contient des informations sur les captures, l'effort en temps de pêche, le nombre de déploiements de DCP, la perte de DCP, les types de DCP et d'autres variables pour les flottilles de senneurs. Après examen par le Groupe, certains des chiffres figurant dans le document ont été mis à jour afin de corriger certaines erreurs dans les informations relatives à la localisation. Les figures du document qui indiquent les emplacements des DCP perdus désignent la dernière position qu'un DCP donné a transmise. Ces positions peuvent représenter des DCP qui sont trop éloignés pour être récupérés et donc perdus pour la flottille lorsque la balise cesse d'émettre. Ils peuvent également représenter des positions où un autre navire récupère le DCP et le réutilise, et où la balise est déconnectée au cours du processus.

Le Groupe a noté que les données demandées aux flottilles déployant des DCP dans la Rec. 19-02 pourraient ne pas inclure nécessairement la soumission obligatoire des données précises qui seraient nécessaires pour évaluer les recommandations concernant un nombre approprié d'opérations sous DCP. Par exemple, bien que le nombre d'opérations sous DCP soit l'une des multiples mesures de l'effort parmi lesquelles les CPC ont la possibilité de choisir lorsqu'elles déclarent la capture et l'effort, la plupart des CPC ont choisi d'autres mesures de l'effort dans leurs rapports.

Pour que le SCRS puisse fournir des orientations sur le nombre de DCP par flottille, il serait nécessaire de disposer des informations sur le nombre passé et actuel d'opérations sous DCP. En outre, l'effort de pêche sous DCP est une interaction complexe de facteurs tels que le nombre de DCP déployés, les DCP surveillés par navire, la technologie de la bouée, l'utilisation de navires d'approvisionnement, entre autres.

Il a été convenu qu'il n'y a pas suffisamment d'informations pour fournir un avis sur le nombre d'opérations sous DCP par navire, comme l'a demandé la Commission. En outre, il a été précisé que toute évaluation potentielle que le SCRS pourrait réaliser porterait sur le nombre de DCP par flottille et non sur le nombre de DCP par CPC ou par navire. Le Groupe a conclu que des orientations supplémentaires de la Commission étaient nécessaires pour fournir une réponse plus précise.

7.1. 6 Impact des navires de soutien sur les captures d'albacore et de thon obèse juvéniles, Rec. 19-02, paragr. 33

Le Secrétariat a reçu très peu d'informations pour aider à répondre à cette demande et celles-ci étaient souvent incohérentes. Le **tableau 24** présente le nombre de CPC/pavillons qui ont fourni le formulaire ST07 sur les navires de ravitaillement, par année, et le **tableau 25** présente les CPC/pavillons qui ont indiqué dans le formulaire ST07 s'ils avaient ou non une activité des navires de ravitaillement pour les pêcheries de thonidés tropicaux. Comme le montrent ces tableaux, la disponibilité des données est limitée. Pour la plupart des formulaires ST07 soumis, aucune information n'est disponible pour établir le lien entre les captures des senneurs et le(s) navire(s) ravitailleur(s). Le Groupe a été informé des analyses qui sont actuellement menées par des scientifiques de l'UE dans le cadre de la standardisation de la CPUE des DCP des senneurs et qui intègrent un effet de navire d'approvisionnement dans le processus de standardisation. Ces travaux devraient être terminés d'ici à l'évaluation du listao en 2022 et fourniront des informations supplémentaires à la demande de la Commission. Le Groupe n'est pas en mesure de fournir une réponse définitive à cette demande de la Commission.

7.1.7 Recommandation du SCRS sur la présence d'un observateur humain à bord conformément à l'annexe 7 et/ou d'un système de surveillance électronique, Rec. 19-02, paragr. 55

Lors de la dernière réunion intersessions sur les istiophoridés (mars 2021), un sous-Groupe a été créé pour commencer à traiter cette demande pour les pêcheries palangrières ou autres pêcheries. Plusieurs tâches ont été définies telles que : 1) la collecte et l'analyse de la revue de la littérature (p. ex., rapports et documents) concernant les résultats de la comparaison entre les observateurs humains et l'EMS, 2) la description des connaissances actuelles et des éléments de données qui peuvent être recueillis par EMS, 3) les éventuelles lacunes dans les connaissances et les besoins d'essais expérimentaux supplémentaires, 4) l'examen du projet relatif aux lignes directrices sur l'EM produit par l'IMM.

Ce sous-groupe sur les istiophoridés prépare un projet et fera un rapport au Groupe d'espèces sur les istiophoridés lors de la réunion de septembre. Le Groupe a proposé d'intégrer cette question dans les discussions du Sous-comité des statistiques en septembre, dans la section "autres questions", dans le but d'élargir le champ d'action du sous-groupe sur l'EMS à d'autres groupes d'espèces (par exemple, les espèces tropicales, l'espadon, les requins). Ces travaux se poursuivront après la séance plénière du SCRS de 2021 et pendant l'année 2022, et le SCRS fournira une réponse à cette demande à la Commission en 2022.

7.1.8 Améliorer le processus de MSE conformément à la feuille de route du SCRS et continuer à tester des procédures de gestion potentielles, Rec. 19-02, paragr. 62

Une feuille de route actualisée dans le même format que celle produite par la Commission sera préparée pour la prochaine réunion du Groupe d'espèces en septembre par le Président du Groupe en utilisant les informations contenues dans le **tableau 22**.

7.1.9 Efficacité des fermetures totales de la pêche telles que proposées dans le PA1_505A/2019, Rec. 19-02, paragr. 66a

Le Groupe attendait une mise à jour de Herrera et al. 2020 par les scientifiques qui ont présenté le document au SCRS mais la mise à jour n'a pas été reçue, le Président du Groupe contactera donc les auteurs pour voir s'ils fourniront une mise à jour d'ici la réunion du Groupe d'espèces de septembre.

7.1.10 Estimation de la capacité dans la zone de la Convention, pour inclure au moins toutes les unités de pêche à grande échelle ou opérant en dehors de la ZEE de la CPC où elles sont enregistrées, Rec. 19-02, paragr. 66b

Le Groupe a convenu de préparer des tableaux sur l'évolution du nombre de grands senneurs et palangriers à partir des informations fournies dans les formulaires ST01. Il n'est pas clair si certaines CPC fournissent cette information en termes de navires enregistrés/autorisés ou actifs. Par conséquent, au moins pour la composante senneurs, le Groupe a convenu d'actualiser le tableau avec l'évolution récente estimée du nombre de grands par CPC opérant dans l'océan Atlantique, comme cela a été fait dans Restrepo et al, 2020.

7.1.11 Élaborer des termes de référence pour effectuer une évaluation des mécanismes de suivi, de contrôle et de surveillance en place dans les CPC de l'ICCAT, Rec. 19-02, paragr. 66c

Le Secrétariat élaborera les termes de référence d'ici septembre, en collaboration avec les scientifiques du SCRS.

8. Adoption du rapport et clôture

Bien que certaines parties du rapport aient été adoptées au cours de la réunion, la plupart des sections n'ont pu être adoptées. Les participants ont été invités à faire part au Président de leurs suggestions de modifications du rapport avant la clôture des travaux le 31 juillet 2021. La première version complète du rapport a été mise à la disposition des participants le 2 août 2021 et a été adoptée par correspondance le 27 août 2021.

Le Président a expliqué le plan de travail proposé en vue de la réunion d'une journée du Groupe pendant la réunion du groupe d'espèces de la fin septembre 2021. Le Président et les rapporteurs pour les thonidés tropicaux prépareront les projets du résumé exécutif sur le thon obèse, des réponses à la Commission, du plan de travail pour 2021 et des recommandations de recherche. Ces projets seront mis à la disposition des participants à la réunion actuelle sur Owncloud et seront distribués aux Chefs scientifiques de chaque CPC pour examen et commentaires avant le 31 août 2021. Les commentaires devront être transmis au Président avant le 10 septembre 2021 afin que ce dernier puisse mettre à jour les documents et les mettre à la disposition du SCRS sur l'Owncloud de la réunion du groupe d'espèces en tant que second projet avant le 15 septembre 2021.

Les Présidents et le Secrétariat ont remercié tous les participants pour leurs efforts afin de travailler de manière efficace et efficiente tout au long de la réunion. La réunion a été ajournée

Bibliographie

- Anon 2019. Report of the 2018 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 1721-1855.
- Anon 2021. Report of the 2021 Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 46-143.
- Carvalho, F., Winker, H., Courtney, D., Kapur, M., Kell, L., Cardinale, M., Schirripa, M., Kitakado, T., Yemane, D., Piner, K.R. and Maunder, M.N., 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments. Fisheries Research, 240, p.105959.
- Francis, R.C., 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 68(6), pp.1124-1138.
- Gelman, A., Rubin, D.B., 1992. Inference from Iterative Simulation Using Multiple Sequences. Stat. Sci. 7, 457–472. <https://doi.org/10.2307/2246093>.
- Geweke, J., 1992. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments., in: Berger, J.O., Bernardo, J.M., Dawid, A.P., Smith, A.F.M. (Eds.), Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting. Clarendon Press, Oxford, pp. 169–193.
- Hallier, J-P, B. Stequert, O. Maury, F-X. Bard. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.
- Heidelberger, P., Welch, P.D., 1992. Simulation run length control in the presence of an initial transient. Oper. Res. 31, 1109–1144. <https://doi.org/10.1287/opre.31.6.1109>.
- Herrera M., Sharma R., Calay S., Coelho R., Die D., Melvin G., Ortiz M., Restrepo V. and Neves dos Santos M. 2020. Progress report of the group evaluating the Decision Support Tool presented in Sharma & Herrera (2019) and proposal for further review and discussion by the SCRS. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 18-25.
- 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., Ono, K., Vert-Pre, K.A., Whitten, A.R., Punt, A.E., 2014. Looking in the rear-view mirror: Bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models, in: ICES Journal of Marine Science. pp. 99–110. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu198>.
- Hyndman and Koehler, 2006. Another look at measures of forecast accuracy. International Journal of Forecasting 22(4), 679-688.
- Kell, L. T., Kimoto, A. and Kitakado., T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research, 183:119–127.
- Kitakado T., K. Satoh, Sl Lee, NJ Su, T Matsumoto, H Yokoi, K Okamoto, Kyung Lee M, Lim JH, Kwon Y, Wang SP, Tsai WP, Chang ST, and Chang FC. 2021. Update of trilateral collaborative study among Japan, Korea and Chinese Taipei for producing joint abundance indices for the Atlantic bigeye tunas using longline fisheries data up to 2019. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 169-196.
- Lorenzen, K., 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. Journal of fish biology, 49(4), pp.627-642.
- Method, R.D. and Taylor, R.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 68:1744-1760.
- Method, R.D. and Wetzel C.R. 2013 Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management, Fisheries Research 142: 86-99.

- Plummer, M., 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling, 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003); Vienna, Austria.
- Plummer, M., Nicky Best, Cowles, K., Vines, K., 2006. CODA: Convergence Diagnosis and Output Analysis for MCMC. R News 6, 7–11.
- Restrepo V. , Murua H. , and Justel-Rubio A. 2020. Estimating the capacity of large-scale purse seiners fishing for tropical tunas in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 26-31.
- Sarralde *et al.*, 2007. Estimación de los descartes y de las capturas de especies accesorias en la pesquería española de cerco de túnidos tropicales en el Océano Atlántico, entre 2001 y 2006. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(6): 2130-2139.
- Schirripa, M. 2016. An assessment of atlantic bigeye tuna for 2015. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(2): 428-471 (2016).
- Su and Yajima, 2012. R2jags-a package for running jags from R. <https://cran.r-project.org/web/packages/R2jags/index.html>.
- Walter J., Hiroki Y., Satoh K., Matsumoto T., Winker H., Urtizberea Ijurco A., and Schirripa M. 2019. Atlantic bigeye tuna stock synthesis projections and Kobe 2 matrices. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2283-2300.
- Winker, H., Carvalho, F., Kapur, M., 2018a. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment. Fish. Res. 204, 275–288. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.01>.
- Winker, H., Kerwath, S., Merino, G. Ortiz, M. 2018b. Bayesian state-space surplus production model JABBA assessment of Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*) stock. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2129-2168.
- Winker, H., Mourato, B., Chang, Y. 2019. Unifying parametrizations between age-structured and surplus production models: an application to Atlantic white marlin (*Kajika albida*) with simulation testing. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76(4): 219-234.

INFORME DE LA REUNIÓN ICCAT DE 2021 DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE PATUDO

(En línea , 19-29 de julio de 2021)

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

La reunión se celebró en línea debido a la actual situación de COVID-19 pandemia. El Dr. David Die (Estados Unidos), coordinador del Grupo de especies de túnidos tropicales ("el Grupo") y relator de patudo dio la bienvenida a los participantes. El Dr. Miguel Neves dos Santos (Secretario ejecutivo adjunto de ICCAT) también dio la bienvenida a los participantes y agradeció los esfuerzos realizados por todos los participantes para asistir a esta reunión de forma remota.

La Secretaría proporcionó información sobre la forma de utilizar la plataforma en línea para la reunión (aplicación Zoom). Los presidentes revisaron el orden del día, que fue adoptado (**Apéndice 1**).

La lista de participantes se incluye en el **Apéndice 2**. La lista de documentos y presentaciones de la reunión se adjunta como **Apéndice 3**. Los resúmenes de todos los documentos y presentaciones SCRS presentados a la reunión se adjuntan en el **Apéndice 4**. Los siguientes participantes actuaron como relatores:

<i>Sección</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1, 8	M. Ortiz, D. Die
Punto 2	A. Kimoto, M. Ortiz
Punto 3	M. Schirripa, B. Mourato, G. Merino
Punto 4	A. Norelli, S. Cass-Calay, B. Mourato, G. Merino, D. Gaertner, N. Taylor, D. Die
Punto 5	H. Murua, K. Kitakado
Punto 6	G. Diaz, A. Maufroy
Punto 7	J. Santiago, F. Sow

2. Resumen de los datos disponibles para la evaluación y actualizaciones realizadas desde la reunión de preparación de datos

La Secretaría ofreció una visión general de los datos pesqueros disponibles para la reunión de evaluación, incluidas las actualizaciones recopiladas desde la reunión de preparación de datos.

2.1 Estadísticas pesqueras, talla, y estimaciones de CAS

Siguiendo las recomendaciones y el plan de trabajo intersesiones acordado por el Grupo durante la reunión de preparación de datos, la Secretaría proporcionó las siguientes estadísticas de pesca:

- Actualización de las capturas nominales (NC) de patudo de la Tarea 1, incluyendo los datos proporcionados antes del 30 de abril de 2021;
- Actualización de la Tarea 2 de capturas y esfuerzo (CE) para los túnidos tropicales, incluyendo las capturas y el esfuerzo del ETRO_PS1991-2020, separando las capturas por modalidad de pesca (lances PS sobre bancos libres y DCP/FOB). Esta actualización incluye una revisión completa (1991-2019) proporcionada por los científicos nacionales UE-Francia;
- Actualización de las estadísticas de pesca de Ghana para los túnidos tropicales (SKJ, BET, YFT) 2018-2020 (SCRS/2021/133);
- Actualización de los datos de talla de la Tarea 2 incluyendo la información de las pesquerías PS y BB de Ghana, las revisiones de UE-Francia y las revisiones de los datos de talla del palangre de Taipei Chino (SCRS/2021/113);
- Estimaciones de las capturas por talla (CAS) de Tarea 2 basadas en la actualización de SZ de la Tarea 2 y en la información sobre CAS proporcionada por las CPC;
- Estimaciones de la distribución de las capturas (CatDis) de patudo 1950-2019 por trimestres y cuadrículas de 5x5 lat-lon;
- Información actualizada sobre el mercado convencional del patudo hasta el 16 de julio de 2021.

La Secretaría, en colaboración con los equipos de modelación, también proporcionó las entradas de datos básicos para los modelos de evaluación preliminar, incluidos los siguientes datos:

- a) Estimaciones de las distribuciones de frecuencia de tallas para el patudo según la estructura de la flota acordada durante la reunión de preparación de datos (evaluación de stock de rabil de 2019, SCRS/2021/113) para su introducción en los modelos de stock synthesis. Los equipos de modelación revisaron y ajustaron los datos de frecuencias de tallas durante el trabajo intersecciones tras una cuidadosa evaluación de las tendencias de tallas, los cambios de selectividad y los ensayos preliminares del modelo de evaluación;
- b) Estimaciones de las capturas de cada componente de la flota en el modelo stock synthesis, incluida la distribución estacional de algunas de las flotas;
- c) Estimaciones de las extracciones totales para los modelos de producción excedente;
- d) Estimaciones de las extracciones de capturas para 2020, según las recomendaciones del Grupo en la reunión de preparación de datos.

Tarea 1 Capturas nominales de patudo

Desde la reunión de preparación de datos, y antes del comienzo de esta reunión de evaluación, dos CPC proporcionaron las capturas nominales de patudo de Tarea 1 UE-España y Ghana. La **Tabla 1** muestra las extracciones de capturas de patudo para el período 1950-2019 utilizadas como datos de entrada para los modelos de evaluación. En la reunión de preparación de datos, se acordó que 2019 sería el año final de la evaluación, ya que los datos de 2020 eran incompletos y preliminares. Durante la reunión de preparación de datos, el Grupo recomendó un protocolo para estimar las capturas de los años 2020 y 2021 que se utilizará a efectos de proyección (véase el Informe de la reunión de preparación de datos sobre el patudo, Anón. 2021). El Grupo revisó estas estimaciones para 2020 y observó lo siguiente:

- Los datos presentados por UE-España para 2020 tras la reunión de preparación de datos representaban únicamente las capturas de las flotas pesqueras canarias. Los científicos de la UE proporcionaron durante la presente reunión las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas en la cantidad de 6.050 t para 2020.
- Durante la reunión, Curazao proporcionó las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas, que ascendían a 1.519 t para 2020.
- Durante la reunión, Guatemala proporcionó las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas que ascendían a 906 t para 2020.
- Durante la reunión, Estados Unidos proporcionó las estimaciones de capturas de patudo para todas las flotas que que ascendían a 816 t para 2020.
- Algunas de las capturas reflejadas en los límites de captura de patudo adoptados en 2020 por la Comisión (incluidos los límites sugeridos (Rec. 19-02) representan asignaciones, pero no capturas realizadas. Es el caso de Nicaragua, la Federación rusa y Filipinas. La Secretaría confirmó que estas CPC no han notificado capturas de túnidos tropicales en los últimos años. Por lo tanto, el Grupo acordó no utilizar sus valores límite de capturas para la estimación de 2020 y sus capturas se fijaron en 0 para 2020.
- Además, para otras CPC con límites de captura de patudo (Rec. 19-02), el Grupo acordó utilizar las capturas declaradas en 2020 (Brasil, Canadá, Curazao, Taipei Chino, El Salvador, UE, Ghana, Guinea Ecuatorial, Guatemala, Japón, Rep. de Corea, Marruecos, México, Senegal, Trinidad y Tobago y Estados Unidos).
- Para las CPC que tienen límites de captura de patudo y que no habían notificado las capturas para 2020, se acordó utilizar el menor de los valores entre la media de capturas de 2017-2019 y el límite de captura de patudo adoptado por la Comisión.
- Por último, para aquellas CPC sin límites de capturas, se acordó aplicar un traspaso estimado como la media de las capturas de 2017-2019.

La Secretaría expresó las dificultades asociadas con el procesamiento de las capturas que se comunicaron durante la reunión, cerca de la fecha límite habitual para la presentación de datos, el 31 de julio. Se destacó la importancia de respetar los plazos de presentación de datos acordados por el Grupo en el plan de trabajo.

El Grupo estimó las capturas de patudo para 2020 (**Tabla 2**). Las estimaciones de capturas de patudo en 2020 incluían las estimaciones de faux poissons (1.030 t) (pabellones mezclados UE tropical) basadas en la media 2017-2019, ya que no se facilitó ninguna otra información. El total de capturas de patudo estimadas para 2020 fue de 59.919 t. Este valor se basó en lo siguiente: en primer lugar, las capturas comunicadas para 2020 representaban el 80 % de las capturas estimadas por el Grupo para 2020 y, en segundo lugar, las capturas de las CPC que comunicaron capturas para 2020 eran inferiores a las de años anteriores. Por lo tanto, se espera que el 20 % restante de las capturas estimadas también siga la tendencia de las capturas declaradas. Se observó que la captura de 2020

estimada durante la reunión (59.919 t) es inferior a la estimación inicial proporcionada al principio de la reunión a partir del protocolo aprobado durante la reunión de preparación de datos (68.825 t), en parte debido a los valores actualizados de las capturas comunicadas por algunas CPC, y a las recomendaciones sobre las capturas no comunicadas realizadas por el Grupo durante la reunión. Además, se observó que la pesquería de patudo en 2020 fue especialmente diferente a la de años anteriores, posiblemente debido en parte a los efectos de la pandemia de COVID-19 y a los cambios en el régimen de veda de los túnidos tropicales entre 2019 y 2020 (aunque no se revisaron las capturas finales por mes). El Grupo decidió utilizar 61.500 t, el TAC asignado por la Comisión para 2021, como la mejor estimación disponible de la captura de patudo para 2021.

Tarea 2 Muestreo de tallas de patudo

El SCRS/2021/113 presentó una revisión y un análisis preliminar de las muestras de talla de patudo del Atlántico disponibles para los modelos de evaluación de stock. Las muestras de tallas se revisaron y estandarizaron en unidades de longitud recta a la horquilla, y se agregaron a las muestras de frecuencia de tallas por flota/arte principal, año y trimestre. Se adoptó un mínimo de 50 mediciones para una muestra de talla, mientras que los indicadores de asimetría, curtosis y coeficiente de varianza se utilizaron para evaluar los datos atípicos. El muestreo de tallas global es suficiente desde los años 70. Entre las principales flotas, definidas según su contribución relativa al total de capturas, el muestreo de tallas sólo es suficiente para la flota de palangre.

El Grupo preguntó por la proporción relativa de muestras para las flotas de cerco. Se señaló que el estimador de ratio debería utilizar las mismas unidades para la comparación, es decir, el peso o el número de peces tanto para las muestras de capturas como para las de tallas. Tras revisar la información presentada, la Secretaría proporcionó una tabla actualizada con la proporción relativa de muestras de talla utilizando el peso de los peces medidos. Los resultados también indicaban que, en comparación con el total de capturas de cerco, el muestreo de tallas en estas pesquerías sigue siendo relativamente bajo en comparación con otras. Se observó que el equipo de modelación de stock synthesis tomó algunas decisiones sobre el uso de las muestras de frecuencia de tallas proporcionadas, basándose en una revisión detallada de las tendencias de tallas y en los posibles cambios de selectividad (SCRS/P/2021/047). En resumen, la selectividad por tallas de las flotas de cebo vivo y de cerco de Ghana mostró una distribución de tallas similar y no hubo cambios aparentes en la selectividad a lo largo del tiempo, por lo que se mantuvo como una sola flota, como en la evaluación anterior. Tal y como recomendó el Grupo en la reunión de preparación de datos, se excluyeron los datos de talla de Ghana de 1996 a 2008. La revisión de los datos de talla estacionales para la pesquería de cerco en bancos libres de la fase tardía no muestra ninguna evidencia que respalde la separación de la selectividad de esta flota en períodos trimestrales. Durante la reunión de preparación de datos se indicó que en la anterior evaluación de patudo y en la última evaluación de rabil se excluyeron algunos de los datos de talla de Taipei Chino, ya que el muestreo de tallas proporcionado entonces no incluía muestras de tallas de observadores científicos. Los científicos de Taipei Chino han proporcionado recientemente datos actualizados de talla que incluían información de los observadores, y estos fueron revisados exhaustivamente por el grupo de modelación. El equipo de modelación de stock synthesis llegó a la conclusión de que los datos eran coherentes y suficientes, y decidió no excluir ningún dato de talla de Taipei Chino. Los datos de la composición por tallas de BB de Sudáfrica fueron excluidos por el equipo de modelación de stock synthesis de la flota BB sur de Dakar. Para la flota de caña y carrete de Estados Unidos, el equipo de modelación de stock synthesis decidió utilizar únicamente los datos de talla del RR de Estados Unidos, excluyendo otros artes como las muestras de talla de GN/TW o CAN HL, ya que se observaron diferencias en la talla media de estas pesquerías y las capturas fueron menores que las del RR de Estados Unidos. Por último, el equipo de modelación de stock synthesis observó que para algunas flotas, BB Dakar 1962-1980 y Brasil HL, había muy pocas observaciones de muestras de talla, y estas no se utilizaron.

El documento SCRS/2021/133 presentó las estimaciones de las estadísticas pesqueras para las pesquerías de cebo y de cerco de Ghana 2012-2020. Los datos de captura y desembarque recopilados y gestionados por la Fisheries Scientific Survey Division (FSSD) de Ghana incluían información de los desembarques y de los cuadernos de pesca desde 2005 hasta 2020. La estimación de las capturas totales, la composición de las capturas, el esfuerzo pesquero, las capturas por talla y el muestreo de tallas para rabil, patudo y listado, y otras especies de captura fortuita se estimaron siguiendo las recomendaciones del Grupo de especies de túnidos tropicales. Se proporcionaron estimaciones para el período 2012-2020 cuando se disponía de un muestreo y una cobertura suficientes por parte de los observadores de Ghana.

El Grupo observó que desde 2015 las capturas de patudo han disminuido tanto en los artes de pesca PS como BB, mientras que las capturas de rabil y listado han aumentado durante el mismo período. Se preguntó si ha habido algún cambio en las operaciones pesqueras de Ghana que pudiera explicar esta disminución de las capturas de BET. El Grupo solicitó que la Secretaría preparara algunos mapas de distribución del esfuerzo pesquero por 5x5

y por trimestre para evaluar si se han producido cambios en la distribución espacio-temporal del esfuerzo pesquero, así como en la proporción de la captura de patudo en comparación con la captura total de túnidos tropicales (SKJ, YFT, BET). Los autores del SCRS/2021/113 indicaron que los análisis anteriores han sugerido que las proporciones más altas de capturas de patudo se encuentran en las zonas de alta mar, mientras que más cerca de las zonas costeras aumenta la proporción de rabiles y disminuye la de patudos (**Figura 1**). Los mapas solicitados mostraron algunos cambios en la distribución del esfuerzo pesquero, con valores más altos en el centro del Golfo de Guinea y en las zonas costeras en los últimos años (**Figura 2**), donde normalmente se encuentran proporciones más bajas de patudo.

El Grupo observó que la distribución espacial de las capturas de BB y el esfuerzo de las pesquerías de Ghana mostraban que las actividades pesqueras se realizaban en alta mar, algo que no suele observarse en otras flotas de BB. Los científicos ghaneses confirmaron la exactitud de la información sobre la distribución espacial de las capturas de BB contenida en la base de datos de ICCAT.

Marcado convencional

La Secretaría proporcionó un resumen de la información sobre el marcado convencional del patudo (Tabla 3). Desde la reunión de preparación de datos se ha informado de un total de 34 nuevas recuperaciones de marcas de patudo, incluido un pez recapturado después de cuatro años en libertad tras su liberación por el AOTTP. El Grupo se interesó por los datos de experimentos de detección y comunicación de marcas, y solicitó un resumen de esta información. La Secretaría presentó un resumen actualizado de los experimentos de detección y comunicación de marcas (Tabla 4).

2.2 Índices de abundancia relativa

En la reunión no se presentaron nuevos índices ni actualizaciones de índices de abundancia. El equipo de modelación de stock synthesis indicó que la distribución espacial utilizada para los datos de capturas por flota y de frecuencias de tallas por flota de stock synthesis eran los mismos que los utilizados en la evaluación de stock de rabil de 2019. Esta decisión se tomó para armonizar las evaluaciones de los stocks de patudo y rabil para los futuros trabajos de MSE y para seguir la decisión tomada en la Reunión de preparación de datos de patudo (Anón. 2021). Esta estructura espacial de la flota es diferente de la estructura espacial utilizada en la estimación del índice conjunto del palangre adoptada durante la reunión de de preparación de datos. La **Figura 3** muestra la comparación de las zonas geográficas utilizadas en cada caso. Sin embargo, se observó que las capturas y el número de observaciones de CPUE utilizadas en el índice conjunto de palangre correspondientes a las zonas no coincidentes (es decir, las zonas incluidas anteriormente en la cobertura del índice, pero no incluidas en la cobertura actual, la parte sur del golfo de México, el mar Caribe o el este de 5° este hacia la costa africana) son muy bajas. Por lo tanto, el equipo de modelación de stock synthesis llegó a la conclusión de que las diferencias en las zonas geográficas tendrían un impacto limitado en los modelos. El Grupo recomendó que se utilizara una estructura espacio-temporal coherente para los futuros índices combinados de abundancia relativa del palangre para los stocks de patudo y rabil.

Se informó al Grupo de que, debido a las limitaciones de tiempo, no se pudieron presentar a esta reunión los índices de cerco en bancos libres y de cerco en DCPd de la UE. Sin embargo, dado que actualmente se están utilizando los mismos enfoques de estandarización para desarrollar el índice del rabil de la UE con red de cerco en el océano Índico, en el futuro se aplicará el mismo tipo de modelos a las especies de túnidos tropicales en el océano Atlántico.

3. Métodos de evaluación de stock y otros datos pertinentes para la evaluación

Se utilizó el siguiente proceso para ejecutar los modelos de evaluación. Durante la reunión de preparación de datos para stock synthesis se acordó una matriz de incertidumbre que abarca los principales ejes de incertidumbre (mortalidad natural, inclinación y variación del reclutamiento). Se esperaba que los modelos de producción desarrollaran su propia matriz que abarcara el rango equivalente de incertidumbre para los dos ejes de incertidumbre que dichos modelos pueden considerar explícitamente (mortalidad natural e inclinación)). La incertidumbre en la variación del reclutamiento, representada por sigma R en el modelo de stock synthesis, no puede implementarse fácilmente en los modelos de producción.

El Grupo observó que en el informe de la reunión de preparación de datos se indica que "El Grupo consideró que la utilización de 17 como edad máxima debería ser el caso de referencia en el modelo de evaluación de 2021...".

Esta recomendación se produjo durante los debates sobre las estimaciones de la edad máxima, antes del desarrollo de la matriz de incertidumbre que se acordó en la reunión de preparación de datos. El acuerdo sobre la matriz de incertidumbre incluía el apoyo a continuar con el método utilizado en la última evaluación para considerar que todas las combinaciones de parámetros de la matriz son igualmente válidas, a menos que una combinación deba ser rechazada sobre la base de diagnósticos insatisfactorios: «El Grupo decidió continuar utilizando el enfoque de la matriz de incertidumbre para cuantificar la incertidumbre del modelo... El equipo de modelación tenía la posibilidad de hacer los cambios necesarios en la configuración del modelo basándose en los problemas identificados o en el desempeño de los diagnósticos.» Teniendo en cuenta los acuerdos alcanzados en la reunión de preparación de datos, los equipos de modelación decidieron utilizar la combinación de edad máxima = 20, inclinación = 0,8 y sigma R = 0,4 como caso de referencia. Este modelo de caso de referencia se definió únicamente con el fin de construir los ensayos iniciales de la evaluación y para la comparación con los ensayos de sensibilidad. Se asignó al modelo del caso de referencia la misma ponderación que a cualquiera de los otros modelos de la matriz de incertidumbre en la estimación del estado del stock y el desarrollo de las previsiones. Se ejecutó un conjunto completo de diagnósticos para todos los modelos de la matriz de incertidumbre y para los ensayos de sensibilidad seleccionados.

Durante la reunión, se llevaron a cabo ensayos de sensibilidad adicionales tras examinar los resultados de los ensayos iniciales preparados antes de la reunión. La descripción de estos ensayos se incluye en la sección 4 de este informe.

3.1 *Modelo estadísticamente integrado, Stock Synthesis*

Stock Synthesis (Methot y Wetzel 2013) es un modelo estadístico integrado de capturas por edad que incorpora muchos de los procesos importantes (mortalidad, selectividad pesquera, crecimiento, reproducción, etc.) que operan conjuntamente para predecir la talla por edad anual, las extracciones totales (desembarcadas y descartadas), la composición por tallas de la flota, la composición por edades y las capturas de la flota por unidad de esfuerzo. Muchos de estos procesos están interrelacionados y, por lo tanto, los parámetros asociados del modelo están correlacionados. Stock synthesis proporciona una plataforma estadística para integrar estas diferentes métricas en una función objetivo global y, a su vez, tener en cuenta de incertidumbre conjunta de los procesos biológicos y la dinámica de la pesquería. Stock synthesis consta de tres subcomponentes: 1) un subcomponente poblacional que recrea una estimación del número/biomasa por edad utilizando estimaciones de la mortalidad natural, el crecimiento, la fecundidad, etc.; 2) un subcomponente observacional que consiste en cantidades observadas (medidas) como la CPUE o la proporción a la talla/edad; y 3) un subcomponente estadístico que utiliza probabilidades para cuantificar el ajuste de las observaciones a la población recreada.

Se construyó un modelo estacional para el patudo del Atlántico que abarca el periodo 1950-2019 (**Figura 4**). Se asumió que biomasa del stock inicial en 1950 estaba en una condición de stock virgen sin pescar. La estructura de la flota comprendía 22 flotas, incluidas cinco flotas de cerco, una flota combinada de barcos de cebo vivo y cerco de Ghana, cuatro flotas de barcos de cebo vivo, nueve flotas de palangre, dos flotas de palangre de mano y otros artes combinados (**Tabla 5**). Las definiciones de la estructura de la flota representaron una modificación significativa con respecto a la evaluación del patudo de 2018.

Se modelaron dos índices de abundancia, el índice conjunto del palangre dividido en dos periodos 1959-1978 y 1979-2019, y el índice trimestral de boya con ecosonda acústica asociada a los DCP que cubre el periodo 2010-2019 (**Figura 5**). Se asumió que el índice de palangre conjunto tenía una selectividad de peces mayores, equivalente a la flota palangrera de Japón en el Atlántico tropical (flota 11). Se asumió que el índice de las boyas acústicas tenía la misma selectividad que la flota de cerco que opera sobre DCP. Los CV de los índices se escalaron a un CV medio = 0,2, conservando la variabilidad interanual estimada por los modelos de estandarización.

Los datos de talla para cada flota, año y temporada fueron proporcionados por la Secretaría una vez que se completaron todas las actualizaciones de datos de las CPC tras la reunión de preparación de datos (**Figura 6**). Las composiciones de talla se introdujeron como número de peces observados por cada intervalo de clase de talla de 4 cm. Los tamaños efectivos de las muestras fueron iguales al log10 (# de observaciones), para reducir el efecto de la pseudo-replicación en el muestreo y disminuir la ponderación de los datos de talla en la verosimilitud global del modelo.

El supuesto de crecimiento no ha cambiado con respecto a la evaluación anterior, modelado como una curva de Richards publicada por Hallier et al. 2005 (**Tabla 6**). El peso en kilogramos se estimó a partir de la longitud a la horquilla (SFL) en centímetros asumiendo la relación: $W_t = (2.396E-05) * SFL^{2.9774}$ (Parks et al., 1982).

Las hipótesis de madurez y fecundidad se mantienen sin cambios respecto a la evaluación anterior. La fecundidad se modeló como una función directa del peso corporal de las hembras. Los supuestos de madurez fueron los siguientes: 0 % de individuos maduros de 0 a 2 años, 50 % de individuos maduros de 3 años y 100 % de individuos maduros de 4 años en adelante.

Como se detalla en el informe de la reunión de preparación de datos de patudo de 2021, los supuestos de M por edad se modificaron significativamente con respecto a la evaluación anterior, basándose en la nueva información sobre la edad máxima observada y la regresión (Then et al. 2015) utilizada para estimar la escala de M en edades avanzadas. El grupo comparó esta nueva información con las estimaciones utilizadas por otras OROP de túnidos para los stocks de patudo y rabil (**Figura 7**). Al igual que en evaluaciones anteriores, la M por edad se modeló como una función de Lorenzen del peso por edad (Lorenzen, 1996) asumiendo tres edades máximas alternativas de i) 17, ii) 20 y iii) 25. Los vectores de mortalidad natural alternativos resultantes abarcan una gama más amplia de valores en comparación con los utilizados en la evaluación anterior (**Figura 8, Tabla 7**).

La selectividad se estimó directamente para cada una de las 21 flotas (la flota 20 calcó la de la flota 8), asumiendo una función spline cúbica para las flotas 1-5, 21 y 22 para modelar la bimodalidad de las observaciones de composición por tallas. Las flotas 7-16 y 19 se modelaron como funciones normales dobles, y se asumió que las flotas 17 y 18 tenían una selectividad logística asintótica (**Tabla 5**). Se permitió la inclusión potencial de peces de edad 0 en los cálculos de selectividad de todas las flotas. La selectividad por edad se obtuvo mediante stock synthesis, basándose en la selectividad por talla de la flota estimada por el modelo.

La relación stock-reclutamiento siguió una función Beverton-Holt con el reclutamiento virgen (R_0) estimado libremente a través de un rango de valores fijos de inclinación ($h=0,7, 0,8$ y $0,9$) y de desviación del reclutamiento anual ($\sigma_r=0,2, 0,4$ y $0,6$) definidos por la matriz de incertidumbre. Las desviaciones anuales del reclutamiento se estimaron sólo para el período de 1974 a 2019. Antes de 1974 el reclutamiento se derivaba de la relación stock-reclutamiento. La corrección de sesgo lognormal ($-0,5\sigma_2$) para la media de la relación stock reclutamiento se aplicó con la rampa de corrección de sesgo tal y como recomienda Methot y Taylor, (2011).

Los ajustes de la varianza de los componentes de los datos de talla siguieron los métodos de Francis, 2011.

Para cada una de los ensayos del modelo, los parámetros estimados incluían 89 parámetros de selectividad, R_0 , parámetros de capturabilidad para cada índice de abundancia, tres asignaciones de reclutamiento estacional y desviaciones de reclutamiento anual. Las desviaciones estándar de los parámetros del modelo se derivaron de la matriz de varianza-covarianza. Se señaló que las estimaciones de la biomasa del stock reproductor (SSB) se refieren a la SSB de final de año, y la mortalidad por pesca se refiere a las tasas de mortalidad de todo el año.

Se construyó un ensayo del modelo de continuidad (SSM Continuity) para compararlo con la evaluación de 2018, basándose en los mismos supuestos biológicos, incluyendo M por edad y un índice de abundancia, el índice conjunto del palangre. Sin embargo, se utilizó la estructura de la flota de 2021 para el ensayo de continuidad. Los análisis de sensibilidad adicionales incluyeron ensayos con cada índice de abundancia eliminado, y un ensayo con una ponderación de CV más baja en los índices de abundancia. Se realizaron tres análisis de sensibilidad basados en las orientaciones iniciales de la reunión de preparación de datos (**Tabla 8**):

- Sensibilidad SSM 1: Se ha eliminado del modelo la serie conjunta LL temprana.
- Sensibilidad SSM 2: Se ha eliminado del modelo la serie del índice de boyas.
- Sensibilidad SSM 3: Se utilizó un índice de CV más bajo.

La matriz de incertidumbre comprendía 27 modelos con todas las combinaciones de supuestos alternativos fijos de mortalidad natural (edad máxima = 17, 20 y 25), inclinación ($h = 0,7, 0,8$ y $0,9$) y desviación estándar en el reclutamiento (σ_r) (0,2, 0,4, 0,6). Estos ensayos alternativos de matriz de incertidumbre se enumeran en la **Tabla 9**. El examen de los diagnósticos del modelo se hizo siguiendo las recomendaciones de Carvalho *et al.*, 2021.

3.2 Modelos de producción excedente, JABBA y MBP

Modelo de producción excedente (MPB)

Se realizó una evaluación preliminar del patudo del Atlántico utilizando el modelo dinámico de biomasa mpb (SCRS/2021/120). Este modelo utilizó la captura total de 1950 a 2019 y, el índice conjunto del palangre para dos periodos: inicial (1959-1978) y final (1979-2019) y los introdujo como dos índices separados con capturabilidad independiente. La primera versión del modelo se configura como modelo de Fox a partir de 1950. El Grupo acordó desarrollar escenarios de modelos de producción para que sean lo más equivalentes posible a los incluidos en la matriz de incertidumbre de stock synthesis. Esto se consiguió seleccionando parámetros de forma que imitan las relaciones SSB_{RMS}/SSB_0 estimadas en la matriz de incertidumbre de referencia adoptada para los ensayos del modelo de stock synthesis (B_{RMS}/K en los modelos de producción de biomasa). Estos parámetros de forma y sus ratios B_{RMS}/K asociadas se muestran en la **Tabla 10**.

Además de los modelos de la matriz de incertidumbre, el Grupo propuso una serie de ensayos de sensibilidad:

- *Sensibilidad MPB 2:* Utilización del modelo logístico (Schaefer).
- *Sensibilidad MPB 3:* Añadir la CPUE del palangre brasileño.
- *Sensibilidad MPB 4:* Añadir el índice de abundancia de boyas
- *Sensibilidad MPB 5:* Añadir tanto CPUE de palangre de Brasil como BAI.
- *Sensibilidad MPB 6-8:* Modificar el parámetro de forma para que la relación $B_{RMS} \sim K$ esté más sesgada hacia niveles más productivos (0,33, 0,31 y 0,27).

Se utilizaron los siguientes diagnósticos para examinar la fiabilidad y cualidad de los ajustes del model: Examen residual, perfiles de verosimilitud para r y K , análisis retrospectivo y rho de Mohn.

Solo otra evaluación bayesiana de biomasa (JABBA)

El Grupo revisó los resultados preliminares de la evaluación de stock del modelo de producción bayesiano de espacio estado JABBA (SCRS/2021/132; Winker et al. 2018a), del stock de BET del Atlántico actualizado con datos hasta 2019. Este modelo utilizó la captura total de 1950 a 2019 y el índice conjunto del palangre para dos periodos: inicial (1959-1978) y final (1979-2019). Estos índices se introdujeron como dos índices separados con capturabilidad independiente (los CV se escalaron a una media de 0,2). Para la biomasa en equilibrio no pescada K , se utilizó la configuración por defecto del paquete JABBA R en forma de distribución previa lognormal vagamente informativa con un gran CV del 100%. La distribución previa de la merma inicial ($\phi = B_{1950}/K$) para todos los escenarios se definió mediante una distribución beta con media = 0,93 y CV del 5 %. Todos los parámetros de capturabilidad se formularon como distribuciones previas uniformes no informativas. El error del proceso de $\log(B_y)$ en el año y para todos los escenarios se definió mediante una distribución gamma inversa con parámetro de forma igual a 9,606 y parámetro de tasa igual a 0,03, tal y como utilizaron Winker *et al.*, 2018b en la evaluación de stock de patudo del Atlántico de 2018.

Para dar continuidad, el ensayo inicial de la JABBA se parametrizó con las mismas distribuciones previas y estructura del modelo utilizadas en la evaluación de stock de patudo del Atlántico de 2018 (ICCAT, 2019). Además, los ensayos de JABBA se diseñaron para representar la matriz de incertidumbre acordada durante la reunión de preparación de datos de patudo de 2021. Sólo se consideraron las combinaciones de edad máxima e inclinación para JABBA, lo que dio lugar a nueve modelos distintos (**Tabla 11**), además del ensayo de continuidad. Para cada uno de estos ensayos, se desarrollaron distribuciones previas de r alternativas. Las distribuciones previas se asociaron a un parámetro de forma específico de una función de producción de Pella-Tomlinson y se obtuvieron a partir de un enfoque de modelo de equilibrio estructurado por edad (ASEM) con simulaciones de Monte-Carlo (Winker et al 2019). Este enfoque dio lugar a distribuciones previas más informativas para r , que siguieron una distribución lognormal, y a que se fijara el parámetro de forma m (B_{RMS}/K) derivado directamente del resultado de ASEM de EB_{RMS}/EB_0 (biomasa explotable EB ; ver detalles en Winker et al., 2019) . También se proporcionaron ensayos adicionales del modelo permitiendo que el parámetro m fuera estimado libremente de forma interna por el modelo Pella-Tomlinson. La **Tabla 11** ofrece un resumen de la parametrización de los escenarios del modelo JABBA.

JABBA se implementa en R (equipo de desarrollo de r, <https://www.r-project.org/>) con la interfaz JAGS (Plummer, 2003) para estimar las distribuciones posteriores bayesianas de todas las cantidades de interés por medio de una simulación de las cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC). El modelo JAGS se ejecuta desde R utilizando la función envolvente *jags()* de la biblioteca r2jags (Su y Yajima, 2012), que depende de rjags. En este estudio se utilizaron tres cadenas MCMC. Cada modelo se ejecutó para 30.000 iteraciones, muestreadas con un período de

prueba de 5.000 para cada cadena y una tasa de disminución (filtrado) de cinco iteraciones. Los diagnósticos básicos de la convergencia del modelo incluyeron la visualización de las cadenas MCMC mediante trazados MCMC, así como los diagnósticos de Heidelberger y Welch (Heidelberger y Welch, 1992) y Geweke (1992) y Gelman y Rubin (1992) implementados en el paquete coda (Plummer et al., 2006).

Se proporcionaron amplios diagnósticos del modelo para evaluar sus ajustes, las pruebas de ensayos de valores residuales, los patrones retrospectivos y la habilidad de predicción. Para comprobar el sesgo sistemático en las estimaciones del estado del stock, se realizó también un análisis retrospectivo para cada modelo, eliminando sistemáticamente un año de datos cada vez de forma secuencial durante un periodo de ocho años ($n = 9$), a esto le siguió un reajuste del modelo tras cada eliminación de datos y una comparación de las cantidades que resultan de interés (a saber, biomasa, mortalidad por pesca, B/B_{RMS} , F/F_{RMS} , B/B_0 y RMS) con el modelo de referencia ajustado a toda la serie temporal. Para comparar el sesgo retrospectivo entre modelos, se calculó el estadístico rho (ρ) de Mohn, utilizando la formulación definida por Hurtado-Ferro et al., 2014. Se aplicó una técnica de validación cruzada de la simulación retrospectiva (HCXval) sin modelo de Kell et al. 2016, en la que las observaciones se comparan con sus valores futuros predichos de CPUE calculando el error medio absoluto escalado (MASE) propuesto por Hyndman y Koehler, 2006, que escala el error medio absoluto de los valores residuales de la predicción a una predicción de nivel de referencia ingenuo, donde se dice que una "predicción" tiene "habilidad" si mejora el pronóstico del modelo cuando se compara con el nivel de referencia ingenuo.

4. Resultados del estado del stock

4.1 Modelo de captura integrado, stock synthesis

Diagnóstico de ajuste y convergencia del modelo stock synthesis del caso de referencia

Stock synthesis convergió en una solución estable, con una verosimilitud logarítmica negativa consistente en todos los valores iniciales de los parámetros sometidos a ligeras variaciones (**Figura 9**). El gradiente final del modelo fue de 0,000067, 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 modelo mostró una falta de ajuste general al índice de boyas acústicas, pero un ajuste considerablemente mejor al índice conjunto de palangre (**Figura 10**). En general, los errores residuales en ambos índices mostraron patrones no aleatorios, evidenciados por el fracaso en la prueba de ensayos de diagnóstico (**Figura 11**). En particular, se observó una falta de ajuste a la tendencia decreciente del índice de boyas acústicas a principios de la década de 2010, así como a la tendencia creciente en los años finales. El ajuste a la tendencia a largo plazo del índice conjunto del palangre fue considerablemente mejor, pero los cambios interanuales del índice no fueron captados adecuadamente por el modelo. El patrón residual en el período reciente del índice de palangre conjunto fue notablemente mejor que los patrones residuales del índice de boyas acústicas y del índice de palangre conjunto del período temprano.

Los ajustes a la composición global de tallas (**Figura 12**) y los valores residuales anuales del modelo asociados (**Figura 13**) proporcionaron un diagnóstico primario del desempeño del modelo. En general, el caso de referencia mostró un ajuste aceptable a los datos agregados de composición por tallas de todas las flotas. Los patrones de valores residuales anuales parecían en su mayoría distribuidos aleatoriamente y se consideraban adecuados para las principales flotas de captura, mientras que las flotas con extracciones relativamente menores mostraban algunos patrones no aleatorios en los valores residuales. Esto fue probablemente el resultado de la reponderación de la varianza, que dio como resultado un mejor ajuste del modelo a las flotas con grandes cantidades de datos de composición de tallas. En general, los patrones residuales de la composición por tallas mostraron una mejora en comparación con la evaluación de 2018, probablemente debido a la redefinición de las flotas para crear composiciones que son más consistentes a lo largo de la serie temporal.

Las desviaciones de la curva stock-reclutamiento estimadas como desviaciones del reclutamiento indicaron una alta variabilidad en las desviaciones del reclutamiento de un año a otro, pero fuertes correlaciones temporales, con períodos en los que las desviaciones del reclutamiento aumentaron seguidos de períodos en los que las desviaciones del reclutamiento disminuyeron. Las desviaciones del reclutamiento aumentaron de 1974 a 1983, de 1987 a 1998 y de 2006 a 2018, y disminuyeron en los años intermedios (**Figura 14**). En general, la desviación del reclutamiento fue no sesgada (**Figura 15**). En la **Tabla 12** se presenta una lista de los parámetros del modelo, lo 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.

Dado que la inclinación (h) y σ_R de la curva Beverton-Holt se fijaron, el principal parámetro de productividad estimado en stock synthesis fue el nivel medio de reclutamiento de edad 0 en la biomasa reproductora de equilibrio sin pesca (R_0). Al igual que en la evaluación de 2018, el perfil de verosimilitud del caso de referencia indicaba una estimación de máxima verosimilitud de la inclinación cercana a 10 (escala logarítmica natural), equivalente a aproximadamente 27 millones de reclutas de edad 0: con un acuerdo relativamente bueno entre las fuentes de datos sobre la mejor estimación (**Figura 16**).

En el caso de referencia de la evaluación actual, se estimó que la biomasa del stock reproductor era relativamente constante en las últimas décadas (**Figura 17**). De forma similar a los resultados de la evaluación de 2018, las estimaciones de SSB estaban bien determinadas, como demuestran los intervalos de confianza del 95 % (**Figura 17**). Se asumió que la biomasa reproductora estaba cerca del nivel de no pesca en el año de inicio del modelo (1950), tras lo cual hubo un periodo de declive entre 1960 y 2000, seguido de niveles de biomasa estables desde entonces (**Figura 17**).

La tendencia de la SSB estimada por el ensayo de continuidad de stock synthesis (SS) de 2021 muestra una tendencia similar a la del caso de referencia de 2021, pero difiere de la tendencia de la SSB estimada por stock synthesis en 2018 (**Figura 18**). Las estimaciones de SSB obtenidas en 2018 sugieren un descenso continuo de SSB en la década de 2000.

La eliminación del período inicial del índice conjunto del palangre del caso de referencia de 2021 no cambió visiblemente los resultados. La eliminación del índice de boyas acústicas disminuyó ligeramente la SSB. El uso de un CV más bajo aumentó ligeramente la SSB. En general, el caso de referencia no fue demasiado sensible a ninguno de estos cambios (**Figura 19**).

Cambios respecto a la evaluación de stock de 2018

El Grupo observó que el caso de referencia¹ de la evaluación de 2018 que se utilizó para construir la matriz de incertidumbre estimó que el stock estaba sobrepescado ($SSB_{2017}/SSB_{RMS} = 0,51$) y experimentando sobrepesca ($F/F_{RMS} = 1,89$). La estimación del caso de referencia 2021 para la biomasa relativa en 2017 ($SSB_{2017}/SSB_{RMS} = 0,79$) fue un 54 % mayor que la estimada para ese mismo año en el caso de referencia 2018; y la estimación de la mortalidad por pesca relativa ($F_{2017}/F = 1,15$) fue un 39 % menor.

Para investigar esta discrepancia, el Grupo realizó una segunda serie de análisis de sensibilidad escalonados para describir el efecto de los cambios clave en la configuración del modelo de stock synthesis entre la evaluación de 2018 y los casos de referencia de 2021. Las comparaciones escalonadas se construyeron utilizando el modelo de referencia de 2018 como modelo de partida.

1. Caso de referencia de 2018
2. Caso de referencia de 2018 que sustituye el índice de palangre conjunto de 2018 por el índice de palangre conjunto de 2021
3. Modelo anterior pero sustituyendo la mortalidad por edad de 2018 por la de 2021 para edad máxima =20.

Los resultados de la comparación escalonada de estos tres modelos con el caso de referencia de 2021 (**Figura 20**) sugieren que el nuevo índice de palangre conjunto, el nuevo vector de mortalidad por edad de 2021 y la inclusión del nuevo índice de boya influyeron significativamente en la percepción del estado de la stock, resultando todos ellos en un estado del stock más optimista que el caso de referencia de 2018. El uso de la CPUE conjunta de palangre de 2021 en lugar del índice de palangre conjunto de 2018 explica un aumento del 26 % en la percepción de la biomasa relativa en 2017 con respecto a las estimaciones de la evaluación anterior, y una reducción del 17 % en la estimación de la mortalidad por pesca relativa. El uso del nuevo vector M por edad explica un aumento del 28 % en la percepción de la biomasa relativa en 2017 respecto a las estimaciones de la evaluación anterior, y una reducción del 21% en la estimación de la mortalidad por pesca relativa. La inclusión del índice acústico de boyas, que hace referencia al patudo juvenil, también dio lugar a un estado reciente de la stock más optimista, probablemente debido al efecto de ese índice en las estimaciones recientes del reclutamiento. Los diagnósticos de estas diferentes pruebas de sensibilidad no fueron sustancialmente diferentes (**Figura 21, Tabla 14**).

El nuevo vector M por edad de 2021 y el índice de boya representan mejoras en la información utilizada en la evaluación. El método y los datos utilizados para elaborar el índice de palangre conjunto de 2021 se vieron

¹ M por edad de 2018 para la edad máxima =15, inclinación 0,8, σ_R 0,4, índice de palangre conjunto de 2018, estructura de la flota de 2018, datos de capturas y tallas de 2018

influidos por los retos de la pandemia de COVID-19 y no se determinó que supusiera una mejora con respecto al enfoque utilizado para elaborar el índice de palangre conjunto de 2018; sin embargo, el índice conjunto de 2021 tiene la ventaja de ampliar la serie temporal hasta 2019. El Grupo consideró la posibilidad de incluir modelos en la matriz de incertidumbre que sustituyeran el índice conjunto de palangre de 2021 por el índice conjunto de palangre de 2018 o de incluir ambos índices, pero el Grupo no pudo llegar a un consenso de que fuera una opción mejor que mantener la matriz de incertidumbre previamente acordada con el índice conjunto de palangre de 2021.

Evaluación de la matriz de incertidumbre

La matriz de incertidumbre incluía tres vectores de mortalidad natural derivados de tres supuestos diferentes de edad máxima, tres valores de inclinación y tres valores de sigmaR (**Tabla 9**), lo que dio lugar a 27 ensayos del modelo para la matriz de incertidumbre.

Las estimaciones de reclutamiento no pescado oscilaron entre 18 y 56 millones de reclutas de edad 0 en la matriz de incertidumbre de 27 modelos (**Tabla 13, Figura 22**). Las diferencias en los supuestos de mortalidad natural fueron las que más contribuyeron a esta amplia gama de estimaciones. Las diferencias en los valores de inclinación contribuyeron menos a las estimaciones del reclutamiento sin pesca. Los supuestos de Sigma R fueron los que menos influyeron en las estimaciones de R_0 .

Las estimaciones del F_{RMS} oscilaron entre 0,09 y 0,22 (explotación en la biomasa), siendo la F_{RMS} más alta la que se estimó bajo el supuesto de alta mortalidad natural (edad máxima =17) y los supuestos de alta inclinación $h=0,9$. Las estimaciones globales del estado del stock abarcan desde la sobrepesca y la experimentando sobrepesca hasta no sobrepesca ni experimentado sobrepesca (**Figura 23**), en función de los supuestos de mortalidad natural, inclinación y sigma R. En general, una mortalidad natural más elevada (edad máxima más baja) y unos supuestos de inclinación más elevada condujeron a una percepción más optimista del estado del stock.

Los análisis de diagnóstico de las 27 ensayos de la matriz de incertidumbre no revelaron grandes diferencias en el desempeño, por lo que no se eliminó ningún caso de la matriz de incertidumbre (**Tabla 15**).

Tendencia histórica en las referencias de ordenación

Los puntos de referencia de ordenación (es decir, el RMS, la SSB_{RMS} y la F_{RMS}) dependen de la selectividad general de las pesquerías. Se calculó la tendencia histórica de RMS, SSB_{RMS} y F_{RMS} (**Figura 24**), que fue evaluada por el Grupo. El Grupo observó que las capturas en RMS han disminuido con el tiempo, mientras que la biomasa del stock reproductor necesaria para mantener el RMS ha aumentado (**Figura 24**, panel izquierdo). Además, la mortalidad por pesca que produce el RMS también ha disminuido con el tiempo (**Figura 24**, panel derecho). Se han registrado tendencias históricas similares en evaluaciones anteriores de patudo y de rabil. El Grupo debatió que estos cambios se deben al aumento de las capturas de las flotas de superficie (incluidas las que utilizan DCP), que explotan peces más jóvenes que la flota de palangre. A medida que aumentan las capturas de patudo asociadas a la superficie (DCP y barcos de cebo) y la selectividad se desplaza hacia peces más pequeños y jóvenes, el RMS se reduce y el tamaño del stock necesario para producir el RMS aumenta. Estas tendencias no son inesperadas y deben ser consideradas cuidadosamente por los gestores a la hora de tomar decisiones sobre las asignaciones de TAC entre los distintos componentes de la flota (por ejemplo, palangre, cerco, cebo).

4.2 Modelos de producción excedente, JABBA y MBP

Modelo de producción excedente (MPB)

El modelo tuvo dificultades para converger, pero los diagnósticos de ajuste fueron relativamente buenos, excepto el perfil de verosimilitud (SCRS/2021/120 **Figura 4**). También se observó que el modelo tenía dificultades para encontrar los mínimos globales de los dos parámetros biológicos del modelo [tasa de crecimiento intrínseco (r) y capacidad de transporte (K)].

El modelo presentado como caso de referencia (modelo de Fox) del modelo dinámico de biomasa mpb estimó que el stock está sobrepescado y sometido a sobrepesca (**Figuras 25 y 26**). Los residuos de ajuste, el análisis retrospectivo y al simulación retrospectiva indican que el modelo se ajustaba bien a las capturas y al índice conjunto del palangre. Sin embargo, el perfil de verosimilitud sugiere que el modelo tiene dificultades para encontrar los mínimos globales de los parámetros estimados (SCRS/2021/120). Las medianas y los intervalos asociados (CI del 95 %) de la distribución posterior de los parámetros biológicos y los puntos de referencia obtenidos a partir del ajuste bootstrap (500 iteraciones) del caso de referencia MPB se muestran en la **Tabla 16**.

La mayoría de los ensayos de sensibilidad solicitados inicialmente (eliminar el índice de palangre conjunto temprano, añadir el índice de boya o el índice de palangre brasileño) no produjeron cambios importantes en el resultado de la evaluación ni en los parámetros estimados ni en los niveles de referencia, excepto los ensayos de sensibilidad en los que se introdujeron cambios en la productividad del stock (**Figura 27 y Tabla 17**).

Durante la presente reunión se desarrollaron escenarios de sensibilidad adicionales, para analizar el impacto potencial de la omisión/inclusión de ciertos índices de abundancia relativa y de supuestos alternativos sobre la productividad del stock (véase la sección 3.2). El Grupo acordó producir ensayos del modelo con la ratio B_{RMS}/K como representante de los parámetros utilizados en la matriz de incertidumbre desarrollada para stock synthesis 3 (**Tabla 10**).

Todos los modelos deterministas de la matriz de incertidumbre mostraron tendencias similares de la biomasa relativa (**Figura 25**) y de la mortalidad por pesca relativa (**Figura 26**), y todos fueron más optimistas que el caso de referencia inicial (Fox). Todos los modelos muestran que la biomasa disminuyó moderadamente en los primeros años de la pesquería (1960-1985) y de forma más acusada entre 1990 y 2005. Sin embargo, sólo los modelos con una inclinación de 0,7 (3 de un total de 9) estimaron que el stock estaba sobrepescado a mediados de la década de 2000, tras un periodo en el que los niveles de mortalidad por pesca superaban el RMS (1994-2004, con diferencias entre los modelos). Todos los modelos muestran una tendencia a la recuperación desde entonces y todos estiman que el nivel actual del stock está, por término medio, por encima del RMS. Indican que el stock no está sobrepescado ni experimentando sobrepesca.

Cambios respecto a la evaluación de stock de 2018

El Grupo también solicitó ensayos adicionales del modelo de sensibilidad que ajusten las estimaciones de capturas más recientes y el índice de palangre conjunto (1950-2017) utilizado en la evaluación de stock de 2018. Las tendencias estimadas y los niveles de referencia de los modelos que utilizan el índice de palangre conjunto de 2018 sugieren un estado del stock y unas tendencias históricas diferentes en comparación con el estado y las tendencias estimadas con las combinaciones de parámetros de la matriz de incertidumbre de 2021 utilizadas en la evaluación de stock de 2021. Los ensayos de sensibilidad que utilizaron el índice conjunto del palangre de 2018 sugieren un estado diferente del stock, es decir, se estimaría que el stock está sobrepescado y sometido a sobrepesca en 2017.

Solo otra evaluación bayesiana de biomasa (JABBA)

El Grupo discutió la matriz de incertidumbre desarrollada en la reunión de preparación de datos y acordó que cubría gran parte de la incertidumbre de la dinámica de la población de patudo y que el escenario S06 (ASEM $M = 20 \mid h = 0,8$) (**Tabla 11**) puede considerarse como caso de referencia de la matriz de incertidumbre de JABBA. Todos los escenarios parecían ajustar razonablemente bien a ambos índices de palangre conjuntos (es decir, temprano y tardío), con algunas grandes desviaciones para algunos años particulares (SCRS/2021/132). La bondad del ajuste para todos los escenarios era satisfactoria, con las estadísticas RMSE en torno al 12 %. Para algunos ensayos de JABBA (S01, S02, S04, S07 y S09), el índice de palangre conjunto temprano fallaba en el procedimiento del diagnóstico de prueba de los ensayos, mientras que solo cuatro ensayos (S03, S06, S08 y S10) no proporcionaban evidencias de rechazar la hipótesis de patrones residuales distribuidos aleatoriamente para ambas CPUE conjuntas (SCRS/2021/132).

Las medianas y los intervalos de credibilidad asociados (CI del 95 %) de las distribuciones a posteriori marginales para los principales parámetros y puntos de referencia para todos los escenarios de JABBA se muestran en la **Tabla 18**. Para comparar con la evaluación de 2018, los diagramas de las distribuciones a posteriori y las desviaciones del error de proceso se presentaron solo para los escenarios S01 y S06 (**Figura 28**). Las desviaciones del error de proceso anuales para todos los escenarios presentaban un patrón estocástico similar con una media constante en torno a cero (**Figura 29**), lo que sugiere que no hay evidencias de especificaciones erróneas en el modelo ni conflicto entre los datos. Las medianas de las distribuciones a posteriori marginales de K oscilaban entre 1,259,079 t (S04) y 1,510,055 t (S01). La mediana de las distribuciones a posteriori marginales para r era muy similar entre los diferentes escenarios, oscilando entre 0,129 y 0,166 (**Tabla 18**), mientras que el rango de las estimaciones de la mediana de RMS era estrecha en los diez escenarios (S01: 79.351 t; S06: 83.946 t). Los bajos valores de la ratio de las medianas de la distribución a posteriori y la distribución a priori (PPMR) y de las ratios de las varianzas de la distribución a posteriori y la distribución a priori (PPVR) observadas para el parámetro K y la similitud de las distribuciones a posteriori marginales para r entre los diferentes escenarios (**Tabla 18**) pueden indicar que las estimaciones de la mediana para estos parámetros tenían mucha información aportada por los datos (**Figura 28**).

Todos los modelos mostraron tendencias similares para las medianas de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} a lo largo del tiempo, y los escenarios con edad máxima en 17 produjeron estimaciones del estado del stock ligeramente más pesimistas (**Figura 30**). La trayectoria de B/B_{RMS} descendió desde mediados de los sesenta hasta aproximadamente los 2000, seguida de una tendencia estable hasta 2019. La trayectoria de F/F_{RMS} aumentó gradualmente desde el inicio de la serie temporal hasta finales de los 90, seguida de una tendencia descendente hasta mediados de los 2000. Posteriormente, la mortalidad por pesca relativa permaneció con una tendencia relativamente estable ligeramente por debajo del nivel de F_{RMS} (**Figura 30**). A pesar de algunas ligeras diferencias, todos los escenarios de JABBA eran coherentes en términos del estado del stock (F/F_{RMS} y B/B_{RMS}), lo que indica que el stock de patudo del Atlántico no está sobrepescado ni experimentando sobrepesca, con B_{2019} por encima de B_{RMS} y F_{2019} por debajo de F_{RMS} (**Tabla 18**). El Grupo se mostró de acuerdo en que estos ensayos del modelo de evaluación JABBA presentaban ajustes razonables a los datos, sin pruebas de una patrón retrospectivo no deseable y una capacidad de predicción satisfactoria para pronosticar el futuro (**Figuras 31 y 32**).

El Grupo indicó que las tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca relativas estimadas por JABBA para el caso de referencia de 2021 eran más optimistas que las tendencias equivalentes estimadas en la evaluación de 2018. Por tanto, el Grupo solicitó ensayos de sensibilidad adicionales para evaluar estas discrepancias:

- Modelo de 2018 con el índice de palangre conjunto de 2018 y las estimaciones de captura actual para 1950-2017.
- Modelo de 2018 con el índice de palangre conjunto de 2021 y las estimaciones de captura actual para 1950-2017.

Estos dos ensayos de sensibilidad presentaban tendencias similares para las medianas de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} hasta mediados de los 90. Después de 2000, la biomasa relativa para el modelo con el índice de palangre conjunto de 2018 mostraba que el stock de patudo continuaba sobrepescado y experimentando sobrepesca hasta 2017. El modelo con el índice de palangre conjunto de 2021 daba lugar a un stock que no estaba experimentando sobrepesca y no había estado sobrepescado en tiempos recientes (**Figura 33**).

4.3 Síntesis de los resultados de la evaluación

El Grupo examinó los resultados de la evaluación de stock para cada uno de los modelos de evaluación de stock alternativos considerados (Stock Synthesis, JABBA y MPB), y los diferentes supuestos acerca de la dinámica de la población incluidos en la matriz de incertidumbre. La matriz de incertidumbre para Stock Synthesis incluía 27 modelos, mientras que la matriz para cada modelo de producción incluía nueve, ya que se decidió que no era adecuado incluir un eje de incertidumbre relacionado con SigmaR en los modelos de producción. Para muchos escenarios de la matriz de incertidumbre, los resultados de los dos modelos de producción eran, por lo general, similares. Las trayectorias de la mediana de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} entre los modelos de producción (JABBA y MPB) y los modelos Stock Synthesis describían patrones similares, pero la escala de las ratios de biomasa y mortalidad por pesca en los modelos de producción y Stock Synthesis difería dependiendo del escenario considerado (**Figuras 34 y 35**). Los 27 modelos Stock Synthesis creaban amplios límites de incertidumbre para estas trayectorias y las trayectorias de la biomasa de todos los modelos de producción estaban dentro de estos límites. Las series temporales de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} de los diferentes modelos de producción en la matriz de incertidumbre eran muy similares para las dos últimas décadas, pero diferían en el primer periodo. Estas trayectorias diferían en la primera parte de la serie temporal para Stock Synthesis dependiendo del valor asumido de la inclinación (**Figuras 36 y 37**). Las trayectorias de la biomasa y la mortalidad por pesca estimadas por el modelo Stock Synthesis y los modelos de producción eran diferentes cuando ambos tipos de modelos utilizaban el mismo supuesto acerca de la edad máxima. Las estimaciones de Stock Synthesis de F/F_{RMS} para la última década eran inferiores que las estimaciones del modelo de producción cuando se asumía que la edad máxima era 17 (correspondiente a una mayor mortalidad natural) y eran superiores cuando se asumía que la edad máxima era 25 (**Figuras 36 y 37**). Por consiguiente, la conclusión clave fue que, aunque cada uno de los ejes de incertidumbre contribuye algo a la incertidumbre global en las estimaciones del estado del stock, el supuesto de edad máxima, y sus estimaciones asociadas de mortalidad natural, es el que tiene mayor influencia en el estado estimado del stock.

El Grupo discutió posibles razones para las diferencias observadas entre las trayectorias de las medianas entre los tipos de modelo. Las posibles razones para las divergencias incluían efectos de la mortalidad por edad, efectos de cohorte cambiantes y cambios en la selectividad. Muchos de estos cambios no pueden ser explicados por los modelos de producción ya que estos modelos no capturan los cambios en la selectividad o el paso de cohortes fuertes que afecta a la biomasa vulnerable y a las estimaciones de mortalidad por pesca. Entre los posibles cambios históricos en la selectividad discutidos por el Grupo se encontraban los cambios en la estructura de la flota, lo que incluye el creciente uso de DCP que se inició en los 90 y de los palangres profundos a mediados de los 80. Se indicó que los diagramas de impacto de la pesquería son una posible forma de identificar cualquier efecto

específico de la flota en los resultados del modelo Stock Synthesis, pero este análisis no estaba disponible en esta reunión. El Grupo recomendó que los diagramas de impacto de la pesca se preparen para la reunión de septiembre de 2021 del Grupo de especies. El Grupo discutió más en profundidad el supuesto acerca de la selectividad utilizado en los modelos JABBA para derivar la distribución a priori de r . El Grupo indicó que, de acuerdo con la evaluación de 2018, la estimación puntual para la selectividad del palangre en la edad 1 se utilizó para derivar las distribuciones a priori.

El Grupo discutió cuál de las opciones para calcular la mortalidad por pesca se estaba utilizando en la matriz de Stock Synthesis de este año. En la evaluación de stock de patudo de 2018, la mortalidad por pesca comunicada era la media de las edades 1-7. Se indicó que la opción de Stock Synthesis utilizada para calcular la mortalidad por pesca en la evaluación de este año era la misma que la utilizada en la evaluación de rabil de 2019, en la que la mortalidad por pesca se declara como una tasa de explotación anual en biomasa (obtenida ponderando la mortalidad por pesca de cada grupo de edad por la biomasa de dicho grupo de edad). Esto produce una estimación de la mortalidad por pesca más comparable con la facilitada por los modelos de producción y es un indicador más adecuado de la presión pesquera para los stocks que han sufrido cambios en la selectividad total. También significa que los valores de la mortalidad por pesca declarados en la evaluación de 2018 no son estrictamente comparables a los valores declarados en la evaluación actual.

Además, el Grupo discutió cuán comparables eran los modelos de producción con la matriz de modelos Stock Synthesis que utilizaba una edad máxima (y la correspondiente mortalidad natural) y supuestos de inclinación diferentes. El Grupo indicó que, para cada uno de estos escenarios, las distribuciones a priori de los modelos de producción en la tasa de crecimiento intrínseca habían sido recalculadas para cada combinación de edad máxima e inclinación. Estas distribuciones a priori recalculadas, sin embargo, no eran tan diferentes entre escenarios. El supuesto de la edad máxima era el que más influencia tenía en los resultados de los modelos de producción porque este valor determinaba la forma de la función de producción en el modelo Pella Tomlinson.

Las diferencias entre los resultados de los modelos de producción excedente (JABBA y MPB) y los de Stock Synthesis no eran imprevistas. Los modelos Stock Synthesis son representaciones más complejas de la pesquería porque pueden tener en cuenta cambios en la estructura de tallas y edad y la selectividad total de la flota. Los modelos estructurados por edad tienen en cuenta explícitamente los cambios específicos de la flota en la contribución de flotas de diferente selectividad a la captura global. Dado el mucho mayor número de parámetros estimados por los modelos Stock Synthesis en comparación con los modelos de producción, se prevé que las estimaciones de Stock Synthesis tendrá intervalos de incertidumbre más amplios. Por tanto, el Grupo acordó seguir el mismo enfoque que se utilizó en la evaluación del stock de 2018, es decir, facilitar estimaciones del estado del stock y desarrollar recomendaciones de ordenación basadas en los resultados de la matriz de incertidumbre de Stock Synthesis (27 modelos). Se acordó también, como en 2018, dar a cada modelo de la matriz de incertidumbre igual ponderación.

Se plantearon inquietudes respecto a las decisiones de los datos utilizados en la evaluación y a la idoneidad de las elecciones realizadas para construir la matriz de incertidumbre. Entre estas inquietudes se encontraba el cambio en la metodología utilizada para desarrollar el índice de palangre conjunto para esta evaluación (una consecuencia de la pandemia de COVID-19, que impidió las reuniones presenciales y, por tanto, impidió los análisis de datos conjunto por conjunto y la inclusión de un factor significativo en la estandarización). Otra inquietud planteada fue la idoneidad de las elecciones en la edad máxima incluida en la matriz de incertidumbre, que aumentaban el rango de los valores de mortalidad natural que fueron considerados en mayor medida que en la evaluación de 2018. Los análisis de sensibilidad demostraron que parte de los cambios en el estado del stock en la actual evaluación están parcialmente influidos por la adopción del índice de palangre conjunto de 2021 y las nuevas elecciones de mortalidad natural. Dado que el Grupo fue incapaz de llegar a un acuerdo sobre una forma mejor de incluir dichas fuentes de incertidumbre adicionales en la evaluación, el Grupo acordó que el actual estado del stock es más incierto de lo que el Grupo ha podido cuantificar.

El Grupo realizó un diagrama de Kobe para los 27 ensayos deterministas de Stock Synthesis (**Figure 38**) para representar la incertidumbre en los diferentes modelos de Stock Synthesis de la matriz de incertidumbre. Para incorporar también la incertidumbre del modelo en el estado del stock, se facilitó un diagrama de Kobe basado en una aproximación multivariante lognormal (MVLN) de la densidad posterior en la matriz de incertidumbre de los 27 modelos Stock Synthesis representando los valores de 2019 de la mortalidad por pesca relativa y la biomasa relativa (**Figura 39**). Para cada modelo Stock Synthesis de la matriz, la MVLN se muestreó 10.000 veces. Además, se realizaron diagramas de Kobe para tres factores en la matriz de incertidumbre: edad máxima (**Figura 40**), inclinación (**Figura 41**), y sigma R (**Figura 42**). A partir de estas figuras, puede observarse que el supuesto de edad máxima tiene mayor influencia en el estado del stock que la inclinación o SigmaR. La **Tabla 19** muestra la mediana y los intervalos de credibilidad del 95 % de las estimaciones de la matriz de incertidumbre de Stock

Synthesis (en los 27 ensayos y las 10.000 muestras para cada ensayo) de la biomasa reproductora del stock relativa a SSB_{RMS} (SSB/SSB_{RMS}) y la mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) para todos los años, desde 1952 hasta 2019. Para el año 2019, se estima que la probabilidad de estar sobrepescado siendo objeto de sobrepesca es del 48,9 % y la probabilidad de encontrarse en la zona verde del diagrama de Kobe es del 41,1 %.

Como fue comunicado en 2018, los cambios en la proporción histórica de la captura realizada por los principales artes ha conducido a cambios históricos en la selectividad total de la flota del Atlántico para el patudo. Dichos cambios en la selectividad total eran particularmente fuertes en el periodo en que las flotas de cerco aumentaron su captura y empezaron a usar DCP. El aumento de la selectividad de los peces más jóvenes ha reducido el RMS y aumentado la biomasa del stock reproductor requerida para producirlo. El RMS medio en la última década es aproximadamente un 20 % menor que el RMS medio en los 80 y la SSB media requerida para respaldar dicho RMS es aproximadamente un 10 % mayor que la SSB media requerida para respaldar el RMS en los 80 (**Figura 24, panel izquierdo**). Por algunas razones F_{RMS} ha ido descendiendo también y, en la última década, F_{RMS} es aproximadamente un 20 % menor de lo que F_{RMS} era en los 80 (**Figura 24, panel derecho**). Los cambios en RMS correspondientes a una mayor selectividad de los peces pequeños en la pesquería tienen consecuencias importantes para escenarios futuros de MSE y de evaluación de stock, que los procedimientos de ordenación que pueden lograr un objetivo de que el stock esté en el cuadrante verde de la matriz de Kobe podrían no lograr necesariamente otro objetivo - maximizar las capturas.

5. Proyecciones

El Grupo recomendó que el asesoramiento en materia de ordenación final se desarrolle a partir de la distribución de las proyecciones para los 27 ensayos de Stock Synthesis de la matriz de incertidumbre. El Grupo acordó realizar estas proyecciones utilizando las siguientes especificaciones:

- Intervalo de la proyección: el Grupo acordó realizar las proyecciones para un intervalo de 15 años, 2020-2034, ya que este es el año final del plan de recuperación establecido en la Rec. 19-02.
- La captura de 2020 se fijó en 59.919 t tal y como estimó el Grupo (véase la sección 2.1) y la captura de 2021 se fijó en el TAC para 2021 de 61.500 t.
- Escenarios de captura: proyecciones de captura constante, incluidas 0 t. u desde 35.000-90.000 t, en intervalos de 2.500 t.
- Reclutamiento: basado en la relación stock-reclutamiento estimada sin desviaciones de reclutamiento.
- Selectividad y contribución relativa de las flotas a las capturas: Para las proyecciones se utilizó la media de la selectividad de los últimos tres años del modelo (2017-2019). La captura trimestral de la flota de Stock Synthesis (**Tabla 20**) se calculó utilizando la media de los últimos tres años (2017-2019) del CATDIS (sección 2.1) y se utilizó para las proyecciones.
- Las proyecciones se realizaron utilizando la multivariante lognormal de Monte Carlo (MVLN) descrita en Walter et al. 2019 con 10000 iteraciones.

En aras de la coherencia con el resumen ejecutivo de 2018 y K2SM, las proyecciones de la biomasa del stock reproductor y la mortalidad por pesca relativas a los elementos de referencia SSB_{RMS} y F_{RMS} fueron calculadas para cada uno de los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de Stock Synthesis. La media de los 27 ensayos se calculó entonces para cada año de la proyección (**Figuras 43 y 44**). Como resultado de los supuestos realizados de las capturas en 2020 y 2021 y de las desviaciones del reclutamiento positivo estimadas para el periodo 2015-2019, estas proyecciones deterministas muestran que, independientemente de la captura proyectada, la SSB/SSB_{RMS} aumenta y que la F/F_{RMS} desciende en el periodo 2020-2022. A partir de 2023, capturas de 70.000 t o más producirán descensos del stock reproductor y capturas inferiores a 70.000 t producirán aumentos del stock. El TAC actual de 61.500 t produce un aumento lento pero continuo del stock reproductor.

Durante la reunión, el Grupo solo examinó proyecciones Monte Carlo preliminares. Las limitaciones de tiempo no permitieron su evaluación exhaustiva y las incoherencias en el comportamiento de las estimaciones preliminares de la matriz de estrategia de Kobe 2 (K2SM) provocaron que el Grupo acordara que los resultados preliminares obtenidos durante la reunión debían ser revisados en el periodo intersesiones por el Grupo de modelación y por el Grupo antes de ser considerados finales. Una vez finalizados, la K2SM se presentará al Grupo para su consideración durante la reunión del Grupo de especies de túnidos tropicales de septiembre. El presidente comunicará al Grupo de especies de túnidos tropicales cuando el equipo analítico haya finalizado el trabajo en el periodo intersesiones.

Como ocurrió con las proyecciones de 2018, para algunos ensayos, el stock modelado no pudo mantener un cierto nivel de captura constante para todo el periodo de proyección. En este caso, Stock Synthesis arrojó valores implausibles para F/F_{RMS} o SSB/SSB_{RMS} , que eran, en algunos casos, tasas de mortalidad por pesca extremadamente grandes, asociadas con niveles muy pequeños de biomasa. Para impedir este indeseable comportamiento de la proyección, se utilizó un techo de 9 en F/F_{RMS} y un suelo de 0,1 o 0,2 en SSB/SSB_{RMS} , con el fin de impedir de forma eficaz que el stock colapse completamente durante los ensayos de proyección, como se hizo durante la evaluación de 2018. El porcentaje de proyecciones del modelo que llegan a estos límites de 0,1 o 0,2 para SSB/SSB_{RMS} o de 9 para F/F_{RMS} se presentó en la evaluación de 2018 y en la reunión del Grupo de especies de túnidos tropicales de septiembre lo presentará el Grupo de modelación.

El Grupo indicó que, considerando que los límites de captura adoptados en la Rec. 19-02 entraron en vigor en 2020, la asignación de captura entre las flotas podría haber cambiado y, por tanto, el supuesto utilizado en las proyecciones para calcular las proporciones de la flota a partir de las capturas de 2017-2019 podría no ser la mejor opción para las proyecciones. No obstante, en esta reunión no estaba disponible la información de captura detallada de 2020 para producir proporciones de captura alternativas por flota y, por tanto, el Grupo acordó más revisiones de este tema en la reunión del Grupo de especies de túnidos tropicales, cuando se disponga de capturas por flota para 2020 más precisas.

6. Recomendaciones

6.1 Ordenación

Los resultados de la evaluación, basados en la mediana de toda la matriz de incertidumbre muestran que en 2019 el stock de patudo estaba sobrepescado (mediana de $SSB_{2019}/SSB_{RMS} = 0,94$ e IC del 80 % de 0,71 y 1,37) y no estaba experimentando sobrepesca (mediana de $F_{2019}/F_{RMS} = 1,00$ e IC de 80 % de 0,63 y 1,35). La media de RMS fue estimada en 86.833 t con IC del 80 % de 72.210 y 106.440 a partir de los ensayos deterministas de la matriz de incertidumbre.

Aunque las proyecciones revisadas por el Grupo se consideraron resultados preliminares, estos resultados indicaban que una captura constante futura de 61.500 t, que es el TAC establecido en la Rec. 19-02, tendrán una probabilidad elevada de mantener al stock en el cuadrante verde del diagrama de Kobe desde ahora hasta 2034. Esto dejaría al stock en un estado coherente con el Convenio y con los objetivos del plan de recuperación de la Rec. 19-02.

La Comisión debería ser consciente de que mayores capturas de peces pequeños podrían haber tenido consecuencias negativas para la productividad de las pesquerías de patudo (por ejemplo, menor rendimiento en RMS y que se requiera una mayor SSB para producir RMS) (**Figura 24**). Por tanto, si la Comisión quiere incrementar el rendimiento sostenible a largo plazo, el Comité sigue recomendando que se conciben medidas eficaces para reducir la mortalidad por pesca del patudo pequeño.

La matriz de estrategia de Kobe 2 preliminar incorpora ciertas fuentes cuantificables de incertidumbre mediante el uso de una matriz de incertidumbre. Las principales fuentes de incertidumbre incluidas en la K2SM eran tres valores de mortalidad natural (calculadas usando estimaciones alternativas de edad máxima), tres valores de inclinación y tres valores de SigmaR, así como una aproximación de la incertidumbre del modelo. Sin embargo, a través de ensayos de sensibilidad, el Grupo identificó otras fuentes de incertidumbre importantes que no estaban incluidas en el desarrollo de la K2SM (lo que incluye la idoneidad del rango de mortalidades naturales usado en la matriz de incertidumbre y el cambio en la metodología utilizado para desarrollar el índice de palangre conjunto, véase la sección 4.3).

Dada la incapacidad del Grupo de llegar a un acuerdo sobre la forma adecuada de incorporar estas incertidumbres adicionales en la evaluación, el Grupo convino en que el actual estado del stock es más incierto de lo que el Grupo ha podido cuantificar y recomienda que la K2SM se interpretarse con precaución. Hasta que el SCRS pueda solucionar adecuadamente dichas fuentes de incertidumbre no cuantificadas, la Comisión debería considerar adoptar un TAC precautorio, uno que haría cambiar el estado del stock de patudo hacia la zona verde del diagrama de Kobe con una elevada probabilidad.

6.2 Investigación y estadísticas

El Grupo mantuvo una discusión sobre todas las necesidades de investigación en relación con el apoyo de las evaluaciones de stock, preparando la evaluación del stock de listado de 2022, progresando en las iniciativas relacionadas con la MSE para los túnidos tropicales y respondiendo a las solicitudes de la Comisión. Cada una de ellas se aborda en subsecciones individuales a continuación.

Evaluaciones de stock

Considerando la sensibilidad de los resultados de las evaluaciones de stock de patudo y rabil a los supuestos de mortalidad natural, el Grupo recomendó, para todos los túnidos tropicales:

- Que se realice más trabajo con los datos de marcado del AOTTP para reducir la incertidumbre de las estimaciones de supervivencia/mortalidad natural.
- Explorar el uso de los datos de marcado electrónico de colocaciones pasadas o futuras para la estimación de la mortalidad natural.
- Se realice más trabajo en la determinación de la edad para mejorar la precisión de las estimaciones de edad máxima.
- El Grupo de trabajo sobre métodos de evaluación de stock (WGSAM) examine la metodología de regresión utilizada para estimar la escala de M en edades mayores (Then *et al.* 2015).
- Revisar las directrices que pronto estarán disponibles tras el taller sobre mortalidad de CAPAM (<https://capamresearch.org/Natural-Mortality-Workshop>) que se considerarán para futuras evaluaciones de stock de los túnidos tropicales.

El Grupo acordó también la necesidad de mejorar más los índices de abundancia relativa y recomendó, en particular, más mejoras del índice de CPUE de palangre conjunto, el índice de CPUE del cerco y el índice de boyas acústicas del cerco. En el caso del índice de la CPUE de palangre, el Grupo recomendó que el índice se desarrolle utilizando datos de lance por lance, incluidas más flotas, y que se evite agregar la información en la medida de lo posible. El Grupo recomendó también que el WGSAM use el simulador de palangre (LLSIM) para analizar los efectos de la metodología utilizada al estandarizar el índice de la CPUE de palangre conjunto.

Dado que la pandemia de COVID-19 u otras situaciones pueden impedir que los científicos nacionales se reúnan en persona en talleres y reconociendo los problemas relacionados con el intercambio remoto de datos de un gran nivel de resolución, el Grupo recomendó que la Comisión proponga un marco de trabajo mejorado para garantizar que los índices de CPUE conjuntos futuros se elaboran con los datos lo más detallados posible, incluso en el caso de una colaboración en remoto.

Dado que los índices de CPUE tienen una gran influencia en los resultados de la evaluación, el Grupo recomendó que la metodología que se utiliza para estimar los índices se armonice entre las evaluaciones de stock y las especies de túnidos tropicales.

El Grupo recomendó aumentar el rango de tallas y número de muestras de partes duras para la determinación de la edad del rabil con el fin de mejorar las estimaciones de crecimiento de esta especie.

Por último, el Grupo sugirió que un pequeño grupo liderado por el coordinador de túnidos tropicales trabaje con la Secretaría para estimar los posibles costes de que las recuperaciones del AOTTP para los próximos años 2022 y 2023 sean incluidas en la solicitud de financiación de la investigación del año próximo.

Dado que no se habían nominado expertos antes del inicio de la reunión de evaluación del stock de patudo de 2021, el Grupo recomendó que la revisión externa recomendada inicialmente para la evaluación del stock de patudo de 2021 fuera retirada.

Preparación de la evaluación de listado de 2022

El Grupo indicó que está prevista para 2022 una evaluación de los stocks de listado occidental y oriental del Atlántico y que el Grupo tiene la intención de usar modelos Stock Synthesis por primera vez para ambos stocks. Cambiar las plataformas de modelación de modelos de producción a Stock Synthesis requiere un trabajo adicional y, por tanto, el Grupo recomendó que el proceso de evaluación de stock incluya tanto una reunión de preparación de datos como una reunión de evaluación de stock. El Grupo recomendó también que estas reuniones se celebren antes de lo habitual en el año y que 2020 se utilice como año terminal.

El Grupo recomendó que se contrate a un experto externo para revisar el proceso de evaluación de stock de 2022 del listado y que dicho experto participe en la reunión de preparación de datos y en la reunión de evaluación de stock.

Teniendo en cuenta la importancia de los índices de abundancia relativa en la evaluación del stock, el Grupo recomendó que para la reunión de preparación de datos de listado de 2022 se preparen varios índices de abundancia relativa.

- Un índice de CPUE del cerco, que debería proporcionar información adicional sobre los componentes del esfuerzo pesquero en FOB (incluido el número de plantados de DCP, boyas FOB operativas y lances de pesca en FOB), así como la relación entre estos componentes.
- Un índice de boyas acústicas del cerco.
- Índices de CPUE de cebo vivo para las pesquerías de cebo vivo orientales y occidentales. El Grupo indicó que algunos de los índices de CPUE del cebo vivo habían sido preparados en el pasado por la Secretaría e instó a los científicos nacionales a proporcionar índices de CPUE de cebo vivo para la evaluación del stock de listado de 2022.
- Un índice larvario para el golfo de México.

A pesar de observar que la contribución relativa de las pesquerías de palangre a las capturas de listado es por lo general baja, el Grupo insta a los científicos nacionales de CPC con capturas significativas de listado a que estimen índices de abundancia relativa a partir de los datos de CPUE.

El Grupo recomendó también que se exploren métodos alternativos de estandarización de la CPUE, en particular para los índices de CPUE del cerco y el cebo vivo.

Los factores de conversión talla-peso son un componente importante del desarrollo de datos de entrada de captura básicos de las evaluaciones de stock. El Grupo recomendó, por tanto, que los científicos nacionales, en colaboración con la Secretaría, revisen y actualicen los factores de conversión talla-peso antes de la reunión de preparación de datos de listado.

El Grupo señaló la importancia de contar con orientaciones sobre la estructura de la flota y recomendó que la Secretaría prepare una tabla de los desembarques de listado por flota. El Grupo recomendó también que las decisiones sobre la estructura de la flota para el modelo Stock Synthesis que se van a usar en la evaluación del stock sean coherentes con la estructura de la flota previamente utilizada para rabil y patudo.

El Grupo indicó que deberían realizarse diversas tareas con los datos del programa de marcado del AOTTP, lo que incluye:

- Investigar las diferencias en las tasas de crecimiento entre los stocks de listado y las zonas y actualizaciones de cualquier otra estimación de crecimiento realizada con los datos de recuperación de marcas del AOTTP.
- Evaluar las tasas de movimiento entre regiones utilizando los datos de recuperación de marcas del AOTTP.
- Actualizar la matriz de captura/recaptura de marcas.
- Evaluar la utilidad de analizar las espinas de listado recopiladas en el marco del AOTTP para proporcionar información adicional sobre la determinación de la edad del listado. El Grupo recomendó que esta última tarea sea realizada antes de finales de 2021 para que los datos puedan estar preparados antes de la reunión de preparación de datos de listado de 2022.

MSE de los túnidos tropicales

El Grupo indicó que, en marzo de 2021, en la reunión del Grupo técnico sobre la MSE para los túnidos tropicales, se había propuesto una lista de tareas para la MSE de especies mezcladas y la MSE del listado occidental. El Grupo fue informado por el relator del listado occidental de que el equipo no podrá reunirse para cumplir el objetivo de recondicionar el modelo operativo para la MSE para el listado occidental antes de finales de 2021. El Grupo recomendó, por tanto, que dicha tarea, originalmente planificada para 2021, se posponga a 2022. La **Tabla 22** proporciona detalles actualizados de las tareas planificadas para las MSE en 2021 y 2022 y el plan global de actividades para este programa hasta 2025. Esta lista de tareas se utilizó para desarrollar la hoja de ruta actualizada que se presentará a la Comisión para su aprobación y que aparece en la sección 7.1.8 de este informe.

Ordenación y vedas a la pesca en objetos flotantes (FOB)

El Grupo señaló las discusiones en curso que se están manteniendo en la Comisión y en la Subcomisión 1 sobre la ordenación de las pesquerías en FOB. El Grupo recomendó:

- (i) Explorar la relación entre las medidas de ordenación de los FOB, incluidas las limitaciones de lances pesqueros en FOB, el número de boyas operativas de los FOB y el número de plantados de DCP/boyas de FOB.
- (ii) Evaluar la eficiencia (por ejemplo, la reducción de las capturas de juveniles de rabil y patudo) y la idoneidad de la actual veda de 3 meses a los FOB (es decir, duración de la veda, elección del periodo de veda, etc.).

Observando que el Grupo había experimentado problemas al intentar abordar las solicitudes de la Comisión, a menudo debido a la imprecisa terminología relacionada con las pesquerías de FOB, e indicando que el Grupo de trabajo sobre DCP se reunió por última vez en 2017, el Grupo recomendó que en 2022 se revitalice el Grupo de trabajo sobre DCP.

El Grupo recomendó que se explore más la relación entre los límites de captura y las vedas completas a las pesquerías.

Por último, el Grupo indicó que algunos de los formularios ST-07 enviados (Tarea 3, actividad de los buques de apoyo tropicales autorizados a operar en la zona del Convenio de ICCAT) son incompletos. De manera más específica, no se está incluyendo la información en «Asociación de buques pesqueros» (columnas H, I, J del formulario ST-07). El Grupo recomienda que las CPC cumplimenten totalmente todos los campos requeridos en el formulario ST-07. No hacerlo disminuye enormemente la capacidad del SCRS de realizar los análisis solicitados por la Comisión-

6.2.1 Con implicaciones financieras

La **Tabla 21** resume las recomendaciones del Grupo sobre investigación y estadísticas y destaca las recomendaciones que se consideran de alta prioridad y/o que tienen implicaciones financieras.

7. Otros asuntos

7.1 Respuestas a la Comisión

El Grupo indicó que muchas respuestas a las solicitudes de la Comisión no se facilitaron el año pasado a causa de los problemas planteados por el COVID-19. Con el fin de actualizar las respuestas, se acordó seguir un proceso de tres etapas: 1) evaluar si el año pasado se ha facilitado información suficiente, 2) analizar cualquier información nueva facilitada al SCRS sobre los diferentes puntos y 3) identificar las tareas realizar desde ahora hasta la reunión de septiembre del SCRS.

7.1.1 Descartes en las pesquerías de cerco, Rec. 17-01, párrafo 4

El Grupo no pudo facilitar una respuesta detallada este año. Debe resaltarse que un estudio anterior (Sarralde *et al.* 2007) realizado con observadores a bordo de cerqueros españoles a mediados de los 2000 estimaba que estos descartes eran pequeños (0,2 t por lance en banco libre y 1,1 t por lance en FOB). Las nuevas directrices y mejores prácticas adoptadas por las flotas, así como la prohibición de descarte (Rec. 17-01) que entró en vigor en 2018, sugieren que los descartes actuales son probablemente menos que los niveles indicados por el estudio de Sarralde *et al.* 2007.

7.1.2 Descartes en las pesquerías de cerco, Rec. 17-01, párrafo 5

Se recordó al Grupo que es una obligación en ICCAT que las CPC faciliten información sobre descartes para todas las flotas y especies. La tabla de Tarea 1 muestra que los primeros informes de descartes de patudo son de 2011, pero a partir de 2015 se han producido envíos esporádicos de descartes de patudo y están limitados a muy pocas CPC. El Grupo necesita datos fiables para facilitar una respuesta a esta petición, pero los informes de descartes son muy inconstantes para ser actualmente de uso para desarrollar una respuesta. Es probable que los descartes de la flota de cerco sean pequeños debido a 1) que la mayoría de la captura fortuita (particularmente especies de pequeños túnidos y otros peces óseos) forma parte del llamado faux poisson y 2) las prohibiciones de descarte de la Rec. 17-01.

La Secretaría aclaró que la información sobre peces descartados debería facilitarse como parte de la estimación de la captura nominal de Tarea 1 (ST02) y que el formulario de observadores (ST09) es para enviar información sobre captura fortuita. El formulario ST02 permite actualmente la comunicación de los desembarques, descartes y descartes de ejemplares vivos, pero no ocurre lo mismo con el ST09. Además, la información del ST09 se facilita en números y representa solo una parte del total, lo que da una imagen incompleta de los descartes.

Se indicó que sería útil para el SCRS y la Comisión revisar los informes de descartes de las flotas de cerco que los han comunicado en el ST02 y, desde 2019, en el ST09. La información para 2020 solo estará disponible después de la fecha límite del 31 de julio. La Secretaría informó de que el documento SCI-08 proporciona regularmente este tipo de información tanto al SCRS como a la Comisión.

Se constató que la Rec. 17-01 no está dirigida exclusivamente a las flotas de cerco (párrafo 5), sino también a otros artes principales que se dirigen a los túnidos tropicales. La **Tabla 23** muestra las CPC y los artes más importantes que contribuyen a la captura de patudo y que comunican descartes en el ST02 o el ST09.

7.1.3 TAC para 2022 y años futuros, Rec. 19-02, párrafo 3

Las proyecciones utilizadas para producir la K2SM se facilitarán en septiembre. Para esta respuesta véase la sección de Perspectivas del resumen ejecutivo.

7.1.4 Pesca con DCP prohibida, Rec. 19-02, párrafo 28

El Grupo discutió la información disponible para evaluar la actual veda temporal a las pesquerías con DCP. El Grupo indicó que un análisis de las capturas mensuales históricas sería de uso limitado porque no reflejaría el comportamiento de las flotas en la actual veda a los DCP. Además, se observó también que la solicitud de la Comisión se refiere a la captura en 2020 y 2021, pero que dichos datos de captura no están disponibles todavía.

El Grupo recordó un estudio presentado en el simposio del AOTTP (Perez *et al.*, Past and current dFADs fishing moratoria in Eastern Atlantic ocean: what can AOTTP data tell about the current dFAD moratorium efficiency for the conservation of juvenile tunas and about alternate protected time-areas). Este estudio evaluaba la eficacia de dos moratorias (Rec. 15-01 y Rec. 98-01) usando los datos de marcado del AOTTP. Aunque el estudio concluyó que ambas moratorias son eficaces para limitar las recapturas de listado y rabil durante el periodo de noviembre-febrero, no se pudo extraer ninguna conclusión para el patudo debido a la falta de limitaciones al número de patudos liberados dentro y fuera de la veda temporal a los DCP.

El Grupo acordó preparar una tabla con la reciente evolución de las capturas mensuales de túnidos tropicales de cerco por modo de pesca y especie utilizando la información de Tarea 2 desde 2010 a 2019, indicando las diferentes vedas espacio-temporales a los DCP que ha habido. La tabla incluirá porcentajes entre los meses por especies y entre las especies por mes. Esta tarea se terminará para la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2021.

Se discutió el impacto de la moratoria en la eficiencia y las operaciones de la flota de cerco, particularmente se discutió sobre el significado de eficiencia en este contexto. Se sugirió redactar una recomendación de investigación sobre este tema debido al hecho de que no hubo una solicitud clara de la Comisión sobre este tema. Se sugirió también realizar un análisis del rendimiento por recluta y también analizar la información para identificar los meses que minimizan las capturas de rabil y patudo juveniles manteniendo las capturas de listado. Y todo esto en el contexto de los cambios de B_{RMS} y RMS debido a cambios en la selectividad. Además de la tabla, el Grupo acordó obtener, a partir de los resultados más recientes de Stock Synthesis, la evolución de la mortalidad por pesca de patudo y rabil de un año para las flotas de superficie que usan DCP (cerco y cebo vivo). Esto se preparará para la reunión de septiembre y podría ayudar en esta respuesta.

7.1.5 Número máximo de lances en DCP que debería establecerse por buque o por CPC, Rec. 19-02, párrafo 31

Un reciente documento SCRS (SCRS/2021/135) preparado para la Subcomisión 1 incluía tablas que podrían ser útiles para responder a esta solicitud. El documento contiene información sobre la captura, el esfuerzo en tiempo de pesca, el número de plantados de DCP, pérdidas de DCP, tipos de DCP y otras variables para las flotas de cerco. En la revisión del Grupo se actualizaron algunas figuras del documento para corregir algunos errores en la información sobre localización. Las figuras del documento que indican localizaciones de DCP perdidos indican la última posición que transmitió un determinado DCP. Dichas posiciones pueden representar DCP que están demasiado lejos para ser recuperados y, por tanto, perdidos para la flota cuando la baliza deja de transmitir. También pueden representar posiciones donde otro buque recupera el DCP y reusa el DCP, y en el proceso la baliza se desconecta.

El Grupo señaló que los datos solicitados a las flotas que plantan DCP en la Rec. 19-02 podrían no incluir necesariamente el envío de datos precisos que serían necesarios para evaluar las recomendaciones acerca de un número adecuado de lances en DCP. Por ejemplo, aunque el número de lances en DCP es una de muchas mediciones del esfuerzo que las CPC tienen la opción de elegir a la hora de comunicar la captura y el esfuerzo, la mayoría de las CPC eligen otras mediciones del esfuerzo en sus informes.

Para que el SCRS proporcione orientaciones sobre el número de DCP por flota sería necesario contar con información sobre el número presente y pasado de lances en DCP. Además, el esfuerzo pesquero sobre DCP es una compleja interacción de factores como el número de DCP plantados, los DCP objeto de seguimiento por el buque, la tecnología de la boya y el uso de buques de apoyo, entre otros.

Se acordó que no se dispone de información suficiente para proporcionar asesoramiento sobre el número de lances en DCP por buque, tal y como solicitó la Comisión. Asimismo, se aclaró que cualquier posible evaluación que el SCRS pudiera hacer sería respecto al número de DCP por flota y no respecto al número de DCP por CPC o buque. El Grupo concluyó que eran necesarias más orientaciones de la Comisión para poder facilitar una respuesta más precisa.

7.1.6 Impacto de los buques de apoyo en las capturas de juveniles de patudo y rabil, Rec. 19-02, párrafo 33

La Secretaría ha recibido poca información y a menudo incoherente para ayudar en la respuesta a esta solicitud. La **Tabla 24** muestra el número de CPC/pabellones que han enviado el formulario ST07 buques de apoyo por año y la **Tabla 25** el de CPC/pabellones que han indicado en el ST07 si han tenido o no actividad con buques de apoyo para las pesquerías de túnidos tropicales. Como se puede observar en estas tablas, la disponibilidad de datos es limitada. Para la mayoría de formularios ST07 enviados no hay información disponible para establecer el vínculo entre las capturas de los cerqueros y los buques de apoyo. El Grupo fue informado de que los científicos de la UE están realizando actualmente análisis en el contexto de la estandarización de la CPUE del cerco con DCP y de que incorporan un efecto buque de apoyo en el proceso de estandarización. Se prevé que este trabajo estará finalizado para la evaluación de listado de 2022 y que proporcionará información adicional a esta solicitud de la Comisión. El Grupo no puede proporcionar una respuesta final a esta solicitud de la Comisión.

7.1.7 Recomendación del SCRS sobre la presencia de un observador humano a bordo de conformidad con el Anexo 7 y/o un sistema de seguimiento electrónico, Rec. 19-02, párrafo 55

En la última reunión intersesiones del Grupo de especies de istiofóridos (marzo de 2021), se creó un subgrupo para empezar a abordar esta solicitud para las pesquerías de palangre o para otras pesquerías. Se definieron diversas tareas: 1) recopilación y análisis de la bibliografía (por ejemplo, informes y documentos) sobre los resultados de la comparación entre los observadores humanos y el EMS, 2) descripción de los conocimientos actuales y datos que puede recopilar el EMS, 3) posibles lagunas en los conocimientos y necesidades de ensayos experimentales adicionales y 4) revisión del borrador de directrices sobre seguimiento electrónico elaborado por el GT sobre IMM.

Este subgrupo está preparando un borrador e informará al Grupo de especies de istiofóridos durante la reunión de septiembre. El Grupo propuso incorporar este tema en las discusiones del Subcomité de estadísticas de septiembre en el marco del punto «Otros asuntos» con el objetivo de ampliar el alcance del subgrupo sobre EMS a otros grupos de especies (por ejemplo, tropicales, pez espada, tiburones). Este trabajo continuará después de las sesiones plenarias del SCRS de 2021 y durante 2022 y el SCRS facilitará una respuesta a la Comisión sobre este tema en 2022.

7.1.8 Mejorar el proceso de MSE de acuerdo con la hoja de ruta del SCRS y continuar probando posibles procedimientos de ordenación, Rec. 19-02, párrafo 62

El coordinador del Grupo preparará para la próxima reunión del Grupo de especies de septiembre una hoja de ruta actualizada en el mismo formato que la elaborada por la Comisión utilizando la información incluida en la **Tabla 22**.

7.1.9 Eficacia que podrían tener las vedas completas de pesquerías en la línea de las respuestas en el documento PA1_505A/2019, Rec.19-02, párr. 66a

El Grupo esperaba una actualización de Herrera *et al.*, 2020 por parte de los científicos que presentaron el documento al SCRS, pero la actualización no se ha recibido, por tanto el coordinador del Grupo contactará con los autores para saber si presentarán una actualización antes de la reunión del Grupo de especies de septiembre.

7.1.10 Estimación de la capacidad en la zona del Convenio, que incluya al menos todas las unidades pesqueras que sean de gran escala o que operen fuera de la ZEE de la CPC en la que estén registradas, Rec. 19-02, párrafo 66b

El Grupo acordó preparar tablas de la evolución del número de grandes cerqueros y palangreros a partir de la información facilitada en los formularios ST01. No estaba claro si algunas CPC facilitan esta información en términos de buques registrados/autorizados o activos. Por tanto, al menos para el componente de cerco, el Grupo convino en actualizar la tabla con el reciente número de evolución de grandes cerqueros por CPC que opera en el Atlántico, estimado como se hizo en Restrepo *et al.*, 2020.

7.1.11 Desarrollar términos de referencia para una evaluación de los mecanismos de seguimiento, control y vigilancia en vigor en las CPC de ICCAT, Rec. 19-02, párrafo 66c

La Secretaría preparará los términos de referencia antes de septiembre en colaboración con los científicos del SCRS.

8. Adopción del informe y clausura

Aunque algunas partes del informe se adoptaron durante la reunión, la mayoría de las secciones no pudieron adoptarse. Se solicitó a los participantes que aportaran sugerencias de cambios al informe del presidente antes del 31 de julio de 2021. El primer borrador completo del informe se puso a disposición de los participantes el 02 de agosto de 2021 y fue adoptado por correspondencia el 27 de agosto de 2021.

El presidente explicó el plan de trabajo propuesto en preparación para la reunión de un día del Grupo durante las reuniones de los Grupos de especies a finales de septiembre de 2021. El presidente y los relatores de tónidos tropicales prepararán borradores del resumen ejecutivo de patudo, las respuestas a la Comisión, el plan de trabajo de 2021 y las recomendaciones sobre investigación. Estos borradores se pondrán a disposición de los participantes de esta reunión en ownCloud y se circularán a los jefes científicos de cada CPC para su revisión y para realizar comentarios antes del 31 de agosto de 2021. Los comentarios deberían facilitarse al presidente antes del 10 de septiembre de 2021 para que el presidente pueda actualizar los documentos y presentarlos al SCRS en el ownCloud de la reunión de los Grupos de especies como segundo borrador antes del 15 de septiembre de 2021.

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

Referencias

- Anon 2019. Report of the 2018 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 1721-1855.
- Anon 2021. Report of the 2021 Bigeye Tuna Stock Assessment Meeting. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 46-143.
- Carvalho, F., Winker, H., Courtney, D., Kapur, M., Kell, L., Cardinale, M., Schirripa, M., Kitakado, T., Yemane, D., Piner, K.R. and Maunder, M.N., 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments. *Fisheries Research*, 240, p.105959.
- Francis, R.C., 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 68(6), pp.1124-1138.
- Gelman, A., Rubin, D.B., 1992. Inference from Iterative Simulation Using Multiple Sequences. *Stat. Sci.* 7, 457–472. <https://doi.org/10.2307/2246093>.
- Geweke, J., 1992. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments., in: Berger, J.O., Bernardo, J.M., Dawid, A.P., Smith, A.F.M. (Eds.), *Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting*. Clarendon Press, Oxford, pp. 169–193.
- Hallier, J-P, B. Stequert, O. Maury, F-X. Bard. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.
- Heidelberger, P., Welch, P.D., 1992. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Oper. Res.* 31, 1109–1144. <https://doi.org/10.1287/opre.31.6.1109>.
- Herrera M., Sharma R., Calay S., Coelho R., Die D., Melvin G., Ortiz M., Restrepo V. and Neves dos Santos M. 2020. Progress report of the group evaluating the Decision Support Tool presented in Sharma & Herrera (2019) and proposal for further review and discussion by the SCRS. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 18-25.
- 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., Ono, K., Vert-Pre, K.A., Whitten, A.R., Punt, A.E., 2014. Looking in the rear-view mirror: Bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models, in: *ICES Journal of Marine Science*. pp. 99–110. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu198>.
- Hyndman and Koehler, 2006. Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting* 22(4), 679-688.
- Kell, L. T., Kimoto, A. and Kitakado., T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. *Fisheries Research*, 183:119–127.
- Kitakado T., K. Satoh, Sl Lee, NJ Su, T Matsumoto, H Yokoi, K Okamoto, Kyung Lee M, Lim JH, Kwon Y, Wang SP, Tsai WP, Chang ST, and Chang FC. 2021. Update of trilateral collaborative study among Japan, Korea and Chinese Taipei for producing joint abundance indices for the Atlantic bigeye tunas using longline fisheries data up to 2019. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 78(2): 169-196.
- Lorenzen, K., 1996. The relationship between body weight and natural mortality in juvenile and adult fish: a comparison of natural ecosystems and aquaculture. *Journal of fish biology*, 49(4), pp.627-642.
- Methot, R.D. and Taylor, R.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68:1744-1760.
- Methot, R.D. and Wetzel C.R. 2013 Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management, *Fisheries Research* 142: 86-99.
- Plummer, M., 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling, 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003); Vienna, Austria.

- Plummer, M., Nicky Best, Cowles, K., Vines, K., 2006. CODA: Convergence Diagnosis and Output Analysis for MCMC. R News 6, 7–11.
- Restrepo V., Murua H. , and Justel-Rubio A. 2020. Estimating the capacity of large-scale purse seiners fishing for tropical tunas in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 77(8): 26-31.
- Sarralde *et al.*, 2007. Estimación de los descartes y de las capturas de especies accesorias en la pesquería española de cerco de túnidos tropicales en el Océano Atlántico, entre 2001 y 2006. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(6): 2130-2139.
- Schirripa, M. 2016. An assessment of atlantic bigeye tuna for 2015. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(2): 428-471 (2016).
- Su and Yajima, 2012. R2jags-a package for running jags from R. <https://cran.r-project.org/web/packages/R2jags/index.html>.
- Walter J., Hiroki Y., Satoh K., Matsumoto T., Winker H., Urtizberea Ijurco A., and Schirripa M. 2019. Atlantic bigeye tuna stock synthesis projections and Kobe 2 matrices. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2283-2300.
- Winker, H., Carvalho, F., Kapur, M., 2018a. JABBA: Just Another Bayesian Biomass Assessment. Fish. Res. 204, 275–288. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.03.01>.
- Winker, H., Kerwath, S., Merino, G. Ortiz, M. 2018b. Bayesian state-space surplus production model JABBA assessment of Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*) stock. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 75(7): 2129-2168.
- Winker, H., Mourato, B., Chang, Y. 2019. Unifying parametrizations between age-structured and surplus production models: an application to Atlantic white marlin (*Kajika albida*) with simulation testing. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 76(4): 219-234.

TABLEAUX

Tableau 1. Prises déclarées (t) de la tâche 1 de thon obèse (*Thunnus obesus*) par zone, engin, et pavillon. (vr 2021-07-22).

Tableau 2. Estimations des prises de thon obèse de 2020 par CPC. Les colonnes 2017-2020 montrent la capture de la tâche 1 déclarée par les CPC ; la capture moyenne 2017/2019 représente la moyenne des captures déclarées pour la période 2017-2019 ; la capture de BET de la Commission montre les limites de capture suggérées dans la Rec. 19-02. L'estimation des captures pour 2020 fournit les captures estimées à partir des captures déclarées et des estimations des captures non déclarées effectuées par le Groupe (voir le texte de la section 2.1 pour plus de détails).

Tableau 3. Résumé des informations sur les marques conventionnelles apposées sur des thons obèses par année de remise à l'eau, au 16 juillet 2021. Les remises à l'eau représentent le nombre de spécimens marqués remis à l'eau et récupérés, le nombre correspondant de poissons marqués récupérés et déclarés après des années données en liberté. Les barres dans les colonnes des remises à l'eau et de récupération représentent l'histogramme des nombres. « Unk » représente le nombre de poissons récupérés dont l'année de récupération est inconnue. Le % de récupération représente le pourcentage de poissons relâchés dans une année donnée qui ont été récupérés. Les couleurs dans les colonnes des années représentent le nombre relatif de poissons récupérés, le vert foncé représentant moins de récupérations et le rouge foncé plus de récupérations.

Tableau 4. Résumé de la base de données des expériences de faux marquage de l'AOTTP au 14 juillet 2021. Le premier tableau contient des détails sur le pays et l'institution menant l'expérience et le nombre de poissons faisant l'objet d'un faux marquage (poissons munis d'une marque introduits dans la capture à l'insu de l'équipage) par année et par équipe. Le deuxième tableau représente le nombre de poissons faisant l'objet d'un faux marquage par espèce et par type de flottille. Le troisième tableau contient le nombre de poissons faisant l'objet d'un faux marquage qui ont été déclarés.

Tableau 5. Définition de la structure de la flottille pour Stock Synthesis. PS : senne ; BB : Canneurs ; LL : palangre, RR : Canne/moulinet ; HL : ligne à main ; 5KCS : spline cubique à 5 nœuds ; DN : double Normal ; ASY : logistique asymptotique.

Tableau 6. Paramètres du modèle de croissance du thon obèse de Richards.

Tableau 7. Hypothèses de mortalité naturelle par âge utilisées dans la grille d'incertitude de Stock Synthesis.

Tableau 8. Tableau des spécifications des scénarios de référence et de sensibilité.

Tableau 9. Hypothèses alternatives de la grille d'incertitude. Max_age représente les vecteurs de mortalité naturelle obtenus sous différentes hypothèses d'âge maximum (voir **tableau 7**). Les valeurs en gras correspondent au cas de référence.

Tableau 10. Paramètres de forme et leurs ratios B_{PME}/K associés pour la grille d'incertitude considérée pour les modèles mpb.

Tableau 11. Résumé des scénarios de la grille d'incertitude pour les scénarios JABBA pour le thon obèse de l'Atlantique.

Tableau 12. Estimations des paramètres pour la sélectivité, le recrutement et la capturabilité, valeurs de départ et priors pour le cas de référence de Stock Synthesis (Max_age =20, Steepness 0,8, SigmaR=0,4).

Tableau 13. Fonction objective du modèle, estimations de R_0 et F_{PME} à travers la grille d'incertitude de Stock Synthesis. En gras, le cas de référence.

Tableau 14. Résumé de l'analyse rétrospective, de l'analyse de la simulation rétrospective, du gradient final et des RMSE (racine de l'erreur quadratique moyenne) de l'indice et de la composition par taille pour les scénarios de sensibilité explorant les effets des changements entre l'évaluation 2018 et celle de 2021. La période rétrospective et de simulation rétrospective (2018-2014) est la même pour la grille d'incertitude, sauf pour l'indice palangrier. L'indice palangrier est disponible avant 2017 dans l'évaluation du stock de thon obèse de 2018. Lorsque l'analyse de la simulation rétrospective est appliquée à l'indice pour la même période (2018-2014), seuls les résultats de trois années (2014-2016) seront obtenus. Par conséquent, une analyse de simulation rétrospective sur 7 ans (2018-2012) pour l'indice LL est appliquée pour obtenir des résultats sur 5 ans (2016-2012). Pour votre référence, les résultats (MASE) de la palangre pour la période de trois ans (2014-2016) sont également présentés.

Tableau 15. Résumé de l'analyse rétrospective et de l'analyse de simulation rétrospective ainsi que du gradient final et des RMSE (racine de l'erreur quadratique moyenne) de l'indice et de la composition en taille pour les 27 scénarios de la grille d'incertitude.

Tableau 16. Paramètres biologiques et points de référence basés sur la PME, l'état du stock et les paramètres estimés du modèle pour le cas de production excédentaire MPB-référence (Fox) et la grille d'incertitude calculée avec bootstraps.

Tableau 17. Paramètres estimés du modèle et points de référence pour des scénarios de sensibilité déterministes sélectionnés du MPB.

Tableau 18. Résumé, y compris points de référence basés sur la PME, des quantiles a posteriori indiquant la médiane et les intervalles de confiance de 95% des estimations des paramètres pour les scénarios de JABBA S01-S10).

Tableau 19. Estimations par la grille d'incertitude Stock Synthesis (dans tous les 27 scénarios) de la biomasse du stock reproducteur par rapport à SSB_{PME} et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} entre 1952 et 2019 pour le thon obèse de l'Atlantique. La médiane et les intervalles de confiance de 80% fournis sont basés sur 10000 itérations de l'approximation MVNL.

Tableau 20. Captures présumées en 2020 et 2021 par trimestre et par flottille.

Tableau 21. Résumé des recommandations sur la recherche et les statistiques. Les recommandations considérées comme hautement prioritaires / ayant des implications financières sont mises en évidence en gris et en caractères gras.

Tableau 22. Détail du développement et des activités proposées pour les initiatives MSE pour les thonidés tropicaux. La feuille de route actualisée de la MSE pour la Commission est présentée à la section 7.1.8 du présent rapport.

Tableau 23. Combinaisons de CPC et d'engins déclarant des captures de thon obèse dans la zone de la convention ICCAT. Seules celles qui sont responsables de plus de 1000 tonnes au cours de la décennie sont indiquées. Elles sont classées de haut en bas en fonction du total des captures dans les années 2010. Les barres bleues indiquent les niveaux de capture de thon obèse. En jaune sont surlignées les combinaisons de CPC-engin-année qui ont fourni des rapports de rejets.

Tableau 24. Nombre de CPC/pavillons qui ont fourni au Secrétariat de l'ICCAT des formulaires ST07 sur les navires de ravitaillement par année.

Tableau 25. Nombre de CPC/pavillons qui ont transmis le formulaire ST07 et indiqué s'ils avaient (OUI) ou n'avaient pas (NON) d'activité de navires de support pour les pêcheries de thonidés tropicaux (valeurs zéro en rouge).

TABLAS

Table 1. Capturas comunicadas de Tarea 1 (t) de patudo (*Thunnus obesus*) por área, arte y pabellón. (vr 2021-07-22).

Tabla 2. Estimaciones de las capturas de patudo de 2020 por CPC. Las columnas 2017-2020 muestran las capturas de la Tarea 1 comunicadas por las CPC. La captura media 2017/2019 representa el promedio de las capturas notificadas para el periodo 2017-2019 La captura BET de la Comisión muestra los límites de captura sugeridos en la Rec 19-02. La captura estimada 2020 proporciona la captura estimada derivada de las capturas notificadas y las estimaciones de las capturas no notificadas realizadas por el Grupo, (véase el texto de la Sección 2.1 para más detalles).

Tabla 3. Resumen de la información de las marcas convencionales de patudo por año de liberación a partir del 16 de julio de 2021. «Releases» representan el número de peces marcados liberados, «Recaptures», el número correspondiente de peces marcados recuperados y comunicados tras un determinado número de años en libertad. Las barras en las columnas de liberaciones y recapturas representan el histograma de números. «Unk» representa el número de peces recuperados para los que se desconoce el año de recuperación «Recapture» representa el porcentaje de peces liberados en un año determinado que fueron recuperados. Los colores en las columnas de los años representan el número relativo de paces recuperados, el verde oscuro representa menos recuperaciones y el rojo oscuro más recuperaciones.

Tabla 4. Resumen de la base de datos de experimentos de detección y comunicación de marcas del AOTTP al 14 de julio de 2021. La primera tabla contiene detalles sobre el país y la institución que lleva a cabo el experimento y el número de peces utilizados para los experimentos de detección y comunicación de marcas (peces con una marca introducida en la captura sin el conocimiento de la tripulación) por año y equipo. La segunda tabla representa el número de peces utilizados para los experimentos de detección y comunicación de marcas por especie y tipo de flota. La tercera tabla contiene el número de peces utilizados en el experimento de detección y comunicación de marcas notificados. **Tabla 5.** Definición de la estructura de la flota para stock synthesis. PS = cerco, BB: cebo vivo, LL: palangre, RR: caña y carrete, HL: liña de mano, 5KCS: splines cúbicos de 5 nudos, normal doble; ASY: Normal doble; ASY Logística asintótica

Tabla 6. Parámetros de patudo del modelo de crecimiento de Richards

Tabla 7 Supuestos de mortalidad natural por edad utilizados en la matriz de incertidumbre de stock synthesis.

Tabla 8. Tabla de referencia y especificaciones del ensayo de sensibilidad.

Tabla 9. Supuestows alternativos de la matriz de incertidumbre. Max_age representan vectores de mortalidad natural obtenidos bajo diferentes supuestos de edad máxima (Ver **Tabla 7**). Los valores en negrita corresponden al caso de referencia.

Tabla 10. Parámetros de forma y sus ratios B_{RMS}/K asociadas para la matriz de incertidumbre considerada para los modelos mpb.

Tabla 11. Resumen de los escenarios de la matriz de incertidumbre para los ensayos de JABBA para el patudo del Atlántico.

Tabla 12. Estimaciones de los parámetros de selectividad, reclutamiento y capturabilidad, valores de partida y distribuciones de previas para el caso de referencia de stock synthesis (Edad_máxima =20, Inclinación 0,8, SigmaR=0,4).

Tabla 13. Función objetivo del modelo, estimaciones de R_0 y F_{RMS} a través de la matriz de incertidumbre de synthesis. El caso de referencia se ha resaltado en negrita.

Tabla 14. Resumen del análisis retrospectivo, el análisis de simulación retrospectiva, el gradiente final y los RMSE (error cuadrático medio) del índice y la composición por tallas para los ensayos de sensibilidad que exploran los efectos de los cambios entre la evaluación de 2018 y 2021. El periodo retrospectivo y de simulación retrospectiva (2018-2014) es el mismo para la matriz de incertidumbre, excepto para el índice de palangre. El índice de palangre está disponible antes de 2017 en la evaluación de stock de patudo de 2018. Al aplicar el análisis de la simulación retrospectiva al índice para el mismo periodo (2018-2014), solo se obtendrán resultados de tres años (2014-2016). Por lo tanto, se aplica un análisis simulación retrospectiva de siete años (2018-2012) para el índice LL para obtener resultados de cinco años (2016-2012). Para su referencia, también se presentan los resultados (MASE) del palangre para el periodo de tres años (2014-2016).

Tabla 15. Resumen del análisis retrospectivo, el análisis de simulación retrospectiva, el gradiente final y los RMSE (error cuadrático medio) del índice y la composición por tallas para 27 ensayos de la matriz de incertidumbre.

Tabla 16. Parámetros biológicos y puntos de referencia basados en RMS, estado del stock y parámetros estimados del modelo para el caso de producción excedente MPB-Referencia (Fox), y la cuadrícula de incertidumbre calculada con bootstraps.

Tabla 17. Parámetros estimados del modelo y niveles de referencia para determinados ensayos de sensibilidad deterministas de MPB.

Tabla 18. Resumen, incluidos los niveles de referencia basados en el RMS, de los cuantiles posteriores que denotan la mediana y los intervalos de confianza del 95 % de las estimaciones de los parámetros para los escenarios de la JABBA (S01-S10).

Tabla 19. Estimaciones de la matriz de incertidumbre de stock synthesis (en los 27 ensayos) de la biomasa del stock reproductor en relación con la SSB_{RMS} y la mortalidad por pesca en relación con la F_{RMS} entre 1952 y 2019 para el patudo del Atlántico. La mediana y los intervalos de confianza del 80 % proporcionados se basan en 10.000 iteraciones de la aproximación MVNL.

Table 20. Capture asumida en 2020 y 2021 por trimestre y por flota.

Table 21. resumen de recomendaciones sobre investigación y estadísticas. Las recomendaciones que se consideran de alta prioridad / tienen implicaciones financieras están resaltadas en gris y en negrita.

Tabla 22. Detalle del desarrollo y de las actividades propuestas para las iniciativas de MSE para los túnidos tropicales. La hoja de ruta actualizada de la Comisión para las MSE se presenta en la sección 7.1.8 de este informe.

Tabla 23. Combinaciones de CPC y artes que declaran las capturas de patudo en la zona del convenio de ICCAT. Sólo se muestran los responsables de más de 1.000 t por década. Están ordenados de mayor a menor según el total de capturas en la década de 2010. Las barras azules indican los niveles de captura de patudo. En amarillo se destacan las combinaciones de CPC-año que han proporcionado informes de descarte.

Tabla 24. Número de CPC/Pabellones que han proporcionado formularios de buques de apoyo ST07 por año a la Secretaría de ICCAT.

Tabla 25. Número de CPC/Pabellones que han comunicado el ST07 y han indicado si tenían (YES) o no tenían (NO) actividad de buques de apoyo a la pesca del túnidos tropicales (valores rojos cero).

FIGURES

Figure 1. Proportion de thons obèses dans le total des captures d'espèces tropicales (YFT, SKJ, BET) carré de 5x5, année et trimestre. Le premier trimestre (janv-mars) a été exclu en raison des effets des fermetures spatio-temporelles.

Figure 2. Effort de pêche total, jours en mer, carré de 5x5 et année des flottilles du Ghana ciblant les thonidés tropicaux. Les grilles indiquées représentent une estimation de l'effort de pêche non nulle.

Figure 3. Comparaison de la stratification de la zone géographique utilisée pour la structure de la flottille par Stock Synthesis (à gauche) et pour l'estimation de l'indice palangrier combiné pour l'évaluation du stock de thon obèse de 2021 (à droite) (SCRS/2021/052).

Figure 4. Débarquements (t) pour chacune des flottilles définies dans les modèles de Stock Synthesis. (Le **tableau 5** contient les détails des définitions des flottilles).

Figure 5. Indices d'abondance utilisés dans les modèles de Stock Synthesis. Indice trimestriel des bouées acoustiques (panneau supérieur) pour 2010 à 2019 et indice palangrier annuel conjoint pour 1959 à 2019 (panneau inférieur).

Figure 6. Graphiques à bulles de la fréquence annuelle des longueurs pour les flottilles considérées dans les modèles de Stock Synthesis. (Le **tableau 5** contient les détails des définitions des flottilles).

Figure 7. Estimations de l'âge maximal utilisées dans l'évaluation des stocks de thon obèse et d'albacore par diverses ORGP. Les cercles rouges représentent les estimations pour le BET utilisées dans la CTOI, l'IATTC et la WCPFC. Les symboles bleus correspondent aux estimations utilisées dans les évaluations des stocks de l'ICCAT. Les croix bleues représentent les estimations utilisées par l'ICCAT dans l'évaluation précédant l'évaluation la plus récente de chaque stock. Les cercles représentent les estimations de l'âge maximum utilisées dans les évaluations de l'ICCAT de l'albacore (2019) et du thon obèse (2021). L'évaluation 2021 de l'ICCAT du thon obèse a utilisé trois valeurs d'âge maximum dans la grille d'incertitude.

Figure 8. Hypothèses de mortalité naturelle à l'âge utilisées pour les scénarios du modèle Stock Synthesis. Les lignes rouges représentent les hypothèses utilisées dans l'évaluation du BET de 2018. Les lignes bleues représentent les hypothèses faites dans l'évaluation actuelle.

Figure 9. Fonction objective finale pour le cas de référence de Stock Synthesis à travers des valeurs de paramètres de départ qui ont légèrement varié.

Figure 10. Ajustements du cas de référence de Stock Synthesis (panneaux de gauche) et valeurs résiduelles (panneaux de droite) à l'indice des bouées acoustiques (panneaux supérieurs) et à l'indice de la palangre conjoint (panneaux inférieurs). Les lignes bleues pleines représentent les prédictions et les barres représentent les observations avec leurs CV.

Figure 11. Test des scénarios de diagnostic sur les ajustements résiduels aux indices d'abondance (panneau supérieur, bouée acoustique ; panneau inférieur, indice palangrier conjoint) pour le cas de référence de Stock Synthesis. Les cercles rouges représentent les valeurs aberrantes et la boîte rouge représente l'échec global du test des scénarios.

Figure 12. Ajustements aux compositions de longueur agrégées de la flottille pour le cas de référence de la synthèse des stocks. Les points noirs représentent les données de longueur observée agrégées pour toutes les années. Les lignes vertes représentent les prédictions du modèle.

Figure 13. Valeurs résiduelles des données de composition par taille du thon obèse des principales flottilles de pêche pour le cas de référence de Stock Synthesis. Le diamètre du cercle représente la valeur de la valeur résiduelle ; les cercles blancs représentent les valeurs résiduelles négatives et les cercles foncés les valeurs résiduelles positives.

Figure 14. Estimations des écarts de recrutement pour la période 1974-2018 pour le cas de référence de Stock Synthesis.

Figure 15. Les corrections de biais pour le recrutement s'écartent dans le cas de référence de Stock Synthesis.

Figure 16. Profil de vraisemblance du recrutement vierge (échelle logarithmique) à partir du cas de référence de Stock Synthesis.

Figure 17. Estimations de la biomasse du stock reproducteur à partir du cas de référence de Stock Synthesis.

Figure 18. Comparaison des estimations de la biomasse du stock reproducteur entre le scénario du modèle de continuité de 2021 (noir) et le scénario du scénario de référence de l'évaluation de 2018 (bleu).

Figure 19. Sensibilité des tendances de la SSB (t) du cas de référence de Stock Synthesis à la suppression de certains indices d'abondance relative ou à la réduction du CV des indices d'abondance relative.

Figure 20. Tendances de SSB/SSB_{PME} et F/F_{PME} issues des scénarios de sensibilité par étapes de Stock Synthesis construits pour évaluer l'influence des changements apportés depuis l'évaluation des stocks de 2018. Les lignes représentent les cas de référence de 2018 (2018_ref) et de 2021 (2021_ref), le cas de référence de 2018 remplaçant l'indice palangrier conjoint de 2018 par l'indice palangrier conjoint de 2021 (2018_ref_new_CPUE) et ce dernier cas avec le remplacement de la mortalité naturelle de 2018 par la mortalité naturelle de 2021 (2018_ref_new_CPUE_new_M).

Figure 21. Comparaison des valeurs résiduelles du cas de référence de Stock Synthesis de 2021 (panneaux de gauche) et des valeurs résiduelles du scénario de sensibilité où l'indice palangrier conjoint de 2021 a été remplacé par l'indice palangrier conjoint de 2018 (panneaux de droite).

Figure 22. Estimations du recrutement à la biomasse du stock reproducteur non pêché et F_{PME} pour les 27 modèles de Stock Synthesis de la grille d'incertitude. Le numéro de référence du modèle sur l'axe des x correspond à la configuration du modèle indiquée dans le **tableau 13**.

Figure 23. Série temporelles des tendances de l'état des stocks dans les 27 modèles de Stock Synthesis de la grille d'incertitude. Les panneaux de chaque colonne représentent les différentes hypothèses d'âge maximum et donc de mortalité naturelle. Les panneaux supérieurs représentent les tendances SSB/SSB_{PME} et les panneaux inférieurs les tendances F/F_{PME} . Les lignes individuelles représentent différentes combinaisons de steepness et de sigmaR.

Figure 24. SSB/SSB_{PME} dynamique et capture au niveau de la PME (panneau de gauche) et F/F_{PME} (panneau de droite) par année de référence, démontrant les effets des changements dans la sélectivité pour le thon obèse en utilisant le cas de référence SS 2021.

Figure 25. Trajectoires de B/B_{PME} des scénarios déterministes de MPB pour le cas de référence et neuf scénarios de la grille d'incertitude.

Figure 26. Trajectoires de F/F_{PME} des scénarios déterministes de MPB pour le cas de référence et neuf scénarios de la grille d'incertitude.

Figure 27. Estimations de la biomasse et de la mortalité par pêche à partir de scénarios de sensibilité déterministes de MPB sélectionnés.

Figure 28. Distributions JABBA a priori et a posteriori de divers paramètres pour les scénarios JABBA S01 (panneaux supérieurs) et S06 (panneaux inférieurs) ajustés pour le thon obèse de l'Atlantique. PPRM : ratio de la distribution a posteriori et de la distribution a priori des médianes ; PPRV : ratio de la distribution a posteriori et de la distribution a priori des variances.

Figure 29. Écarts de l'erreur du processus JABBA (médiane : ligne continue) avec la zone grise ombrée indiquant les intervalles de crédibilité à 95% pour les scénarios JABBA S01(panneau de gauche) et S06 (panneau de droite).

Figure 30. 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) et de la courbe de production excédentaire (panneaux de droite) pour les scénarios de la grille d'incertitude du modèle de production JABBA de production excédentaire état-espace de type bayésien.

Figure 31. Analyse rétrospective JABBA réalisée pour les scénarios S01 (panneaux supérieurs) et S06 (panneaux inférieurs) pour le thon obèse de l'Atlantique, en supprimant séquentiellement une année à la fois ($n=8$) et en prédisant les tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à la PME (B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche par rapport à la 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 32. Résultats de la validation croisée (HCxval) de la simulation rétrospective JABBA pour les scénarios S01 (panneau supérieur) et S06 (panneau inférieur) pour le thon obèse de l'Atlantique, montrant les prévisions à un an d'avance des valeurs de CPUE (2011-2019), réalisée avec huit 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 de 95% associé, ombré en gris clair. L'année de référence du modèle se réfère aux points finaux de chaque prévision sur un an et à l'observation correspondante (c'est-à-dire l'année d'extraction + 1).

Figure 33. Comparaisons des scénarios de sensibilité JABBA utilisant l'indice conjoint de 2021 ou l'indice conjoint de 2018. 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) et de la biomasse par rapport à K (B/K) et la courbe de production excédentaire (panneaux inférieurs).

Figure 34. Comparaison des estimations de SSB/SSBPME (Stock Synthesis) ou B/B_{PME} (modèles de production - MPB et JABBA) entre 1950 et 2019 par tous les scénarios pour le thon obèse de l'Atlantique. Les diagrammes en boîte représentent la distribution annuelle des estimations de la biomasse relative provenant des modèles déterministes dans la grille d'incertitude, les lignes représentent la médiane de la distribution pour chaque type de modèle (Stock Synthesis, MPB, JABBA).

Figure 35. Comparaison des estimations de F/F_{PME} entre 1950 et 2019 par tous les scénarios pour le thon obèse de l'Atlantique. Les diagrammes en boîte représentent la distribution annuelle des estimations de la mortalité par pêche relative provenant des modèles déterministes dans la grille d'incertitude, les lignes représentent la médiane de la distribution pour chaque type de modèle (Stock Synthesis, MPB, JABBA).

Figure 36. Comparaisons de la médiane et des intervalles de confiance ou de crédibilité à 95% des trajectoires de B/B_{PME} (modèles de production) ou SSB/SSBPME (Stock Synthesis) entre les modèles de production (JABBA et MPB) et les modèles de Stock Synthesis selon les scénarios d'âge maximal ($M=17, 20$ et 25) et de steepness ($h=0,7, 0,8$ et $0,9$). Pour les modèles de Stock Synthesis, chaque panneau comprend trois hypothèses différentes de sigma R ($\sigma_R=0,2, 0,4$, et $0,6$). Les intervalles de confiance ont été calculés sur la base de 5000 itérations MVNL pour la Stock Synthesis et de 500 itérations bootstrap pour MPB, et les intervalles de crédibilité pour JABBA ont été calculés sur la base de 30000 itérations MCMC.

Figure 37. Comparaison de la médiane et des intervalles de confiance ou de crédibilité à 95% des trajectoires de F/F_{PME} entre les modèles de production (JABBA et MPB) et les modèles Stock Synthesis selon les scénarios d'âge maximal ($M=17, 20$ et 25) et de steepness ($h=0,7, 0,8$ et $0,9$). Pour les modèles de Stock Synthesis, chaque panneau comprend trois hypothèses différentes de sigma R ($\sigma R=0,2, 0,4$, et $0,6$). Les intervalles de confiance ont été calculés sur la base de 5000 itérations MVNL pour la Stock Synthesis et de 500 itérations bootstrap pour MPB, et les intervalles de crédibilité pour JABBA ont été calculés sur la base de 30000 itérations MCMC.

Figure 38. Diagramme de phase de Kobe pour les scénarios déterministes des 27 scénarios de la grille d'incertitude Stock Synthesis pour le thon obèse de l'Atlantique. Pour chaque scénario, les points de référence sont calculés à partir de la sélectivité spécifique à l'année et des allocations des flottilles. Les symboles représentent les estimations de la mortalité par pêche relative et de la biomasse relative du stock reproducteur pour 2019. Les lignes représentent l'évolution historique des estimations déterministes.

Figure 39. Diagramme de phase de Kobe pour les 27 scénarios de la grille d'incertitude Stock Synthesis pour le thon obèse de l'Atlantique. Pour chaque scénario, les points de référence sont calculés à partir de la sélectivité et des allocations aux flottilles spécifiques à l'année et se basent sur 10000 itérations MVNL. Le point bleu montre la médiane de 270.000 itérations pour SSB_{2019}/SSB_{PME} et F_{2019}/F_{PME} pour l'ensemble des scénarios dans la grille. La ligne noire avec les symboles noirs représente l'évolution historique de la médiane de tous les scénarios. Les points gris représentent les estimations de 2019 de la mortalité par pêche relative et de la biomasse relative du stock reproducteur pour 2019 pour chacune des 270.000 itérations. Le graphique supérieur représente la distribution de fréquence lissée des estimations de SSB/SSB_{PME} pour 2019. Le graphique de droite représente la distribution de fréquence lissée des estimations F/F_{PME} pour 2019. Le graphique circulaire inséré représente le pourcentage de chaque estimation de 2019 qui se situe dans chaque quadrant du diagramme de Kobe.

Figure 40. Diagramme de phase de Kobe pour les 27 scénarios de la grille d'incertitude de Stock Synthesis selon trois hypothèses d'âge maximal (M) différentes pour le thon obèse de l'Atlantique (M : rose=17 ; vert=20, bleu=25). Pour chaque scénario, les points de référence sont calculés à partir de la sélectivité spécifique à l'année et des allocations des flottilles et se basent sur 10000 itérations MVNL. Les distributions de fréquence lissées représentent les estimations de 2019 de SSB/SSB_{PME} (en haut) et F/F_{PME} (à droite).

Figure 41. Diagramme de phase de Kobe pour les 27 scénarios de la grille d'incertitude de Stock Synthesis selon trois hypothèses différentes de steepness (h) pour le thon obèse de l'Atlantique (h : rose=0,7 ; vert=0,8, bleu=0,9). Pour chaque scénario, les points de référence sont calculés à partir de la sélectivité et des allocations aux flottilles spécifiques à l'année, et basés sur 10000 itérations MVNL. Les distributions de fréquence lissées représentent les estimations de 2019 de SSB/SSB_{PME} (en haut) et F/F_{PME} (à droite).

Figure 42. Diagramme de phase de Kobe pour les 27 scénarios de la grille d'incertitude de Stock Synthesis selon trois hypothèses sigma R différentes pour le thon obèse de l'Atlantique (σR : rose=0,2 ; vert=0,4, bleu=0,6). Pour chaque scénario, les points de référence sont calculés à partir de la sélectivité et des allocations aux flottilles spécifiques à l'année et se basent sur 10000 itérations MVNL. Les distributions de fréquence lissées représentent les estimations de 2019 de SSB/SSB_{PME} (en haut) et F/F_{PME} (à droite).

Figure 43. Projections déterministes de SSB/SSB_{PME} pour les 27 scénarios de la grille d'incertitude de Stock Synthesis avec des TAC constants de 35.000 à 90.000 t pour le thon obèse de l'Atlantique. Les lignes représentent la moyenne de 27 scénarios et la ligne noire correspond au TAC actuel (61.500t). La barre grise représente la période où les captures pour 2020 et 2021 sont fixées à 59.919 t et 61.500 t respectivement.

Figure 44. Projections déterministes de F/F_{PME} pour les 27 scénarios de la grille d'incertitude de Stock Synthesis à des TAC constants de 35.000 à 90.000 t pour le thon obèse de l'Atlantique. Les lignes représentent la moyenne de 27 scénarios et la ligne noire correspond au TAC actuel (61.500t). La barre grise représente la période où les captures pour 2020 et 2021 sont fixées à 59.919 t et 61.500 t respectivement.

FIGURAS

Figura 1. Proporción de patudo en el total de capturas de especies tropicales (YFT, SKJ, BET) por año y trimestre 5x5. Se excluyó el trimestre 1 de enero-marzo debido a los efectos de los cierres espacio-temporales.

Figura 2. Esfuerzo pesquero total, días en el mar 5x5 y año de las flotas pesqueras tropicales de Ghana. Las cuadrículas mostradas representan una estimación del esfuerzo pesquero no nulo.

Figura 3. Comparación de la estratificación de la zona geográfica utilizada para la estructura de la flota de stock synthesis (izquierda) y para la estimación del índice de palangre combinado para la evaluación de stock de BET de 2021 (derecha) (Kitakado et al., 2021).

Figura 4. Desembarques (toneladas) de cada una de las flotas definidas en los modelos stock synthesis. (La **Tabla 5** contiene los detalles de las definiciones de las flotas).

Figura 5. Índices de abundancia utilizados en los modelos de stock synthesis. Índice trimestral de boyas acústicas (panel superior) para 2010 a 2019 e índice anual conjunto del palangre para 1959 a 2019 (panel inferior).

Figura 6. Gráficos de burbuja de frecuencia de tallas anuales para las flotas consideradas en los modelos synthesis (La **Tabla 5** contiene los detalles de las definiciones de las flotas).

Figura 7. Estimaciones de la edad máxima utilizadas en la evaluación de stock de patudo y rabil por diversas OROP. Los círculos rojos representan las estimaciones de patudo utilizadas en la IOTC, la IATTC y la WCPFC. Los símbolos azules corresponden a las estimaciones utilizadas en las evaluaciones de stock de ICCAT. Las cruces azules representan las estimaciones utilizadas por ICCAT en la evaluación anterior a la más reciente de cada stock. Los círculos representan las estimaciones de edad máxima utilizadas en las evaluaciones de ICCAT de rabil (2019) y de patudo (2021). La evaluación de ICCAT de 2021 sobre el patudo utilizó tres valores de edad máxima en la matriz de incertidumbre.

Figura 8. Supuestos de mortalidad natural por edad utilizados en los ensayos del modelo de stock synthesis. Las líneas rojas representan los supuestos utilizados en la evaluación del BET de 2018. Las líneas azules representan los supuestos realizados en la evaluación actual.

Figura 9. Función objetivo final para el caso de referencia de stock synthesis través de los valores de los parámetros iniciales sometidos a ligeras variaciones.

Figura 10. Ajustes del caso de referencia de stock synthesis (paneles de la izquierda) y valores residuales (paneles de la derecha) al índice de boyas acústicas (paneles superiores) y al índice conjunto del palangre (paneles inferiores). Las líneas azules continuas representan las predicciones y las barras representan las observaciones con sus CV.

Figura 11. Prueba de diagnóstico de los ajustes residuales de los índices de abundancia (panel superior del índice de boyas acústicas, panel inferior del índice conjunto del palangre) para el caso de referencia de stock synthesis. Los círculos rojos representan los valores atípicos y el recuadro rojo representa el fracaso global de la prueba de ensayos.

Figura 12. Ajustes a las composiciones de tallas agregadas para el caso de referencia de stock synthesis. Los puntos negros representan los datos de talla observados agregados para todos los años. Las líneas verdes representan las predicciones del modelo.

Figura 13. Valores residuales de los datos de composición por talla del patudo de las principales flotas de captura para el caso de referencia de stock synthesis. El diámetro del círculo representa el valor del residuo; los círculos blancos representan los valores residuales negativos y los oscuros los positivos.

Figura 14. Desviaciones de reclutamiento estimadas para el periodo 1974-2018 para el caso de referencia de stock synthesis.

Figura 15. Las correcciones de sesgo para el reclutamiento se desvían en el caso de referencia de stock synthesis.

Figura 16. Perfil de verosimilitud del reclutamiento virgen (escala logarítmica) del caso de referencia de stock synthesis.

Figura 17. Estimaciones de la biomasa reproductora del caso de referencia de stock synthesis.

Figura 18. Comparación de las estimaciones de biomasa del stock reproductor entre el ensayo de continuidad del modelo de 2021 (negro) y ensayo del caso de referencia de la evaluación de 2018 (azul).

Figura 19. Sensibilidad de las tendencias de SSB (t) del caso de referencia de stock synthesis a la eliminación de determinados índices de abundancia relativa o a la reducción del CV de los índices de abundancia relativa.

Figura 20. Tendencias de SSB/SSB_{RMS} y F/F_{RMS} a partir de ensayos de sensibilidad graduales de stock synthesis contruidos para evaluar la influencia de los cambios realizados desde la evaluación de stock de 2018. Las líneas representan los casos de referencia de 2018 (2018_ref) y 2021 (2021_ref), el caso de referencia de 2018 sustituyendo el índice de palangre conjunto de 2018 por el índice de palangre conjunto de 2021 (2018_ref_new_CPUE) y este último caso con la sustitución de la mortalidad natural de 2018 por la de 2021 (2018_ref_new_CPUE_new_M).

Figura 21. Comparación de los valores residuales del caso de referencia de stock synthesis de 2021 (paneles de la izquierda) y los valores residuales del ensayo de sensibilidad en el que se ha sustituido el índice de palangre conjunto de 2021 por el índice de palangre conjunto de 2018 (paneles de la derecha).

Figura 22. Estimaciones del reclutamiento en la biomasa del stock reproductor sin pescar y F_{RMS} para los 27 modelos de stock synthesis de la matriz de incertidumbre. El número de referencia del modelo en el eje de las abscisas corresponde a la configuración del modelo que figura en la **Tabla 13**.

Figura 23. Series temporales de las tendencias del estado del stock en los 27 modelos de stock synthesis de la matriz de incertidumbre. Los paneles de cada columna representan los diferentes supuestos de edad máxima y, por tanto, de mortalidad natural. Los paneles superiores representan las tendencias SSB/SSB_{RMS} y los paneles inferiores las tendencias F/F_{RMS} . Las líneas individuales representan diferentes combinaciones de inclinación y σ_R .

Figura 24. Dinámica SSB/SSB_{RMS} y capturas en RMS (panel de la izquierda) y F/F_{RMS} (panel de la derecha) por año de nivel de referencia, demostrando los efectos de los cambios en la selectividad del patudo utilizando el caso de referencia SS 2021.

Figura 25. Trayectorias de B/B_{RMS} de los ensayos deterministas de MPB para el caso de referencia y nueve ensayos de la matriz de incertidumbre.

Figura 26. Trayectorias de F/F_{RMS} de los ensayos deterministas de MPB para el caso de referencia y nueve ensayos de la matriz de incertidumbre.

Figura 27. Estimaciones de biomasa y mortalidad por pesca a partir de ensayos de sensibilidad deterministas de MPB seleccionados.

Figura 28. Distribuciones JABBA previas y a posteriori de varios parámetros para los escenarios JABBA S01 (paneles superiores) y S06 (paneles inferiores) ajustados para el patudo del Atlántico. PPRM: Ratio de la distribución a posteriori y distribución previa de las medianas; PPRV: Ratio de la distribución a posteriori de las varianzas.

Figura 29. Las desviaciones del error del proceso JABBA (mediana: línea continua) con el área gris sombreada indicando los intervalos de credibilidad del 95 % para los escenarios JABBA S01(panel izquierdo) y S06 (panel derecho).

Figura 30. Tendencias de la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles de la izquierda), la biomasa relativa al RMS (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca relativa al RMS (F/F_{RMS}) (paneles del medio) y la curva de producción de excedentes (paneles de la derecha) para los escenarios de la matriz de incertidumbre del modelo bayesiano de producción de excedentes estado-espacio JABBA.

Figura 31. Análisis retrospectivo de JABBA realizado para los escenarios S01 (paneles superiores) y S06 (paneles inferiores) para el patudo del Atlántico, eliminando un año cada a vez de forma secuencial ($n=8$) y prediciendo las tendencias de la biomasa, la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa con respecto al 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 32. Resultados de validación cruzada de la simulación retrospectiva de JABBA (HCxval) para los escenarios S01 (panel superior) y S06 (panel inferior) para el patudo del Atlántico, que muestran las previsiones de los valores de CPUE con un año de antelación (2011-2019), realizadas con ocho ensayos del modelo de simulación retrospectiva con respecto a la CPUE prevista. 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 un año más allá y la observación correspondiente (es decir, año de extracción + 1).

Figura 33. Comparaciones de los escenarios de sensibilidad del JABBA utilizando el índice conjunto de 2021 o el índice conjunto de 2018. Tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), la biomasa con respecto a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y la mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles medios), la biomasa con respecto a K (B/K) y la curva de producción excedente (paneles inferiores).

Figura 34. Comparación de las estimaciones de SSB/SSB_{RMS} (stock synthesis) o B/B_{RMS} (modelos de producción - MPB y JABBA) entre 1950 y 2019 para todos los ensayos para el patudo del Atlántico. Los gráficos de caja representan la distribución anual de las estimaciones de biomasa relativa de los modelos deterministas en la matriz de incertidumbre, las líneas representan la mediana de la distribución para cada tipo de modelo (stock synthesis, MPB, JABBA).

Figura 35. Comparación de las estimaciones de F/F_{RMS} entre 1950 y 2019 para todos los ensayos para el patudo del Atlántico. Los gráficos de caja representan la distribución anual de las estimaciones de mortalidad por pesca relativa de los modelos deterministas en la matriz de incertidumbre, las líneas representan la mediana de la distribución para cada tipo de modelo (stock synthesis, MPB, JABBA).

Figura 36. Comparaciones de la mediana y de los intervalos de confianza o credibilidad al 95 % de las trayectorias B/B_{RMS} (modelos de producción) o SSB/SSB_{RMS} (stock synthesis) entre los modelos de producción (JABBA y MPB) y los modelos de stock synthesis según los escenarios de edad máxima ($M=17, 20$ y 25) y la inclinación ($h=0,7, 0,8$ y $0,9$). Para los modelos de stock synthesis, cada panel incluye tres supuestos diferentes de σ_R ($\sigma_R=0,2, 0,4$ y $0,6$). Los intervalos de confianza se calcularon sobre la base de 5.000 iteraciones MVNL para stock synthesis y 500 iteraciones bootstrap para MPB, y los intervalos de confianza para JABBA se basaron en 30.000 iteraciones MCMC.

Figura 37. Comparaciones de la mediana y de los intervalos de confianza o credibilidad al 95 % de las trayectorias F/F_{RMS} (entre los modelos de producción (JABBA y MPB) y los modelos de stock synthesis según los escenarios de edad máxima ($M=17, 20$ y 25) y la inclinación ($h=0,7, 0,8$ y $0,9$). Para los modelos de stock synthesis, cada panel incluye tres supuestos diferentes de σ_R ($\sigma_R=0,2, 0,4$ y $0,6$). Los intervalos de confianza se calcularon sobre la base de 5.000 iteraciones MVNL para stock synthesis y 500 iteraciones bootstrap para MPB, y los intervalos de confianza para JABBA se basaron en 30000 iteraciones MCMC.

Figura 38. Diagrama de fase de Kobe para los ensayos deterministas de los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis para el patudo del Atlántico. Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año. Los símbolos representan las estimaciones de la mortalidad por pesca relativa y de la biomasa relativa del stock reproductor para 2019. Las líneas representan la evolución histórica de las estimaciones deterministas.

Figura 39. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis para el patudo del Atlántico. Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año, basándose en 10.000 iteraciones MVNL. El punto azul muestra la mediana de 270.000 iteraciones para SSB_{2019}/SSB_{RMS} y F_{2019}/F_{RMS} para todo el conjunto de ensayos en la matriz. La línea negra con símbolos negros representa la evolución histórica de la mediana de todos los ensayos. Los puntos grises representan las estimaciones de 2019 de la mortalidad por pesca relativa y de la biomasa relativa del stock reproductor para 2019 para cada una de las 270.000 iteraciones. El gráfico superior representa la distribución de frecuencia suavizada de las estimaciones de SSB/SSB_{RMS} para 2019. El gráfico a la derecha representa la distribución de frecuencia suavizada de las estimaciones de F/F_{RMS} para 2019. El gráfico de tarta insertado representa el porcentaje de cada estimación de 2019 que se inscribe en cada cuadrante del diagrama de Kobe.

Figura 40. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre stock synthesis según tres supuestos diferentes de edad máxima (M) para el patudo del Atlántico (M : rosa=17; verde=20, azul=25). Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año, basándose en 10.000 iteraciones MVNL. Las distribuciones de frecuencia suavizadas representan las estimaciones de 2019 de SSB/SSB_{RMS} (arriba) y F/F_{RMS} (derecha).

Figura 41. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis según tres supuestos diferentes de inclinación (h) para el patudo del Atlántico (h : rosa=0,7; verde=0,8, azul=0,9) Para cada ensayo, los niveles de referencia se calculan a partir de la selectividad específica del año y las asignaciones de la flota, y se basan en 10.000 iteraciones de MVNL. Las distribuciones de frecuencia suavizadas representan las estimaciones de 2019 de SSB/SSB_{RMS} (arriba) y F/F_{RMS} (derecha).

Figura 42. Diagrama de fase de Kobe para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis según tres supuestos diferentes de sigma R para el patudo del Atlántico (sigma R: rosa=0,2; verde=0,4, azul=0,6). Para cada ensayo se calculan los niveles de referencia a partir de las asignaciones de flota y la selectividad específica del año, basándose en 10.000 iteraciones MVNL. . Las distribuciones de frecuencia suavizadas representan las estimaciones de 2019 de SSB/SSB_{RMS} (arriba) y F/F_{RMS} (derecha).

Figura 43. Proyecciones deterministas de SSB/SSB_{RMS} para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis con TAC constantes de 35-90 mil toneladas para el patudo del Atlántico. Las líneas son la media de 27 ensayos y la línea negra es para el TAC actual (61500t). La barra gris representa el periodo en el que las capturas para 2020 y 2021 se fijan en 59.919 t y 61.500 t, respectivamente.

Figura 44. Proyecciones deterministas de F/F_{RMS} para los 27 ensayos de la matriz de incertidumbre de stock synthesis con TAC constantes de 35-90 mil toneladas para el patudo del Atlántico. Las líneas son la media de 27 ensayos y la línea negra es para el TAC actual (61500t). La barra gris representa el periodo en el que las capturas para 2020 y 2021 se fijan en 59.919 t y 61.500 t, respectivamente.

APPENDICES

Appendice 1. Ordre du jour annoté.

Appendice 2. Liste des participants.

Appendice 3. Liste des documents et des présentations SCRS.

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

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día comentado

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista de documentos y presentaciones SCRS.

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

Table 1. Task 1 reported catches (t) of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) by area, gear, and flag. (vr 2021-07-22).

[illegible]

TOTAL	An-M	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
1-landings		78,010	65,439	57,323	66,375	78,722	85,264	97,211	100,106	113,790	134,932	128,047	120,767	110,255	107,564	121,425	103,434	91,636	75,802	87,396	90,043	67,954	59,192	69,895	63,172	76,427	76,704	71,317	66,976	75,307	79,795	79,338	78,617	72,971	75,446			
	Bait boat	17,518	15,661	13,444	9,747	12,073	18,283	17,748	16,258	16,472	20,358	25,697	18,352	21,289	19,130	22,203	12,150	14,388	8,465	11,237	20,244	13,122	10,621	10,579	6,335	11,565	7,853	12,849	10,510	9,214	8,726	8,014	6,787	8,436	7,977	7,834		
	Longline	19,595	39,942	35,370	47,766	58,420	56,537	63,861	62,481	62,801	76,938	76,872	74,800	68,112	77,227	72,881	56,123	59,451	59,451	49,718	38,212	37,861	34,182	46,211	41,063	41,533	42,178	37,899	36,310	31,812	36,400	36,344	35,196	32,901	34,226			
	Other surf.	415	50	626	469	605	284	332	513	622	967	551	353	334	428	672	451	766	221	447	284	266	716	321	192	241	476	957	961	2,764	4,950	5,958	6,395	7,146	4,571	5,873		
	Purse seine	7,435	9,731	7,069	7,792	6,380	8,943	15,535	19,216	31,515	32,667	25,260	26,992	19,127	15,490	20,139	17,460	20,103	19,552	19,689	19,094	15,129	13,310	11,962	14,810	20,007	24,235	23,767	24,080	22,122	24,253	24,618	28,624	26,838	27,284	27,108		
2-landings(FP)	Longline	46	-	-	613	600	644	-	747	1,941	1,636	-	1,657	540	193	889	1,184	1,363	203	114	867	1,019	1,026	542	692	772	1,081	994	1,777	623	633	609	609	1,187	972	1,060		
3-discards	Longline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	14	0	2	0	0	26	15		
	Purse seine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	38	2	10		
1-landings	CP	Angola	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Barbados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Belize	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Brazil	419	873	756	946	512	591	350	790	1,256	601	1,935	1,707	1,237	776	2,024	2,768	2,659	2,582	2,455	1,496	1,081	1,479	1,593	958	1,189	1,173	1,841	1,120	3,623	6,456	7,750	7,660	7,558	5,096	6,249	
		Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		China PR	112	86	60	117	100	52	151	305	319	385	271	299	228	140	9	2	-	-	1	1,077	1,406	1,247	444	545	554	1,037	713	1,333	2,271	2,764	1,680	1,107	1,418	880		
		Cape Verde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		China Rep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Congo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Côte d'Ivoire	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		EU-España	10,340	10,884	9,702	8,475	8,263	10,355	14,705	14,656	16,782	22,096	17,849	15,393	12,513	7,110	13,719	11,250	10,133	10,572	11,120	9,365	7,618	7,454	6,675	7,494	11,966	11,272	13,100	10,914	10,682	44,11	13,76	10,058	11,469	11,549	8,400	9,117
		EU-France	4,226	4,122	3,435	4,024	3,261	5,023	5,590	6,877	12,648	12,262	8,262	9,135	5,955	5,583	5,413	5,873	5,533	4,437	4,048	2,989	2,818	2,984	1,525	1,130	2,113	3,355	3,507	3,756	3,222	3,837	2,801	4,772	4,039	4,055	5,118	
		EU-Ireland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		EU-Italy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		EU-Poland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		EU-Portugal	6,457	7,428	5,036	2,818	5,295	6,233	5,718	5,796	5,616	3,099	9,662	5,810	5,437	6,334	3,314	1,498	1,605	2,590	1,655	3,204	4,146	5,071	5,505	3,422	5,605	3,682	6,920	6,128	5,345	3,869	3,135	2,187	3,146	4,405	3,146	
		FR-St Pierre et Miquelon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Gabon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Ghana	1,887	1,720	1,178	1,214	2,158	5,031	4,090	2,866	3,577	4,738	5,517	4,751	10,174	10,647	11,704	5,632	9,864	6,480	9,063	11,788	8,860	2,307	2,559	3,372	4,515	6,253	3,541	4,468	2,963	4,175	5,918	5,194	0	2		
		Great Britain	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Guatemala	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Guinea Ecuatorial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Guinea Rep	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Honduras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Iceland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Japan	32,103	23,081	18,961	32,064	39,540	35,231	30,356	34,722	35,053	38,503	35,477	33,171	26,490	24,330	21,833	24,605	18,087	15,306	19,572	18,509	14,026	15,735	17,993	16,684	16,395	15,205	12,306	15,390	13,397	13,603	12,390	10,365	10,994	9,854	9,477	
		Korea Rep	10,704	6,084	4,438	4,919	7,896	2,680	801	866	377	386	423	1,250	796	163	124	43	87	143	626	628	770	2,087	2,136	2,599	2,134	2,646	2,762	1,908	1,151	1,039	675	562	432	631	440	
		Liberia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Ubya	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Moroc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Mauritania	30	-	8	2	8	68	206	81	774	977	553	654	255	336	1,444	1,160	1,181	1,154	1,899	1,145	786	929	700	802	795	276	300	300	300	300	300	309	350	1	410	
		Mexico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Namibia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Norway	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Panama	4,461	5,173	5,701	3,865	3,242	6,150	7,446	9,991	10,138	13,234	9,927	4,777	2,098	1,252	580	952	562	211	-	1,521	2,310	2,415	2,922	2,263	2,405	3,047	3,462	1,694	2,774	2,315	1,289	2,317	1,664	2,067	3,052	
		Philippines	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Russian Federation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		S. Tome e Principe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Senegal	61	132	377	102	2	10	5	4	8	123	357	190	272	789	1,372	915	1,159	497	322	490	770	1,318	1,293	734	1,144	969	479	100	436	1007	1,100	633	431	393	2	6
		Sierra Leone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		South Africa	102	168	200	561	367	296	72	43	88	79	27	7	10	53</																						

Table 2. Estimates of BET 2020 catches by CPC. Columns 2017-2020 show the Task 1 catch reported by CPCs. Avg Catch 2017/2019 represents the average of reported catches for the 2017-2019 period. Commission BET Catch shows the Catch limits suggested in Rec. 19-02. Estimate 2020 Catch provides the estimated catch derived from reported catches and estimates of unreported catches made by the Group (see section 2.1 text for further details).

Catch t CPC flag	2017	2018	2019	2020	Avg catch 2017/19	Commission BET Catch	Estimate 2020 Catch
Angola	3		253		128	3	3
Barbados	16	29	14		20	23	20
Belize	1,961	2,135	2,307		2,134	1,603	1,603
Brazil	7,258	5,096	6,249	6,284		6,043	6,284
Canada	214	237	193	102		1,575	102
Cape Verde	1,107	1,418	880		1,135	1,782	1,135
China PR	5,514	4,823	5,718		5,352	4,462	4,462
Chinese Taipei	11,845	11,630	11,288	9,226		11,201	9,226
Côte d'Ivoire	1,239	384	2,334		1,319	559	559
Curaçao	2,844	3,530	2,787	1,519		1,519	1,519
Dominica	0				0		0
El Salvador	1,826	2,634	2,464	1,518		1,553	1,518
EU-España	11,544	8,400	9,117	6,050		8,056	6,050
EU-France	4,077	4,057	5,128	2,036		4,429	2,036
EU-Ireland	0				0		0
EU-Italy		7			7		7
EU-Portugal	3,146	4,405	3,146	3,055		3,058	3,055
FR-St Pierre et Miquelon							
Ghana	3,838	3,636	2,917	2,933		3,716	2,933
Great Britain	0				0		0
Grenada	33	27	26		29		29
Guatemala	1,602	1,488	1,623	906		1,827	906
Guinea Ecuatorial	11	7	8	6			6
Guinée Rep						11	11
Guyana	34	53	2		29	29	29
Japan	10,994	9,881	9,492	9,302		13,080	9,302
Korea Rep	432	623	540	587		1,000	587
Liberia	98	1	3		34	32	32
Maroc	410	500	850	1,033		5,150	1,033
Mauritania							
Mexico	3	3	3	3		2	3
Mixed flags (EU tropical)	972	1,049	1,069		1,030		1,030
Namibia	141	109	79		110	301	110
Nigeria							
Panama	1,664	2,067	3,052		2,261	1,707	1,707
Philippines							
S Tomé e Príncipe	393	2	6		134	389	134
Saint Kitts and Nevis	1				1		1
Senegal	2,978	2,870	2,272	2,700		1,323	2,700
South Africa	257	282	432		324	226	226
St Vincent and Grenadines	889	428	504		607	509	509
Sta Lucia	24	13	13		17		17
Trinidad and Tobago	25	17	13	10		49	10
UK-Bermuda			0		0		0
UK-Sta Helena	70	45	4		40		40
UK-Turks and Caicos							
Uruguay							
USA	836	921	832	816		1,575	816
Vanuatu							
Venezuela	318	165	28		170	194	170
Totals	78,617	72,971	75,646	48,086			59,919

Table 3. Summary of the bigeye tuna conventional tag information by year of release as of 16 July 2021. Releases represent the number of tagged fish released and Recaptures, the corresponding number of tagged fish recovered and reported after given years at liberty. Bars in the releases and recaptures columns represent histogram of numbers. Unk represents number of recaptured fish for which the year of recapture is unknown. % recapture represents the percent of fish released in any given year that were recaptured. Colors in the year columns represent the relative number of recaptured fish, dark green representing fewer recaptures and dark red greater recaptures.

Number of tag Bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>)									
Year	Releases	Recaptures	Years at liberty						
			<1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	Unk
1960	2	0							
1962	9	0							
1963	45	0							
1964	34	0							
1965	4	0							
1966	21	0							
1967	3	0							
1969	2	0							
1971	4	4	2	2					100.0%
1972	17	17	14						3 100.0%
1973	126	125	124	1					99.2%
1974	17	16	11	1					94.1%
1975	16	16	14	1					100.0%
1977	9	9	9						100.0%
1978	108	107	101	5		1			99.1%
1979	11	0							
1980	939	92	72	10					10 9.8%
1981	690	208	189	8	1				10 30.1%
1982	7	0							
1983	5	3	3						60.0%
1984	23	5	3	1					1 21.7%
1985	5	0							
1986	96	90	87						3 93.8%
1987	23	0							
1988	10	0							
1989	28	2	1	1					7.1%
1990	69	0							
1991	215	1		1					0.5%
1992	255	1	1						0.4%
1993	220	3		2	1				1.4%
1994	257	32	27	4					1 12.5%
1995	157	12	10	1				1	7.6%
1996	119	21	18	3					17.6%
1997	609	243	233	8	2				39.9%
1998	45	7	6	1					15.6%
1999	3659	1464	1381	58	9	1			15 40.0%
2000	1414	192	174	14	2	1			1 13.6%
2001	356	14	9	4					1 3.9%
2002	1212	138	129	6	1				2 11.4%
2003	272	46	43	3					16.9%
2004	4	0							
2005	24	1							1 4.2%
2006	11	0							
2007	3	0							
2008	1	1				1			100.0%
2009	8	0							
2011	8	2	1				1		25.0%
2013	18	0							
2014	1	1	1						100.0%
2016	9146	2558	2350	129	26	8	1		44 28.0%
2017	6403	1683	1557	74	9	1			42 26.3%
2018	5642	527	417	84	3				23 9.3%
2019	2004	304	286	8					10 15.2%
2019	1047	73	63	10					7.0%
Grand Total	35433	8018	7336	440	54	13	2	1	172 22.6%

Table 4. Summary of the AOTTP tag seeding experiments database as of July 14, 2021. First table has details on the country and institution conducting the experiment and the number of seeded fish (fish with a tag introduced in the catch without the knowledge of the crew) per year and team. Second table represents the number of seeded fish per species and fleet type. Third table contains the number of seeded fish reported.

Seeding releases			Year							
country	Institution	Team	unk	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Senegal (SEN)	ISRA (Dakar)	T02	11	4	96	30	75	35	10	261
Côte D'Ivoire (CIV)	CRO (Abidjan)	T03			76	158	38	45	3	320
España (EU.ESP)	IEO (Canarias)	T04					8	15		23
Cape Verde (CPV)	INDP (S.Vicente)	T05				5				5
South Africa (ZAF)	CapMarine (Cape)	T06			5	14				19
Ghana (GHA)	MFRD (Tema)	T07			146	28	157	50		381
Brasil (BRA)	FADURPE (Recife)	T09				68				68
Total			11	4	323	303	278	145	13	1077

Seeding releases						
Gear	BET	LTA	SKJ	UNK	YFT	Total
BB	44	7	178	40	179	448
PS	106	1	280	2	226	615
UNCL	3		6		5	14
Grand Total	153	8	464	42	410	1077

Reported tags from seeding releases						
Gear	BET	LTA	SKJ	UNK	YFT	Total
BB	41	5	146	35	116	343
PS	79	1	227	2	157	466
UNCL	3		6		5	14
Grand Total	123	6	379	37	278	823

Table 5. Definition of fleet structure for Stock synthesis. PS = Purse seines, BB: Baitboat, LL: longline, RR: Rod and Reel, HL: Handline; 5KCS: 5-Knot Cubic Spline, DN: Double Normal; ASY: Asymptotic logistic.

<i>N</i>	<i>Name</i>	<i>Area</i>	<i>Year</i>	<i>Selectivity</i>	<i>Flags</i>	<i>Remarks</i>
1	PS early	2, 1	Before 1985	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>	
2	PS transition	2, 1	1986-1990	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>	
3	PS Free School	2, 1	After 1991	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>	
4	PS FAD	2, 3	All	5KCS	<i>All except Ghana/USA/Venezuela</i>	
5	BB+PS Ghana	2	All	5KCS	<i>Ghana</i>	
6	BB-South Dakar	2(S10N)	All	5KCS	<i>All except Ghana</i>	Size by South Africa is removed
7	BB-North Dakar early	2(N10N)	Before 1980	DN	<i>All except Ghana</i>	
8	BB-North Dakar late	2(N10N)	After 1981	DN	<i>All except Ghana</i>	
9	BB_North_Azores	1,3	All	DN	<i>All except Ghana</i>	
10	LL North Japan	1	All	DN	<i>Japan</i>	
11	LL Tropical Japan	2	All	DN	<i>Japan</i>	
12	LL South Japan	3	All	DN	<i>Japan</i>	
13	LL North Other	1	All	DN	<i>All except Japan and Chinese Taipei</i>	Now excluding Chinese Taipei LL (#16-18), and the catches from other gears have also been separated to a new fleet (#22) and two new fleets (#19 and 20).
14	LL Tropical Other	2	All	DN	<i>All except Japan and Chinese Taipei</i>	See note for #13
15	LL South other	3	All	DN	<i>All except Japan and Chinese Taipei</i>	See note for #13
16	LL North China Taipei	1	All	DN	<i>China Taipei</i>	New fleet prior was part of #13
17	LL Tropical China Taipei	2	All	ASY	<i>China Taipei</i>	New fleet prior was part of #14
18	LL South China Taipei	3	All	ASY	<i>China Taipei</i>	New fleet prior was part of #15
19	RR West Atlantic	1	All	DN	<i>USA/Canada/UK-Sta Helena</i>	New fleet prior was part of #13, use only size by USA RR, catch is “oth” in CATDIS
20	HL Brazil	2	All	Mirrored to fleet 8	<i>Brazil</i>	New fleet prior was part of #14. catch is “oth” in CATDIS
21	PS West Atlantic	1	All	5KCS	<i>USA/Venezuela</i>	New fleet prior was part of #13
22	Other	1,2,3	All	5KCS	<i>All others</i>	New fleet prior was part of #13-15

Table 6. Parameters of the bigeye tuna Richards growth model.

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Parameter</i>	<i>Value</i>
<i>L_at_Age min</i>	57.6	<i>Richards</i>	0.00034
<i>L_at_Age max</i>	178.6	<i>CV_young fish</i>	0.1
<i>K</i>	0.42	<i>CV_old fish</i>	0.067

Table 7. Natural mortality at age assumptions used in the Stock Synthesis uncertainty grid.

Natural Mortality-at-Age			
Age	Max_Age = 17	Max_Age = 20	Max_Age = 25
0	0.978	0.820	0.668
1	0.613	0.514	0.419
2	0.481	0.403	0.329
3	0.414	0.347	0.283
4	0.375	0.314	0.256
5	0.350	0.293	0.239
6	0.333	0.279	0.228
7	0.322	0.270	0.220
8	0.313	0.263	0.214
9	0.307	0.258	0.210
10	0.303	0.254	0.207

Table 8. Table of reference and sensitivity run specifications.

Model	Name	Description
14	Reference	Max_age =20, Steepness 0.8, SigmaR=0.4
S1	sensitivity 1	Continuity run (no buoy index, M vector from 2018)
S2	sensitivity 2	Reference without early Combined LL index
S3	sensitivity 3	Reference without buoy index

Table 9. Uncertainty grid alternative assumptions. Max_age represent vectors of natural mortality obtained under different assumptions of maximum age (See **Table 7**). Bolded values correspond to the reference case.

Parameter	Value1	Value2	Value3
Max_Age	17	20	25
steepness	0.7	0.8	0.9
sigma R	0.2	0.4	0.6

Table 10. Shape parameters and their associated B_{MSY}/K ratios for the uncertainty grid considered for mpb models.

Scenario	shape (p)	B_{MSY}/K
M17_h7	-0.2560	0.315
M17_h8	-0.3806	0.284
M17_h9	-0.4960	0.251
M20_h7	-0.2150	0.324
M20_h8	-0.3350	0.296
M20_h9	-0.4450	0.266
M25_h7	-0.1879	0.33
M25_h8	-0.3081	0.303
M25_h9	-0.4180	0.274

Table 11. Summary of the uncertainty grid scenarios for JABBA runs for the Atlantic bigeye tuna.

Scenario	Parametrization	Model	r	B_{MSY}/K
S01	Continuity Model 2021	Fox	Range - $c(0.05, 0.5)$	0.37
S02	Maximum Age 17 $h = 0.7$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.230, 0.349)$	0.33
S03	Maximum Age 17 $h = 0.8$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.251, 0.389)$	0.33
S04	Maximum Age 17 $h = 0.9$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.272, 0.413)$	0.34
S05	Maximum Age 20 $h = 0.7$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.186, 0.288)$	0.32
S06	Maximum Age 20 $h = 0.8$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.198, 0.331)$	0.31
S07	Maximum Age 20 $h = 0.9$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.211, 0.369)$	0.30
S08	Maximum Age 25 $h = 0.7$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.149, 0.239)$	0.31
S09	Maximum Age 25 $h = 0.8$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.155, 0.260)$	0.29
S10	Maximum Age 25 $h = 0.9$	Pella-Tomlinson	lnorm - $c(0.161, 0.293)$	0.27

Table 12. Parameter estimates for selectivity, recruitment, and catchability, starting values, and priors for Stock Synthesis reference case (Max_age=20, Steepness 0.8, SigmaR=0.4).

	Value	Phase	Min	Max	Init	Parm	StDev	Gradient	Pr_type	Prior	Pr_SD
RecrDist_month_4	0.46	2	-1	1	0.46	0.053	-1.14E-06	No_prior	NA	NA	NA
RecrDist_month_7	-0.06	2	-1	1	-0.06	0.054	-9.19E-07	No_prior	NA	NA	NA
RecrDist_month_10	-0.79	2	-2	0	-0.79	0.074	-1.38E-06	No_prior	NA	NA	NA
SR_LN(R0)	10.31	1	9.5	11	10.31	0.018	-8.43E-07	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_11_Japan_LL_TRO(11)	-12.30	1	-13	-12	-12.30	0.048	-1.20E-06	No_prior	NA	NA	NA
LnQ_base_11_Japan_LL_TRO(11)_ENV_mult	-0.07	1	-2	2	-0.07	0.005	1.83E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradLo_1_PS_6485(1)	0.36	5	1E-04	0.8	0.36	0.090	-3.35E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradHi_1_PS_6485(1)	-0.08	5	-0.18	0	-0.08	0.024	1.22E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_1_PS_6485(1)	-3.37	6	-5	-2	-3.37	0.353	-4.35E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_1_PS_6485(1)	-0.93	6	-2	0	-0.93	0.152	-4.32E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_1_PS_6485(1)	-1.26	6	-2	-0.5	-1.26	0.146	-4.08E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradLo_2_PS_8690(2)	0.49	5	0.3	0.7	0.49	0.046	9.24E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradHi_2_PS_8690(2)	-0.03	5	-0.07	0	-0.03	0.007	1.19E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_2_PS_8690(2)	-3.79	6	-4.4	-3.2	-3.79	0.127	-1.31E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_2_PS_8690(2)	-1.18	6	-1.4	-0.9	-1.18	0.051	-1.11E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_2_PS_8690(2)	-0.89	6	-1.1	-0.7	-0.89	0.036	-1.28E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradLo_3_PS_FSC_9119(3)	0.42	5	0.2	0.6	0.42	0.040	1.64E-05	Normal	0.42	0.042	NA
SizeSpline_GradHi_3_PS_FSC_9119(3)	-0.08	5	-0.2	0	-0.08	0.029	-1.58E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_3_PS_FSC_9119(3)	-6.09	6	-7.5	-4.8	-6.09	0.376	-5.15E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_3_PS_FSC_9119(3)	-3.42	6	-4.2	-2.5	-3.42	0.179	-7.29E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_3_PS_FSC_9119(3)	-3.90	6	-5	-3	-3.91	0.199	-7.42E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradLo_4_PS_FAD_9119(4)	0.61	5	0.2	1	0.61	0.074	-2.58E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradHi_4_PS_FAD_9119(4)	-0.08	5	-0.2	0	-0.08	0.018	3.66E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_4_PS_FAD_9119(4)	-5.49	6	-6.5	-4.5	-5.49	0.158	-6.44E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_4_PS_FAD_9119(4)	-3.17	6	-3.6	-2.8	-3.17	0.062	3.36E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_4_PS_FAD_9119(4)	-2.32	6	-2.5	-2.1	-2.32	0.037	-2.32E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradLo_5_BBPS_Ghana(5)	0.42	5	0.1	0.7	0.42	0.065	1.71E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradHi_5_BBPS_Ghana(5)	0.02	5	-0.2	0.2	0.02	0.038	-1.31E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_5_BBPS_Ghana(5)	-6.56	6	-8	-5	-6.56	0.291	-2.56E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_5_BBPS_Ghana(5)	-3.68	6	-4.1	-3.2	-3.68	0.111	2.92E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_5_BBPS_Ghana(5)	-2.56	6	-2.8	-2.3	-2.56	0.057	9.67E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradLo_6_BB_South_Dakar(6)	0.42	5	0.1	0.7	0.42	0.041	4.07E-05	Normal	0.42	0.042	NA
SizeSpline_GradHi_6_BB_South_Dakar(6)	-0.12	5	-0.35	0.1	-0.12	0.048	2.92E-07	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_6_BB_South_Dakar(6)	-6.17	6	-8.5	-4	-6.17	0.605	1.14E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_6_BB_South_Dakar(6)	-3.09	6	-4.1	-2	-3.09	0.291	9.47E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_6_BB_South_Dakar(6)	-3.43	6	-4.5	-2	-3.43	0.308	-7.75E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_7_BB_North_Dakar_6280(7)	53.86	4	40	68	53.86	4.170	-5.53E-07	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_7_BB_North_Dakar_6280(7)	-12.73	4	-19	-5	-12.73	1.300	1.27E-07	Normal	-12.7	1.3	NA
Size_DbIn_ascend_se_7_BB_North_Dakar_6280(7)	3.67	5	0	7	3.67	1.050	-3.07E-07	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_7_BB_North_Dakar_6280(7)	8.20	5	5	12	8.20	0.217	-3.81E-07	Normal	8.2	0.82	NA
Size_DbIn_peak_8_BB_North_Dakar_8119(8)	48.56	4	42	55	48.56	1.258	-9.79E-07	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_8_BB_North_Dakar_8119(8)	-1.22	4	-2	0	-1.22	0.103	1.62E-06	Normal	-1.22	0.12	NA
Size_DbIn_ascend_se_8_BB_North_Dakar_8119(8)	4.30	5	3.5	5.1	4.30	0.230	-8.89E-07	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_8_BB_North_Dakar_8119(8)	7.30	6	6.5	8	7.30	0.156	-4.97E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_9_BB_North_Azores(9)	93.15	4	80	105	93.16	2.107	6.21E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_9_BB_North_Azores(9)	-9.48	4	-16	-6	-9.48	0.949	2.86E-07	Normal	-9.48	0.95	NA
Size_DbIn_ascend_se_9_BB_North_Azores(9)	6.43	5	6	7	6.43	0.126	2.00E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_9_BB_North_Azores(9)	8.00	6	7.5	8.5	8.00	0.117	1.82E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_10_Japan_LL_N(10)	116.63	4	110	125	116.64	1.548	1.45E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_10_Japan_LL_N(10)	-8.56	4	-15	-5	-8.56	0.860	2.26E-06	Normal	-8.56	0.86	NA
Size_DbIn_ascend_se_10_Japan_LL_N(10)	6.38	5	5.9	6.8	6.38	0.099	2.26E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_10_Japan_LL_N(10)	6.80	6	6.3	7.3	6.80	0.107	-1.08E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_11_Japan_LL_TRO(11)	130.51	4	125	138	130.51	1.343	4.31E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_11_Japan_LL_TRO(11)	-9.23	4	-15	-6	-9.23	0.919	5.68E-06	Normal	-9.23	0.92	NA
Size_DbIn_ascend_se_11_Japan_LL_TRO(11)	6.77	4	6.5	7	6.77	0.067	9.43E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_11_Japan_LL_TRO(11)	7.33	5	6.9	7.7	7.33	0.104	3.08E-07	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_12_Japan_LL_S(12)	126.83	4	115	140	126.83	2.100	-4.96E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_12_Japan_LL_S(12)	-9.23	4	-15	-6	-9.23	0.919	5.52E-07	Normal	-9.23	0.92	NA
Size_DbIn_ascend_se_12_Japan_LL_S(12)	6.95	5	6.5	7.3	6.95	0.096	-1.53E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_12_Japan_LL_S(12)	7.21	6	6.4	8	7.21	0.150	-4.64E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_13_Other_LL_N(13)	111.65	4	105	120	111.65	1.237	-8.83E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_13_Other_LL_N(13)	-9.60	4	-15	-6	-9.60	0.959	1.06E-07	Normal	-9.6	0.96	NA
Size_DbIn_ascend_se_13_Other_LL_N(13)	6.28	5	5.8	6.8	6.28	0.083	-2.08E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_13_Other_LL_N(13)	6.89	6	6.4	7.3	6.89	0.091	-2.57E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_14_Other_LL_TRO(14)	130.94	4	125	136	130.95	0.830	5.29E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_14_Other_LL_TRO(14)	-9.91	4	-15	-6	-9.91	0.985	3.12E-07	Normal	-9.9	0.99	NA
Size_DbIn_ascend_se_14_Other_LL_TRO(14)	6.78	5	6.5	7	6.78	0.043	6.30E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_14_Other_LL_TRO(14)	6.89	6	6.6	7.2	6.89	0.067	-8.54E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_15_Other_LL_S(15)	141.39	4	130	155	141.39	2.367	-5.59E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_15_Other_LL_S(15)	-9.43	4	-15	-6	-9.43	0.939	1.21E-06	Normal	-9.43	0.94	NA
Size_DbIn_ascend_se_15_Other_LL_S(15)	7.18	5	6.8	7.6	7.18	0.092	-9.96E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_15_Other_LL_S(15)	7.50	6	6.5	8.3	7.50	0.226	-4.21E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_16_CTP_LL_N(16)	130.38	4	105	155	130.38	7.121	9.87E-07	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_top_logit_16_CTP_LL_N(16)	-2.14	4	-3.5	0.5	-2.14	0.209	1.23E-06	Normal	-2.14	0.21	NA
Size_DbIn_ascend_se_16_CTP_LL_N(16)	6.32	5	4.5	8	6.32	0.445	4.55E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_16_CTP_LL_N(16)	5.55	6	3	8	5.55	0.775	3.31E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_17_CTP_LL_TRO(17)	118.76	4	115	122	118.76	0.630	-8.85E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_95width_17_CTP_LL_TRO(17)	21.95	5	19	25	21.95	0.615	-1.65E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_inflection_18_CTP_LL_S(18)	104.68	4	95	115	104.68	1.957	1.33E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_95width_18_CTP_LL_S(18)	22.74	5	12	32	22.74	2.254	-3.74E-05	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_peak_19_RR_West(19)	130.29	4	80	180	130.30	10.025	2.57E-07	Normal	130	13	NA
Size_DbIn_top_logit_19_RR_West(19)	-2.52	4	-3.5	-1	-2.52	0.250	5.40E-06	Normal	-2.52	0.25	NA
Size_DbIn_ascend_se_19_RR_West(19)	7.21	5	5.8	8.5	7.21	0.440	-4.52E-06	No_prior	NA	NA	NA
Size_DbIn_descend_se_19_RR_West(19)	8.07	5	5	12	8.07	0.737	-1.67E-05	Normal	8.06	0.81	NA
SizeSpline_GradLo_21_PS_West(21)	0.35	5	0.01	0.7	0.35	0.096	2.73E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradHi_21_PS_West(21)	-0.14	5	-0.4	0.1	-0.14	0.043	8.03E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_21_PS_West(21)	-6.38	6	-8	-4.5	-6.38	0.510	1.35E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_21_PS_West(21)	-3.39	6	-4.2	-2.5	-3.39	0.200	-2.03E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_21_PS_West(21)	-2.50	6	-3.1	-1.9	-2.50	0.119	-8.14E-06	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_GradLo_22_OTH(22)	0.17	5	0.1	0.3	0.17	0.016	6.17E-05	Normal	0.17	0.017	NA
SizeSpline_GradHi_22_OTH(22)	-0.15	5	-0.5	0.2	-0.15	0.064	3.81E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_1_22_OTH(22)	-6.20	6	-8	-5	-6.20	0.445	1.43E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_2_22_OTH(22)	-4.44	6	-5.8	-3.5	-4.44	0.267	2.37E-05	No_prior	NA	NA	NA
SizeSpline_Val_3_22_OTH(22)	-4.42	6	-6	-3	-4.42	0.336	-6.77E-06	No_prior	NA	NA	NA

Table 13. Model objective function, estimates of R_0 and F_{MSY} across the Stock Synthesis uncertainty grid. In bold is the reference case.

Model	Run name	MaxAge	Steepness	SigmaR	Obj_Function	R0_estimate	F_{MSY}
1	M17_h0.7_sigmaR0.2	17	0.7	0.2	5837.3	4.56E+07	0.13
2	M17_h0.7_sigmaR0.4	17	0.7	0.4	5848.0	4.88E+07	0.13
3	M17_h0.7_sigmaR0.6	17	0.7	0.6	5862.5	5.60E+07	0.13
4	M17_h0.8_sigmaR0.2	17	0.8	0.2	5836.8	4.26E+07	0.16
5	M17_h0.8_sigmaR0.4	17	0.8	0.4	5848.6	4.53E+07	0.16
6	M17_h0.8_sigmaR0.6	17	0.8	0.6	5861.4	5.15E+07	0.16
7	M17_h0.9_sigmaR0.2	17	0.9	0.2	5836.9	4.05E+07	0.19
8	M17_h0.9_sigmaR0.4	17	0.9	0.4	5848.7	4.30E+07	0.19
9	M17_h0.9_sigmaR0.6	17	0.9	0.6	5861.0	4.84E+07	0.199
10	M20_h0.7_sigmaR0.2	20	0.7	0.2	5868.3	3.13E+07	0.11
11	M20_h0.7_sigmaR0.4	20	0.7	0.4	5881.1	3.34E+07	0.11
12	M20_h0.7_sigmaR0.6	20	0.7	0.6	5904.4	3.82E+07	0.11
13	M20_h0.8_sigmaR0.2	20	0.8	0.2	5859.3	2.83E+07	0.14
14	M20_h0.8_sigmaR0.4	20	0.8	0.4	5872.7	3.00E+07	0.14
15	M20_h0.8_sigmaR0.6	20	0.8	0.6	5894.3	3.39E+07	0.14
16	M20_h0.9_sigmaR0.2	20	0.9	0.2	5853.6	2.62E+07	0.16
17	M20_h0.9_sigmaR0.4	20	0.9	0.4	5867.2	2.77E+07	0.17
18	M20_h0.9_sigmaR0.6	20	0.9	0.6	5887.5	3.10E+07	0.17
19	M25_h0.7_sigmaR0.2	25	0.7	0.2	5996.6	2.27E+07	0.09
20	M25_h0.7_sigmaR0.4	25	0.7	0.4	6005.0	2.43E+07	0.09
21	M25_h0.7_sigmaR0.6	25	0.7	0.6	6040.5	2.77E+07	0.09
22	M25_h0.8_sigmaR0.2	25	0.8	0.2	5968.6	2.02E+07	0.11
23	M25_h0.8_sigmaR0.4	25	0.8	0.4	5978.9	2.14E+07	0.11
24	M25_h0.8_sigmaR0.6	25	0.8	0.6	6011.8	2.41E+07	0.11
25	M25_h0.9_sigmaR0.2	25	0.9	0.2	5948.1	1.82E+07	0.13
26	M25_h0.9_sigmaR0.4	25	0.9	0.4	5959.4	1.92E+07	0.13
27	M25_h0.9_sigmaR0.6	25	0.9	0.6	5990.1	2.15E+07	0.13

Table 14. Summary of the retrospective analysis, hindcasting analysis, final gradient and RMSEs (root mean square error) of index and size composition for the sensitivity runs exploring the effects of changes between the 2018 and 2021 assessment. The retrospective and hindcast period (2018—2014) is same for the uncertainty grid except for the longline index. The longline index is available before 2017 in the bigeye tuna stock assessment in 2018. When the hindcast analysis is applied to the index for the same period (2018—2014), only three years results (2014—2016) will be obtained. Therefore 7 years (2018—2012) hindcast analysis for the LL index is applied to get 5 years results (2016—2012). For your reference, the results (MASE) of the longline for the three years period (2014—2016) is also presented.

run	Mohn's rho (hindcast)	MASE (index 11_LL) for 5 years (2016-2012)	MASE (4_PS_FA D_S1)	MASE (4_PS_FA D_S2)	MASE (4_PS_FA D_S3)	MASE (4_PS_FA D_S4)	MASE (index 11_LL) for 3 years (2016-2014)	Final gradient	RMSE Index (%)	RMSE size composition (%)
M17_h0.8_si gmaR0.4_LL 2018	-0.2 (-0.24)	3.44	1.29	1.09	1.63	2.02	4.21	5.93E-06	25.0	15.5
M20_h0.8_si gmaR0.4_LL 2018	-0.16 (- 0.22)	3.04	1.21	1.11	2.41	2.94	4.24	6.30E-05	24.6	15.8
M25_h0.8_si gmaR0.4_LL 2018	-0.1 (-0.16)	1.88	1.27	1.17	3.09	3.86	3.06	9.12E-05	25.0	16.1

Table 15. Summary of the retrospective analysis and hindcasting analysis and the final gradient and RMSEs (root mean square error) of index and size composition for the 27 runs of the uncertainty grid.

Model	Mohn's rho (hindcast)	MASE (index 11_LL)	MASE (4_PS_FAD_ S1)	MASE (4_PS_FAD_ S2)	MASE (4_PS_FAD_ S3)	MASE (4_PS_FAD_ S4)	final gradient	RMSE Index (%)	RMSE size composition (%)
1	-0.06 (-0.08)	2.68	1.42	1.28	2.77	3.10	6.09E-05	23.8	15.5
2	-0.11 (-0.15)	3.47	1.22	1.12	2.00	2.47	9.17E-05	23.2	15.6
3	-0.12 (-0.16)	3.70	1.23	1.04	1.74	2.15	6.96E-05	23.0	15.6
4	-0.03 (-0.05)	2.45	1.41	1.28	2.64	2.89	8.79E-05	23.8	15.5
5	-0.10 (-0.13)	3.35	1.22	1.11	1.87	2.34	9.66E-05	23.1	15.6
6	-0.11 (-0.15)	3.62	1.24	1.03	1.63	2.01	6.88E-05	22.9	15.6
7	-0.00 (-0.03)	2.27	1.40	1.27	2.54	2.76	8.56E-05	23.8	15.5
8	-0.09 (-0.12)	3.25	1.23	1.10	1.78	2.23	9.05E-05	23.1	15.6
9	-0.10 (-0.14)	3.53	1.26	1.03	1.58	1.93	8.64E-05	22.9	15.6
10	-0.04 (-0.08)	3.01	1.38	1.33	3.33	3.86	9.07E-05	24.4	15.7
11	-0.07 (-0.11)	3.46	1.24	1.14	2.55	3.14	6.42E-05	23.6	15.8
12	-0.07 (-0.11)	3.53	1.17	1.08	2.29	2.64	9.46E-05	23.5	15.8
13	-0.03 (-0.06)	2.88	1.38	1.30	3.14	3.58	9.42E-05	24.1	15.7
14	-0.07 (-0.11)	3.46	1.22	1.13	2.38	2.85	8.20E-05	23.5	15.8
15	-0.07 (-0.11)	3.57	1.15	1.07	2.13	2.45	8.78E-05	23.3	15.8
16	-0.01 (-0.05)	2.72	1.37	1.26	2.99	3.34	6.36E-05	24.0	15.7
17	-0.06 (-0.10)	3.43	1.21	1.12	2.24	2.63	8.37E-05	23.4	15.7
18	-0.06 (-0.11)	3.59	1.14	1.05	1.98	2.30	9.20E-05	23.2	15.8
19	0.01 (-0.04)	2.87	1.33	1.43	3.90	4.54	9.22E-05	25.7	16.0
20	0.00 (-0.04)	3.09	1.26	1.19	3.23	3.91	8.63E-05	24.8	16.1
21	0.01 (-0.04)	3.07	1.22	1.13	3.00	3.46	6.65E-05	24.9	16.2
22	0.02 (-0.03)	2.92	1.34	1.41	3.75	4.34	7.88E-05	25.3	16.0
23	0 (-0.05)	3.23	1.25	1.15	3.05	3.68	9.10E-05	24.5	16.1
24	0.01 (-0.04)	3.25	1.20	1.12	2.82	3.21	7.53E-05	24.5	16.1
25	0.03 (-0.02)	2.88	1.34	1.37	3.58	4.11	9.73E-05	25.0	16.0
26	0 (-0.05)	3.31	1.24	1.14	2.87	3.43	9.92E-05	24.2	16.0
27	0 (0.04)	3.38	1.19	1.10	2.64	2.93	7.64E-05	24.1	16.1

Table 16. Biological parameters and MSY based benchmarks, stock status and estimated model parameters for the surplus production MPB-Reference Case (Fox), and the uncertainty grid calculated with bootstraps.

Model	FOX		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	66973	76490	80070
B _{MSY}	451080	545184	843543
F _{MSY}	0.084	0.140	0.176
r (yr ⁻¹)	0.084	0.140	0.176
K	1225550	1481222	2291842

Model	M17_h0.7			M17_h0.8			M17_h0.9		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	69924	76106	83952	64167	73280	86971	68719	76570	93670
B _{MSY}	426346	522954	721218	486373	598384	771948	433788	525243	661721
F _{MSY}	0.106	0.144	0.185	0.084	0.125	0.158	0.105	0.150	0.182
r (yr ⁻¹)	0.079	0.107	0.138	0.052	0.077	0.098	0.053	0.075	0.092
K	1353412	1660090	2289468	1712185	2106498	2717497	1726698	2090733	2633984

Model	M20_h0.7			M20_h0.8			M20_h0.9		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	69301	75996	81954	70590	76412	85067	71555	77135	90279
B _{MSY}	436187	528520	745153	420641	505168	668792	402143	478536	596512
F _{MSY}	0.102	0.143	0.181	0.116	0.149	0.189	0.132	0.159	0.198
r (yr ⁻¹)	0.080	0.112	0.142	0.077	0.099	0.126	0.073	0.088	0.110
K	1344779	1629446	2297333	1421682	1707366	2260382	1510090	1796956	2239967

Model	M25_h0.7			M25_h0.8			M25_h0.9		
Variable	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI	Median	95%LCI	95%UCI
MSY	68893	76031	80398	70105	76254	83561	71922	76881	89962
B _{MSY}	434908	526921	752828	428500	506686	685448	398307	482229	619207
F _{MSY}	0.099	0.144	0.182	0.112	0.151	0.186	0.129	0.158	0.200
r (yr ⁻¹)	0.080	0.117	0.148	0.078	0.104	0.129	0.075	0.092	0.117
K	1316599	1595150	2279040	1416191	1674597	2265405	1454131	1760510	2260585

Table 17. Estimated model parameters and benchmarks for selected deterministic sensitivity runs of MPB.

	MSY	F _{msy}	B _{msy}	r	k
RefC: JointLL (Both)	77308	0.147	526397	0.147	1430183
Sens1: Logistic	82590	0.155	531459	0.311	1062919
Sens2: JointLL_1985	77677	0.157	494706	0.157	1344080
Sens3: add BRA_LL	77538	0.149	521115	0.149	1415832
Sens4: add BAI	75542	0.134	562611	0.134	1528570
Sens5: addBRALL and BAI	75820	0.136	556454	0.136	1511843
Sens6: BMSY at 0.331K	76961	0.153	505177	0.124	1528320
Sens7: BMSY at 0.311K	77006	0.157	490813	0.114	1576118
Sens8: BMSY at 0.271K	77633	0.172	452358	0.098	1671922

Table 18. Summary, including MSY based benchmarks, of posterior quantiles denoting the median and the 95% confidence intervals of parameter estimates for the JABBA scenarios (S01-S10).

	S01			S02			S03			S04			S05		
	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci
<i>K</i>	1510055	963714	2602941	1299586	914940	1967797	1295431	915770	1976656	1259079	880690	1931649	1284136	939889	1874208
<i>r</i>	0.143	0.076	0.238	0.157	0.100	0.232	0.157	0.100	0.230	0.166	0.105	0.246	0.153	0.101	0.216
$\psi_{(\text{psi})}$	0.964	0.825	0.999	0.963	0.821	0.999	0.963	0.825	0.999	0.963	0.821	0.999	0.964	0.822	0.999
σ_{proc}	0.053	0.041	0.072	0.054	0.041	0.073	0.054	0.041	0.074	0.054	0.042	0.073	0.054	0.041	0.073
<i>F</i>_{MSY}	0.143	0.076	0.237	0.193	0.123	0.286	0.194	0.124	0.283	0.194	0.123	0.287	0.200	0.132	0.282
<i>B</i>_{MSY}	555796	354708	958047	428977	302010	649545	427605	302284	652469	428207	299519	656945	411019	300835	599886
MSY	79351	64369	94062	82688	71483	97663	82652	71518	99916	82828	71417	98781	82104	71621	96483
<i>B</i>₁₉₅₀/<i>K</i>	0.954	0.798	1.081	0.953	0.796	1.081	0.953	0.802	1.082	0.952	0.793	1.082	0.952	0.799	1.080
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>K</i>	0.384	0.283	0.513	0.386	0.286	0.518	0.385	0.291	0.538	0.391	0.286	0.537	0.370	0.273	0.502
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>B</i>_{MSY}	1.042	0.770	1.394	1.168	0.866	1.570	1.166	0.881	1.629	1.150	0.842	1.580	1.155	0.853	1.568
<i>F</i>₂₀₁₉/<i>F</i>_{MSY}	0.922	0.609	1.372	0.786	0.515	1.134	0.789	0.481	1.122	0.800	0.505	1.168	0.801	0.520	1.157
	S06			S07			S08			S09			S10		
	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci	mu	lci	uci
<i>K</i>	1313070	940614	1999410	1313276	929370	2010445	1420759	1027115	2033436	1353754	1002481	1982140	1375997	989492	2046832
<i>r</i>	0.148	0.095	0.214	0.144	0.090	0.211	0.135	0.093	0.190	0.135	0.090	0.191	0.129	0.084	0.185
$\psi_{(\text{psi})}$	0.963	0.824	0.999	0.962	0.823	0.999	0.963	0.820	0.999	0.962	0.816	0.999	0.964	0.820	0.999
σ_{proc}	0.054	0.042	0.073	0.054	0.042	0.073	0.053	0.041	0.072	0.054	0.041	0.072	0.054	0.041	0.072
<i>F</i>_{MSY}	0.204	0.131	0.296	0.211	0.132	0.310	0.187	0.129	0.263	0.211	0.141	0.297	0.227	0.148	0.326
<i>B</i>_{MSY}	407157	291666	619977	393828	278701	602896	440549	318488	630528	392580	290713	574808	371518	267162	552642
MSY	82852	71853	100966	83096	71644	98521	82056	71204	99655	82761	71837	98111	83946	72435	101152
<i>B</i>₁₉₅₀/<i>K</i>	0.953	0.796	1.080	0.951	0.797	1.079	0.953	0.795	1.081	0.951	0.793	1.079	0.954	0.798	1.080
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>K</i>	0.378	0.279	0.523	0.376	0.279	0.506	0.378	0.285	0.520	0.370	0.278	0.496	0.373	0.275	0.508
<i>B</i>₂₀₁₉/<i>B</i>_{MSY}	1.220	0.898	1.687	1.254	0.929	1.687	1.220	0.919	1.675	1.275	0.957	1.712	1.381	1.020	1.882
<i>F</i>₂₀₁₉/<i>F</i>_{MSY}	0.752	0.463	1.097	0.732	0.474	1.065	0.759	0.474	1.079	0.720	0.471	1.028	0.653	0.412	0.962

Table 19. Stock Synthesis uncertainty grid estimates (across all 27 runs) of spawning stock biomass relative to SSB_{MSY} and fishing mortality relative to F_{MSY} between 1952 and 2019 for Atlantic bigeye tuna. The median and 80% confidence intervals provided are based on 10000 iterations of the MVNL approximation.

	SSB/SSB_{MSY}			F/F_{MSY}				SSB/SSB_{MSY}			F/F_{MSY}		
	Median	80% LCI	80% UCI	Median	80% LCI	80% UCI		Median	80% LCI	80% UCI	Median	80% LCI	80% UCI
1952	3.370	3.050	3.870	0.010	0.010	0.010	1986	1.800	1.380	2.550	0.480	0.310	0.620
1953	3.360	3.050	3.860	0.010	0.010	0.010	1987	1.800	1.360	2.570	0.420	0.270	0.550
1954	3.360	3.040	3.860	0.010	0.010	0.010	1988	1.780	1.340	2.510	0.490	0.320	0.640
1955	3.350	3.030	3.840	0.020	0.020	0.020	1989	1.690	1.280	2.360	0.600	0.400	0.780
1956	3.340	3.030	3.840	0.010	0.010	0.010	1990	1.570	1.200	2.150	0.680	0.460	0.880
1957	3.330	3.020	3.820	0.030	0.030	0.040	1991	1.480	1.140	2.010	0.820	0.550	1.050
1958	3.320	3.010	3.810	0.020	0.010	0.020	1992	1.400	1.080	1.900	0.880	0.600	1.130
1959	3.310	3.010	3.800	0.030	0.030	0.040	1993	1.320	1.010	1.790	1.050	0.710	1.350
1960	3.300	2.990	3.780	0.040	0.030	0.040	1994	1.210	0.920	1.660	1.320	0.880	1.690
1961	3.270	2.970	3.750	0.070	0.060	0.080	1995	1.100	0.840	1.530	1.370	0.910	1.760
1962	3.240	2.950	3.700	0.090	0.080	0.110	1996	0.990	0.760	1.390	1.420	0.940	1.840
1963	3.200	2.920	3.650	0.110	0.090	0.120	1997	0.900	0.680	1.280	1.400	0.920	1.840
1964	3.170	2.890	3.610	0.100	0.080	0.110	1998	0.850	0.630	1.240	1.450	0.930	1.940
1965	3.110	2.840	3.540	0.170	0.140	0.190	1999	0.810	0.590	1.220	1.670	1.040	2.290
1966	3.090	2.820	3.520	0.110	0.090	0.130	2000	0.820	0.570	1.280	1.470	0.880	2.080
1967	3.080	2.810	3.500	0.110	0.090	0.130	2001	0.870	0.580	1.390	1.310	0.770	1.920
1968	3.070	2.800	3.500	0.100	0.090	0.120	2002	0.890	0.580	1.430	1.090	0.630	1.640
1969	3.040	2.770	3.460	0.160	0.130	0.190	2003	0.850	0.550	1.390	1.250	0.720	1.910
1970	3.000	2.740	3.410	0.180	0.150	0.210	2004	0.830	0.530	1.350	1.310	0.740	2.020
1971	2.940	2.690	3.320	0.240	0.200	0.280	2005	0.850	0.540	1.380	1.010	0.570	1.570
1972	2.890	2.650	3.270	0.210	0.180	0.250	2006	0.860	0.550	1.390	0.880	0.500	1.360
1973	2.840	2.600	3.200	0.260	0.210	0.300	2007	0.840	0.540	1.340	1.040	0.600	1.590
1974	2.770	2.540	3.120	0.300	0.250	0.350	2008	0.820	0.540	1.310	0.960	0.560	1.460
1975	2.710	2.490	3.050	0.290	0.240	0.340	2009	0.790	0.520	1.240	1.170	0.690	1.760
1976	2.620	2.410	2.960	0.220	0.190	0.260	2010	0.780	0.520	1.220	1.190	0.700	1.760
1977	2.440	2.250	2.770	0.290	0.240	0.330	2011	0.780	0.530	1.210	1.200	0.710	1.760
1978	2.270	2.080	2.590	0.290	0.240	0.340	2012	0.810	0.550	1.250	1.100	0.650	1.600
1979	2.170	1.960	2.530	0.270	0.220	0.310	2013	0.840	0.590	1.280	1.020	0.610	1.460
1980	2.070	1.830	2.480	0.390	0.310	0.460	2014	0.830	0.590	1.250	1.140	0.700	1.600
1981	1.940	1.690	2.380	0.440	0.340	0.520	2015	0.790	0.580	1.180	1.210	0.750	1.670
1982	1.840	1.570	2.330	0.500	0.370	0.600	2016	0.790	0.590	1.170	1.210	0.760	1.650
1983	1.810	1.500	2.370	0.420	0.300	0.510	2017	0.810	0.610	1.190	1.180	0.750	1.590
1984	1.790	1.440	2.410	0.510	0.350	0.630	2018	0.850	0.650	1.240	1.050	0.660	1.400
1985	1.780	1.400	2.470	0.570	0.380	0.710	2019	0.940	0.710	1.370	1.000	0.630	1.350

Table 20. Assumed catch in 2020 and 2021 by quarter by fleet.

By Fleet YrQTr		Avg% 2017/19				Catch_est 2020				Catch_est 2021			
Fleet ID	Fleet Name	Qtr 1	Qtr 2	Qtr 3	Qtr 4	Qtr 1	Qtr 2	Qtr 3	Qtr 4	Qtr 1	Qtr 2	Qtr 3	Qtr 4
1	PS_6485					-	-	-	-	-	-	-	-
2	PS_8690					-	-	-	-	-	-	-	-
3	PS_FSC_9119	0.32	0.17	0.36	0.15	1,638.75	876.65	1,836.78	753.17	1,681.99	899.79	1,885.24	773.04
4	PS_FAD_9119	0.26	0.24	0.20	0.30	3,808.37	3,499.42	2,892.64	4,357.88	3,908.85	3,591.75	2,968.96	4,472.86
5	BBPS_Ghana	0.19	0.26	0.31	0.24	515.14	720.52	845.21	658.77	528.74	739.53	867.51	676.15
6	BB_South_Dakar	0.36	0.19	0.19	0.26	94.85	49.74	49.60	69.05	97.35	51.05	50.91	70.87
7	BB_North_Dakar_6280					-	-	-	-	-	-	-	-
8	BB_North_Dakar_811	0.20	0.31	0.32	0.17	155.63	246.95	250.69	136.85	159.74	253.47	257.31	140.46
9	BB_North25N_Azores	0.03	0.45	0.42	0.10	158.52	2,213.29	2,073.25	495.66	162.71	2,271.69	2,127.95	508.73
10	Japan_LL_N	0.07	0.16	0.17	0.61	5.33	12.88	13.84	49.43	5.47	13.22	14.21	50.74
11	Japan_LL_TRO	0.51	0.08	0.14	0.27	3,109.43	487.53	849.09	1,674.66	3,191.47	500.40	871.50	1,718.85
12	Japan_LL_S	0.07	0.24	0.40	0.28	134.53	430.76	727.66	512.04	138.08	442.12	746.86	525.55
13	Other_LL_N	0.16	0.23	0.33	0.28	208.21	290.25	420.71	351.10	213.70	297.91	431.81	360.37
14	Other_LL_TRO	0.42	0.20	0.14	0.23	3,245.78	1,545.26	1,104.89	1,807.06	3,331.42	1,586.03	1,134.04	1,854.74
15	Other_LL_S	0.10	0.19	0.33	0.38	64.97	116.99	202.97	236.76	66.68	120.08	208.33	243.01
16	CTP_LL_N	0.37	0.28	0.30	0.05	9.61	7.49	8.00	1.19	9.87	7.69	8.21	1.22
17	CTP_LL_TRO	0.27	0.19	0.17	0.37	2,415.91	1,658.08	1,486.30	3,287.80	2,479.65	1,701.82	1,525.52	3,374.55
18	CTP_LL_S	0.08	0.44	0.32	0.16	22.08	129.66	93.34	47.16	22.66	133.08	95.80	48.40
19	RR_West	0.01	0.30	0.60	0.09	1.97	85.37	168.24	24.67	2.02	87.62	172.68	25.32
20	HL_BRA	0.18	0.19	0.18	0.45	620.42	644.47	635.05	1,540.99	636.79	661.48	651.80	1,581.65
21	PS_West	0.18	0.48	0.07	0.27	20.21	55.66	8.22	30.67	20.75	57.12	8.44	31.48
22	OTH	0.22	0.28	0.29	0.21	205.49	252.38	265.85	193.21	210.91	259.04	272.87	198.31

Table 21. Summary of recommendations on research and statistics. Recommendations that are considered as high priority / have financial implications are highlighted in grey and bold characters.

Category	Topic	Task	High priority	Financial implication
2021 BET and other TRO assessments	Natural mortality assumptions	Use of AOTTP and electronic data to reduce uncertainty in survival/natural mortality estimates	No	No
		Further work on ageing to improve the precision of maximum age estimates	No	?
		Examination of Then et al. methodology by WGSAM	No	No
		Adapt CAPAM guidelines	No	No
	Abundance indices	Improve all CPUE indices. Use of the LLSIM by the WGSAM to analyze the effects of the methodology used to standardize the joint LL CPUE index.	No	No
		Harmonize CPUE standardization methodology between stock assessments and TRO species	Yes	No
	AOTTP	Estimate potential cost of AOTTP tag recoveries in 2022 and 2023	Yes	No
2022 SKJ assessment	Logistics	Organize both a Data Preparatory and a Stock Assessment meeting. These meetings should be organized earlier than usual in the year. 2020 data should be ready for the Data Preparatory meeting.	Yes	No
	External review	Contract an external expert to review the full stock assessment process, prior to the start of 2022 SKJ Data Preparatory meeting.	Yes	Yes
	Abundance indices	National scientists - Prepare PS CPUE, PS acoustic buoy, BB CPUE and Gulf of Mexico larval indices. Explore alternative standardization methods.	Yes	No
		National scientists - If relevant, prepare LL CPUE indices	Yes	No
	Other data preparation and treatment	Secretariat – Update length-weight conversion factors	Yes	No
		Secretariat – Prepare a table of landings per fleet. This will be used to define fleet structure in stock assessment models and harmonized with other TRO stock assessments.	Yes	No
	AOTTP	Investigate differences in growth using AOTTP tag recovery data	Yes	No
		Evaluation exchange rates between regions using AOTTP tag recovery data	Yes	No
		Update of the tag capture/recapture matrix	Yes	No
		Improve SKJ ageing using spines collected in the frame of AOTTP	Yes	Yes

Table 21. Continued.

Category	Topic	Task	High priority	Financial implication
YFT data	Growth and natural mortality estimates	Increase sample size for YFT to improve growth estimates of this species, as well as estimates of natural mortality.	No	No
Tropical Tuna MSEs	WSKJ MSE Multispecies MSE	See Table 6.2.2 for details	Yes	Yes
FOB management and fishing closures		Explore the relationship between FOB management measures, including limitations of FOB fishing sets, number of FOB operational buoys, and number of FOB buoy / FAD deployments	Yes	No
		Assess the efficiency (e.g. reduction of BET and YFT juveniles catches) and the appropriateness of the current 3-month FOB closure (i.e. duration of the closure, choice of the closure period, etc)	Yes	No
		Revitalize the FAD WG	Yes	No

Table 22. Detail of development and proposed activities for the MSE initiatives for tropical tunas. The updated MSE Roadmap for the Commission is presented in section 7.1.8 of this report.

	SCRS	Commission ¹
2015		Commission provides initial guidance for the development of harvest strategies for priority stocks, including tropical tunas [Rec. 15-07]
2016		Commission identifies performance indicators for the MSE for tropical tunas (Annex 9 [Rec. 16- 01]). Commission adopts MSE roadmap, including plan for activities for tropical tunas for 2016-2021
2017	SCRS reviews performance indicators for YFT, SKJ, and BET	SWGSM recommends a multispecies approach for development of MSE framework for tropical tunas
2018	SCRS develops MSE implementation plan for 2018-2021	
	SCRS conducts bigeye tuna stock assessment	
2019	SCRS conducts yellowfin tuna stock assessment SCRS agrees on developing a Western Skipjack (WSKJ) MSE and a Multispecies MSE (Eastern Skipjack, Bigeye and Yellowfin tuna)	Commission updates MSE roadmap for the period 2019-2024 ² and requests that the SCRS “refines the MSE process in line with the SCRS roadmap and continue testing the candidate management procedures. On this basis, the Commission shall review the candidate management procedures, including pre-agreed management actions to be taken under various stock conditions. These shall take into account the differential impacts of fishing operations (e.g. purse seine, longline and baitboat) on juvenile mortality and the yield at MSY.” [Rec 2019-02].

¹ Commission to decide if activities are best conducted in Panel 1 or in plenary

² https://iccat.int/mse/en/COM_ROADMAP_ICCAT_MSE_PROCESS_ENG.pdf

2020	COVID slows progress on Multispecies MSE but SCRS develops a preliminary OM for WSKJ MSE.	
2021	SCRS agrees on major sources of uncertainty to be considered in the MSE and candidate performance indicators for Tropical tuna MSEs	Commission to review and provide feedback on: - management objectives and performance indicators to be used for tropical tunas MSE - proposed update if tropical tuna MSE roadmap
	SCRS conducts bigeye tuna stock assessment	
	SCRS modifies OM for WKSJ to include the whole of the western Atlantic.	
	JCAP/ICCAT Training workshops on MSE and HCR for Portuguese and Spanish speaking scientists and managers	
2022	SCRS conducts skipjack stockassessment	
	SCRS reconditions OMs for SKJ in WSKJ MSE model and ESKJ in mixed species MSE model in light of new SKJ assessments	
	SCRS initiates development and testing of candidate Management procedures (MP) for western SKJ	Commission considers WSKJ MSE simulations and initial candidate MPs developed by SCRS. Commission agrees on final set of MPs to be evaluated in the WSKJ MSE
	Independent review of tropical tuna MSE process and technical review of Western SKJ MSE	

2023	SCRS conduct Yellowfin assessment	
	SCRS reconditions yellowfin OM in light of assessment results	
	SCRS initiates development and testing of initial candidate MPs for multispecies MSE and final set of MPs for WSKJ	Commission considers multispecies MSE simulations and initial candidate MPs developed by SCRS. Commission agrees on final set of MPs to be evaluated in the multispecies MSE
	Independent technical review of Western Multispecies MSE	Commission considers final evaluation of WSKJ MPs
2024	SCRS tests final set of MP candidates for Multispecies MSE	Commission considers final evaluation of MPs for multispecies MSE.
	SCRS provides advice on exceptional circumstances for the implementation of the MP	Oct -Dec Final delivery of multi - stock MSE, including fully conditioned operating models and candidate management procedures to Commission
		Commission to: a) reviews and endorse guidance on management responses in the case of exceptional circumstances, and b) considers adopting interim MP(s) for BET, YFT and Eastern SKJ
2025 and beyond	Once an MP is adopted, SCRS to conduct periodic assessments to ensure that the conditions considered in MP testing are still applicable to the stock	Commission to continue use of the MP to set management measures on the predetermined timescale defined in the MP setting
	On the predetermined timescale for MP setting, SCRS to evaluate existence of exceptional circumstances	

Table 23. Combinations of CPCs and gears reporting bigeye tuna catches in the ICCAT Convention area. Only those that are responsible of more than 1000 tons in the decade are shown. They are ordered from high to low according to total catch in the 2010s. Blue bars indicate BET catch levels. In yellow are highlighted those combinations of CPC-gear-year that have provided discard reports.

Flag	GearGrp	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Chinese Taipei	LL										
Japan	LL										
EU-España	PS										
China PR	LL										
EU-Portugal	BB										
Ghana	PS										
EU-France	PS										
EU-España	BB										
Brazil	HL										
Curaçao	PS										
Panama	PS										
Brazil	LL										
Cape Verde	PS										
Belize	PS										
Korea Rep	LL										
El Salvador	PS										
Guatemala	PS										
Senegal	PS										
EU-España	LL										
Philippines	LL										
Mixed flags (EU)	PS										
Guinée Rep	PS										
USA	LL										
Ghana	BB										
Senegal	BB										
Côte d'Ivoire	LL										
St Vincent anc	LL										
Belize	LL										
USA	RR										
EU-Portugal	LL										
Maroc	HL										
South Africa	LL										
S Tomé e Prín	PS										
Canada	LL										
Côte d'Ivoire	PS										
Côte d'Ivoire	GN										
Brazil	BB										
EU-France	BB										
Panama	LL										
Namibia	LL										
Maroc	LL										
Venezuela	PS										
Namibia	BB										

Table 24. Number of CPC/Flags that have provided ST07 Supply vessel forms by year to the ICCAT Secretariat.

Num registers Year							
Flag	2013	2014	2016	2018	2019	2020	Yrs report
BLZ			1		6		2
BOL				1	1		2
CUW	1	1			1		3
EU_FRA					1	1	2
EU-ESP					1		1
FR_SPM					1		1
LBY				1			1
LCA					1		1
MEX					1	1	2
PAN					2		1
SEN					1		1
SLV						1	1
UK_BMU					1		1
UK_SHN					1		1
UK_TCA					1		1
UK_VGB					1		1
Grand Total	1	1	1	2	20	3	

Table 25. Number of CPC/Flags that have reported ST07 and indicated whether they had (YES) or did not have (NO) activity of support vessels for Tropical Tuna fisheries (red zero values).

N reports		Year					
Trop Tun	Flag	2013	2014	2016	2018	2019	2020
Supply Vess NO	LBY				1		
	BOL				0	0	
	EU_FRA					0	0
	FR_SPM					0	
	LCA					0	
	MEX					0	0
	UK_BMU					0	
	UK_SHN					0	
	UK_TCA					0	
	UK_VGB					0	
Yes	BLZ			1		6	
	CUW	1	1			1	
	EU-ESP					1	
	PAN					2	
	SEN					1	
	SLV						1

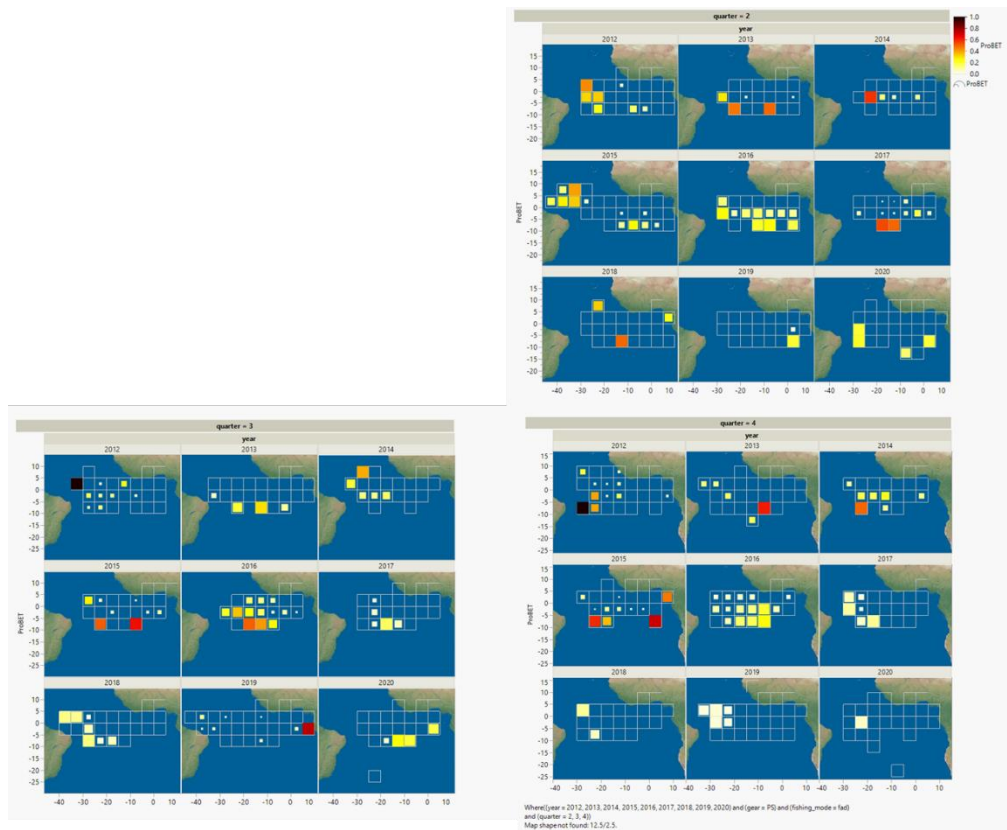


Figure 1. BET proportion in the total catch of tropical species (YFT, SKJ, BET) by 5x5 year and quarter. Quarter 1 Jan-Mar was excluded due to the time area closures effects.

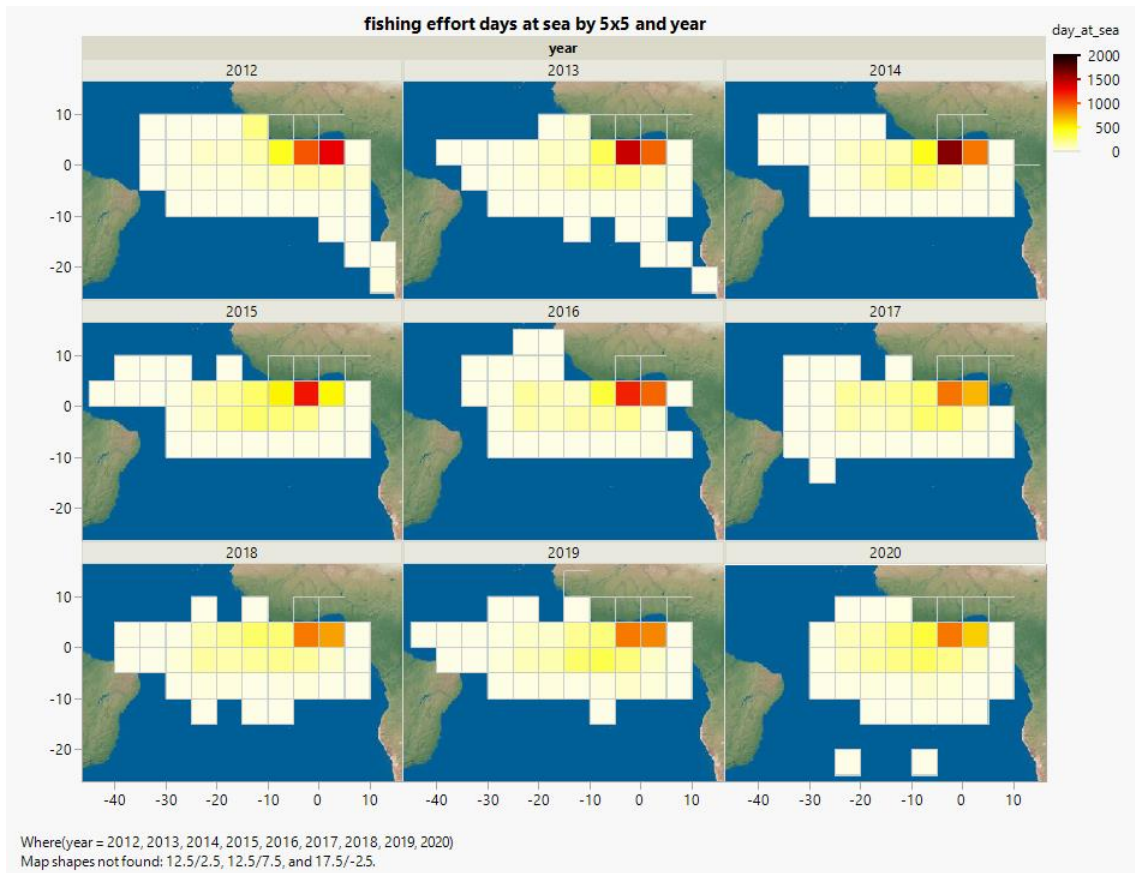


Figure 2. Total fishing effort, days-at-sea 5x5 and year from the Ghana tropical fisheries fleets. Grids shown represent a non-zero fishing effort estimate.

Area stratification Stock Synthesis 2021

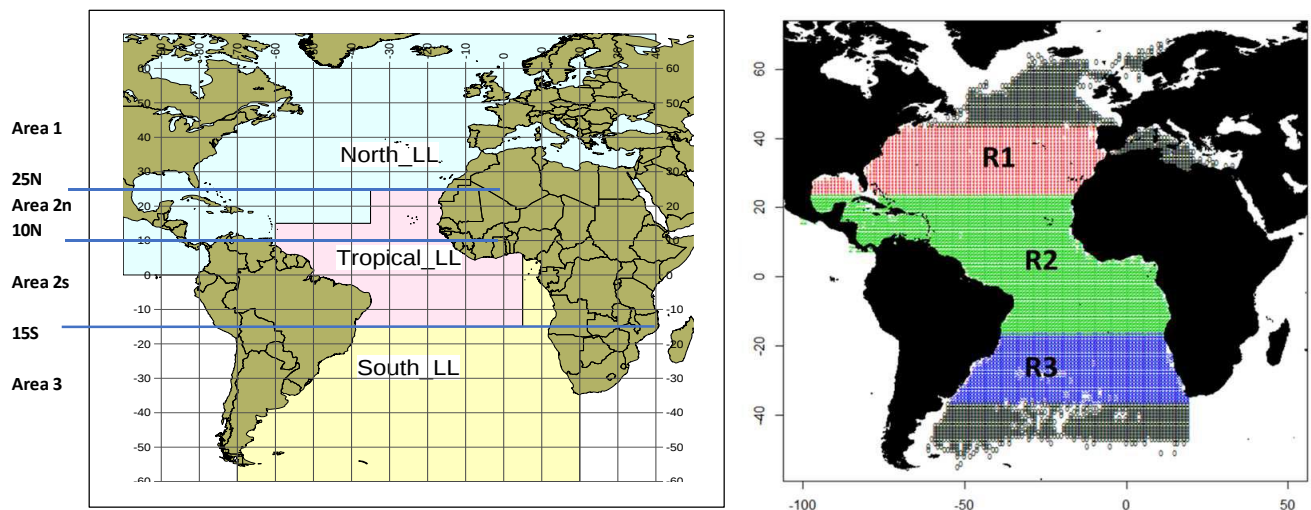


Figure 3. Comparison of the geographical area stratification used for the Stock Synthesis fleet structure (left) and for the combined longline index estimation for the 2021 BET stock assessment (right) (Kitakado *et al.*, 2021).

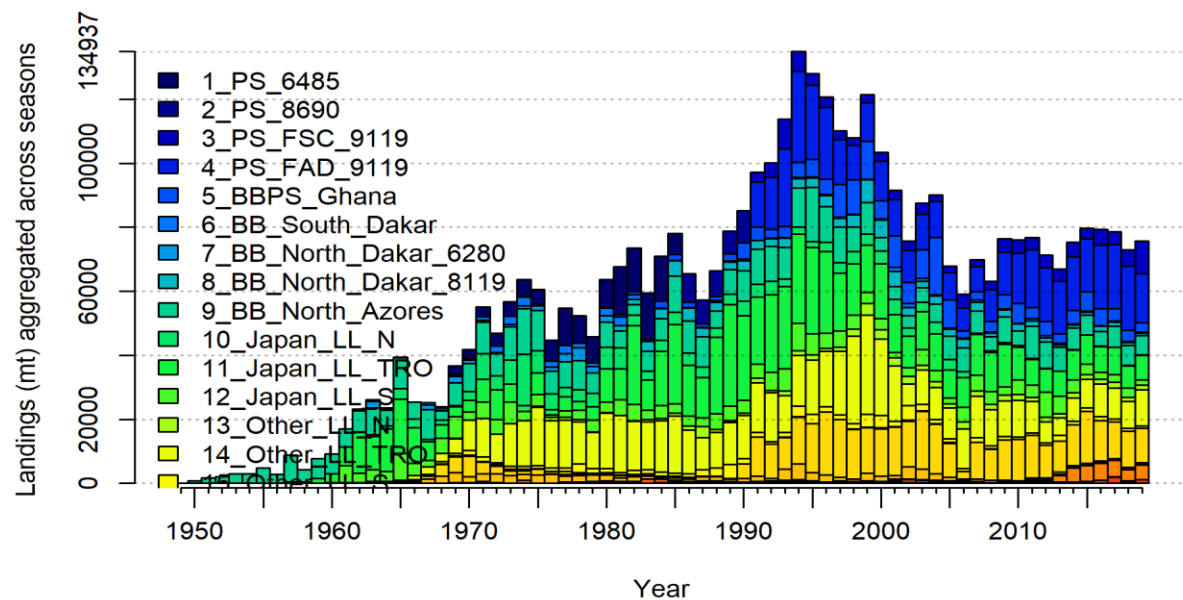


Figure 4. Landings (mt) for each of the fleets defined in the stock synthesis models. (Table 5 contains details of fleet definitions).

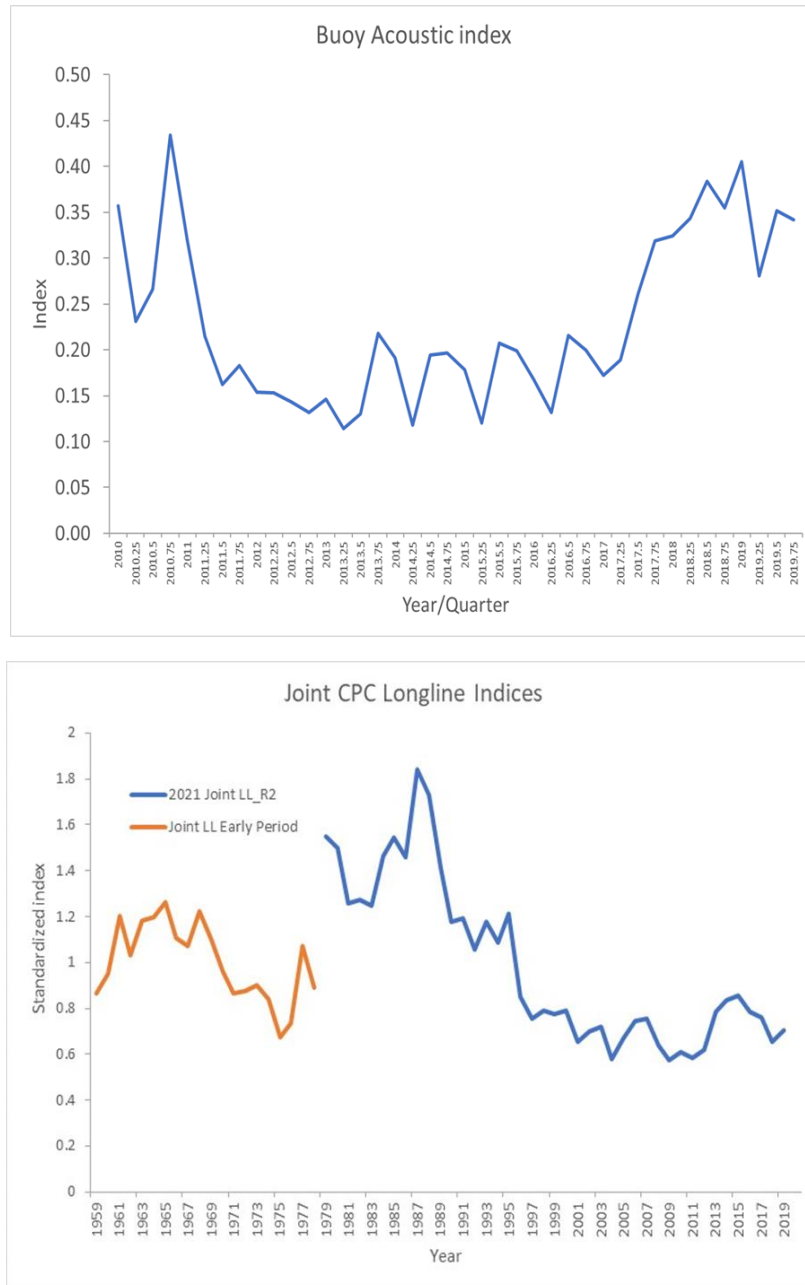


Figure 5. Abundance indices used for in stock synthesis models. Quarterly acoustic buoy index (top panel) for 2010 to 2019 and annual joint longline index for 1959 to 2019 (bottom panel).

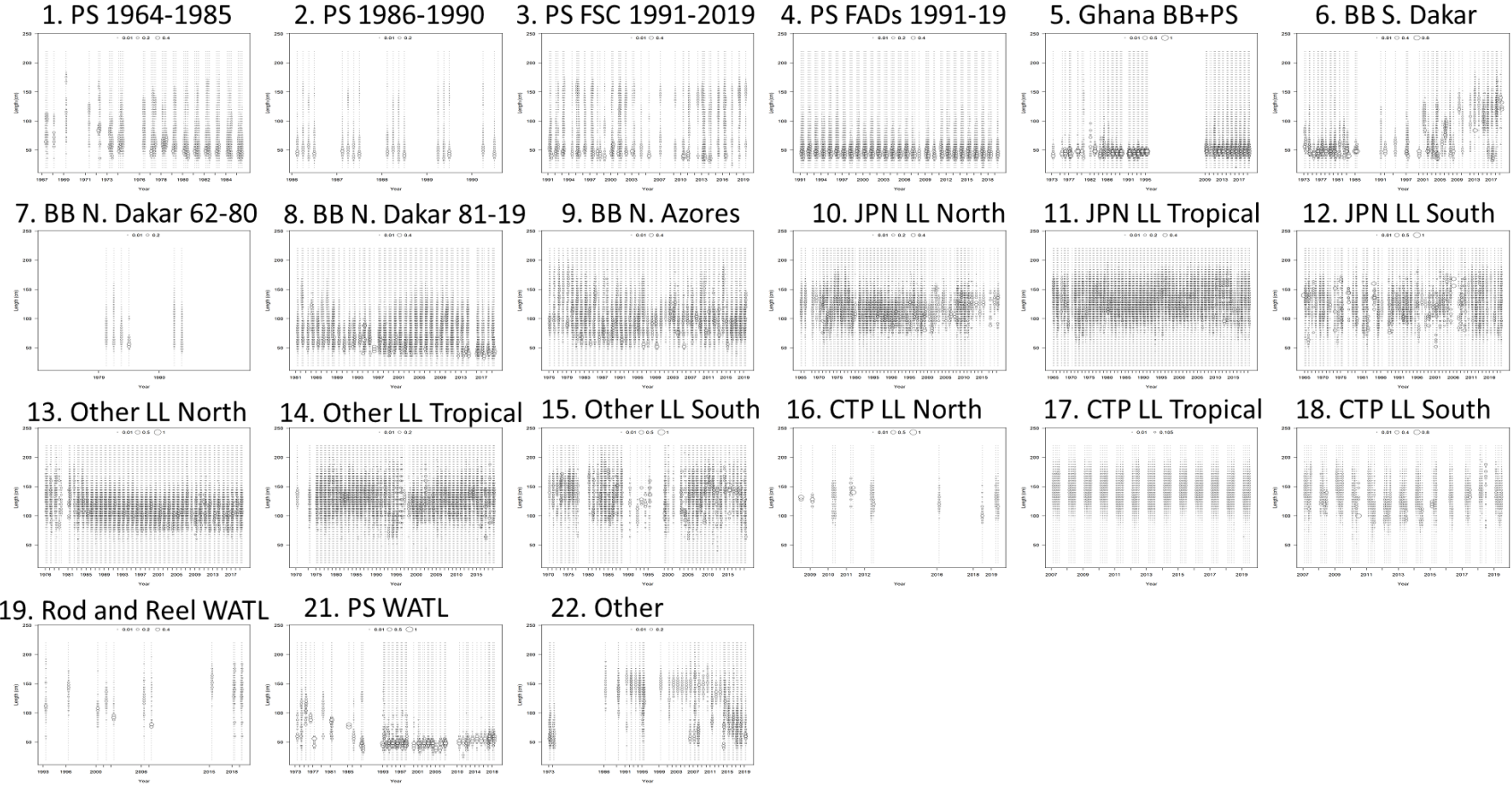
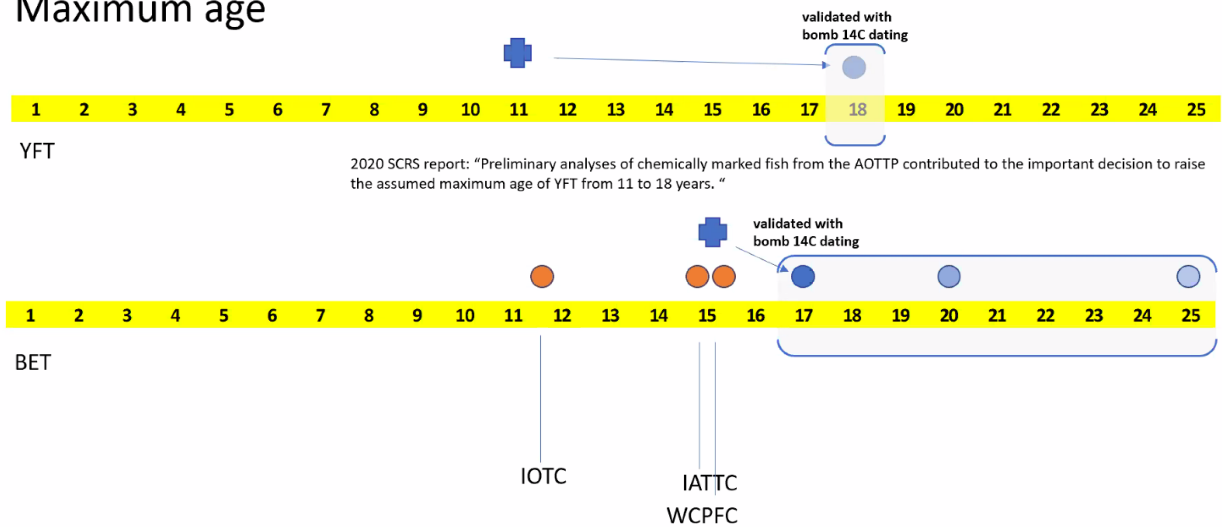


Figure 6. Annual length frequency bubble plots for fleets considered in stock synthesis models. (Table 5 contains details of fleet definitions).

Maximum age



EPO - IATTC, 2019. Natural mortality used in the EPO bigeye tuna assessment. 2nd Review of the stock assessment of bigeye tuna in the Eastern Pacific Ocean
WPO – Farley, J et al., 2020. Age and growth of yellowfin and bigeye tuna in the western and central Pacific Ocean from otoliths. WCPFC-SC16-2020/SA-WP-02
IOTC - Fu, D., 2020. Preliminary Indian Ocean bigeye tuna stock assessment 1950-2018 (stock synthesis). IOTC-2019-WPTT21-61

Figure 7. Estimates of maximum age used in the assessment of stocks of bigeye tuna and yellowfin tuna by various RFMOs. Red circles represent estimates for BET used in IOTC, IATTC and WCPFC. Blue symbols correspond to estimates used in ICCAT stock assessments. Blue crosses represent estimates used by ICCAT in the assessment prior to the most recent assessment of each stock. Circles represent estimates of maximum age used in the ICCAT assessments of yellowfin (2019) and bigeye tuna (2021). The 2021 ICCAT assessment of bigeye used three values of maximum age in the uncertainty grid.

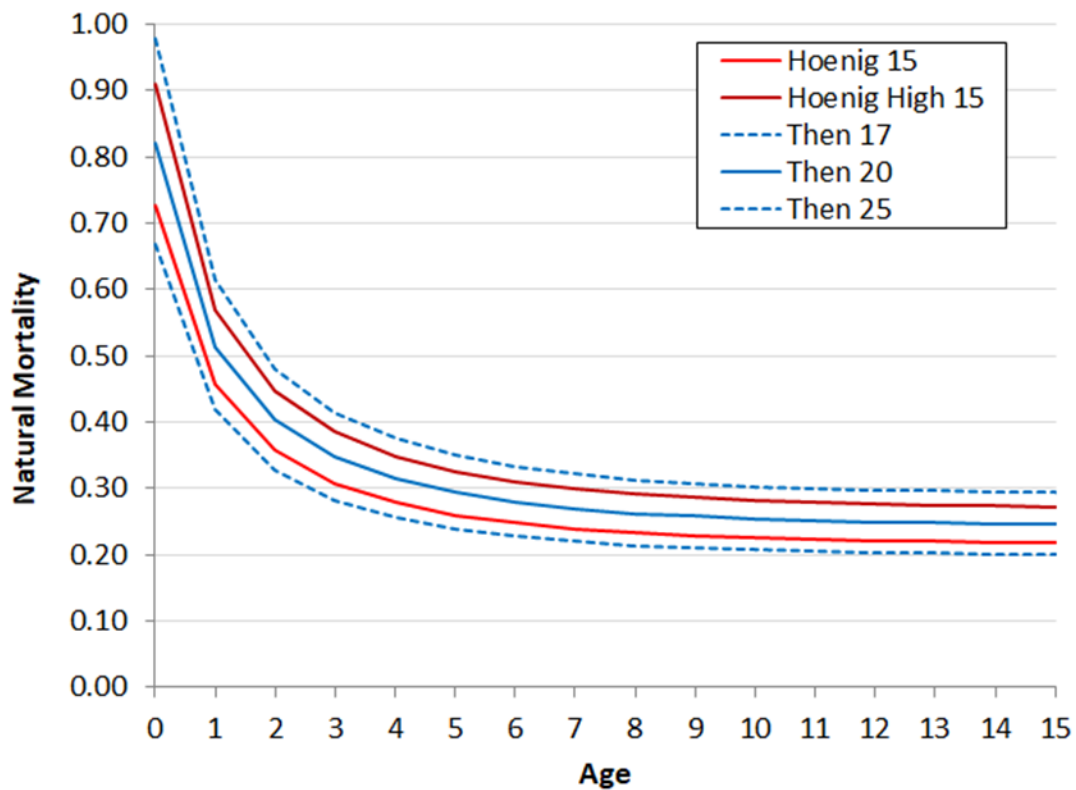


Figure 8. Natural mortality at age assumptions used for the Stock Synthesis model runs. Red lines represent assumptions used in the 2018 BET assessment. Blue lines represent the assumptions made in the current assessment.

Final Objective Function Across Jitter Runs

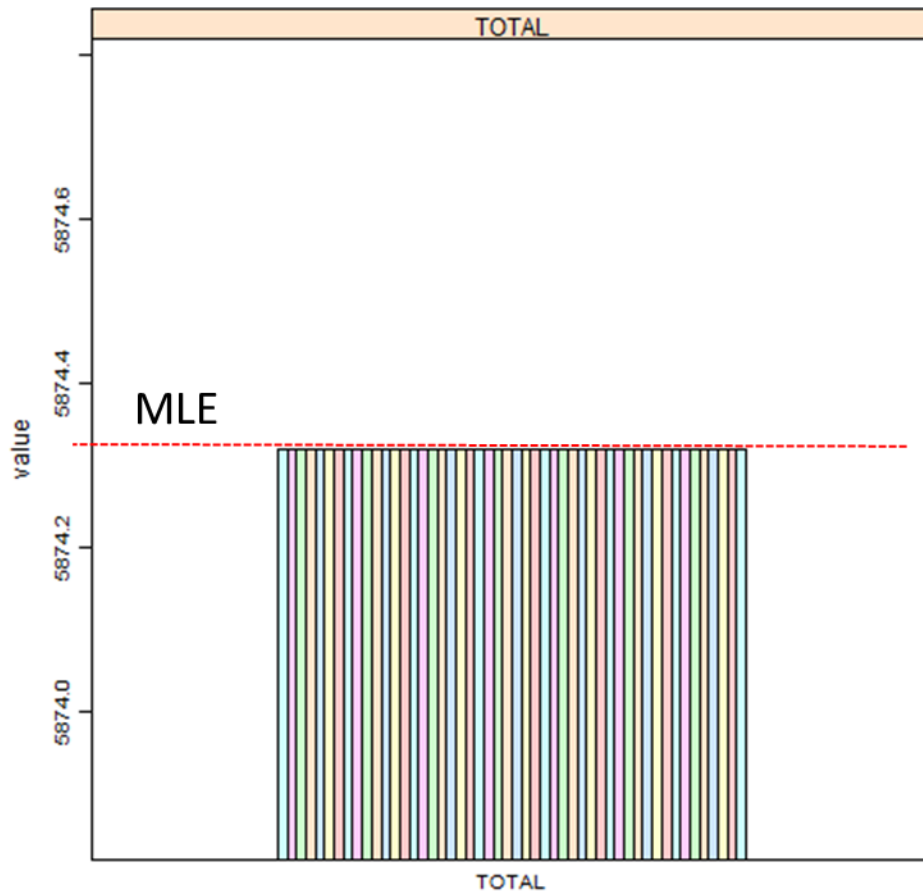


Figure 9. Final objective function for the stock synthesis reference case across jittered starting parameter values.

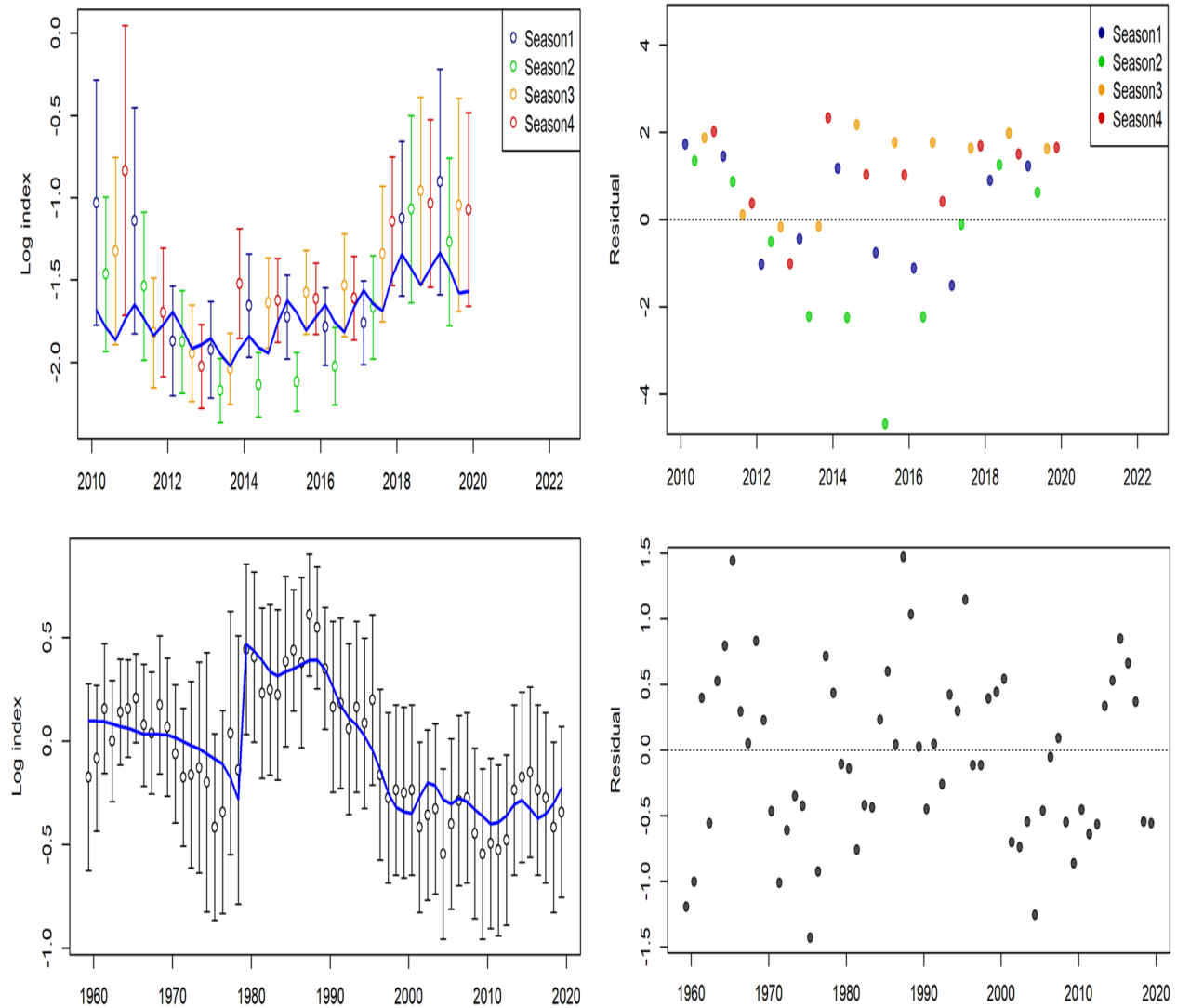


Figure 10. Stock Synthesis reference case fits (left panels) and residuals (right panels) to the acoustic buoy index (top panels) and joint longline index (lower panels). Solid blue lines represent predictions and bars represent observations with their CVs.

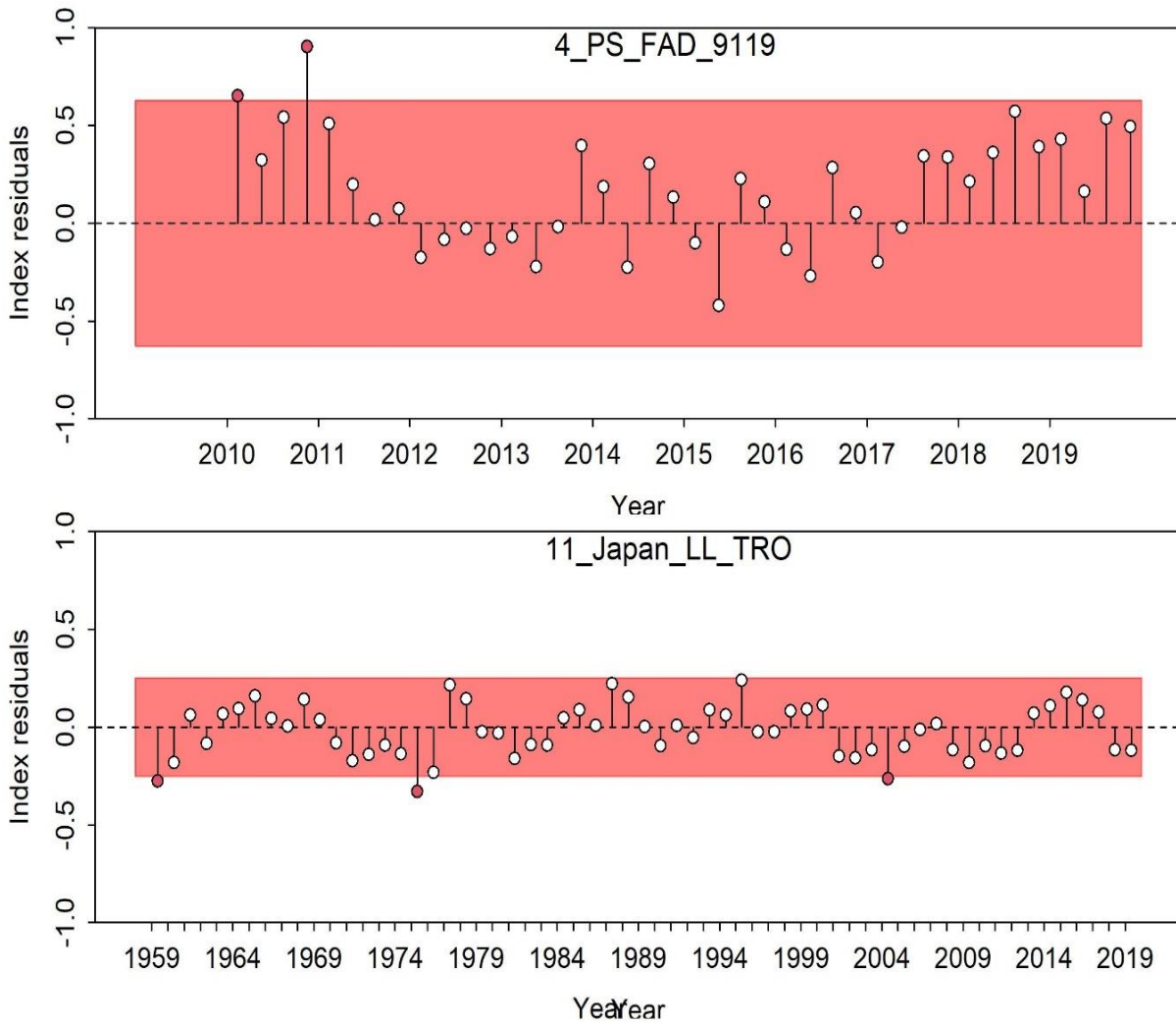


Figure 11. Diagnostic runs test on residual fits to indices of abundance (acoustic buoy upper panel, joint longline index lower panel) for Stock Synthesis reference case. Red circles represent outliers and the red box represents overall failure of the runs test.

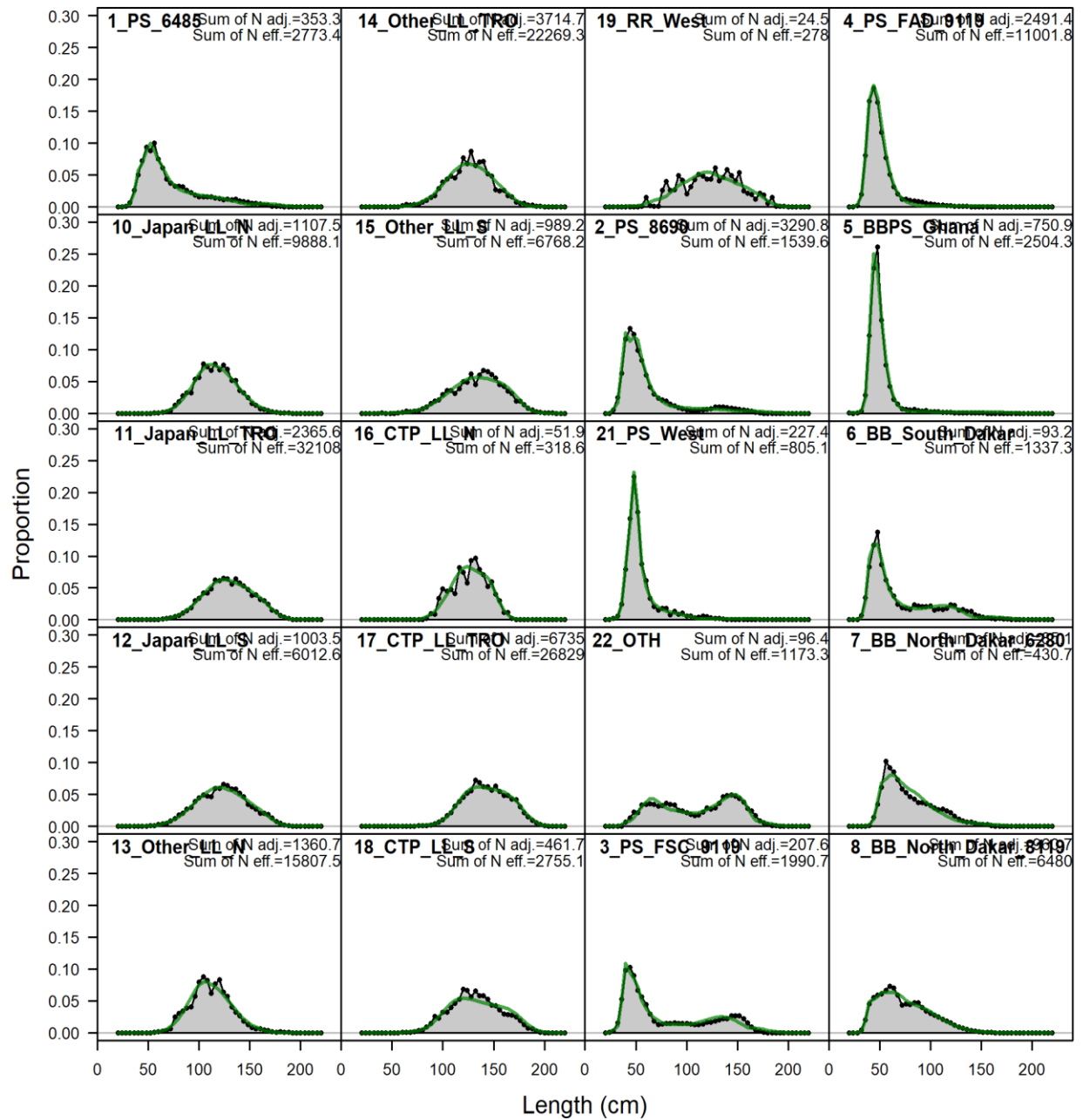


Figure 12. Fits to fleet aggregated length compositions for the Stock Synthesis reference case. Black dots represent the observed length data aggregated for all years. Green lines represent model predictions.

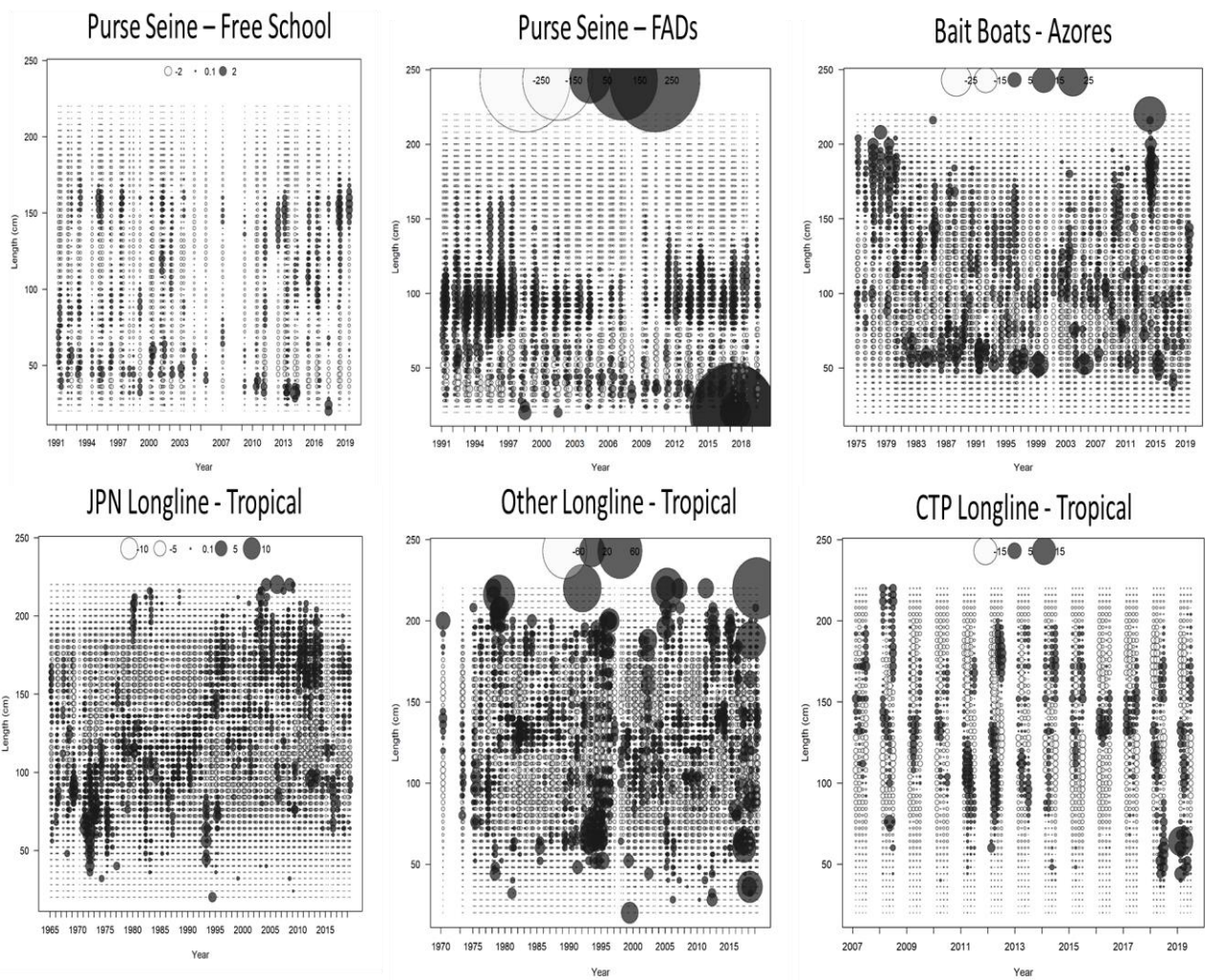
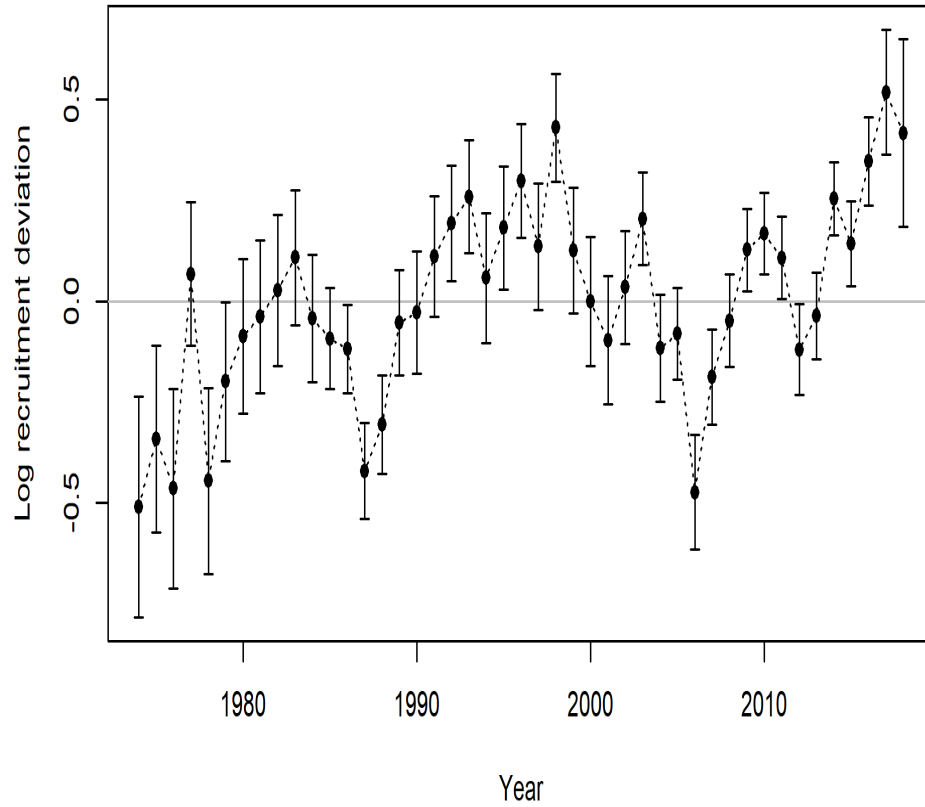


Figure 13. Residuals to bigeye tuna length composition data of the major harvesting fleets for Stock Synthesis reference case.

Diameter of the circle represents the value of residual; white circles represent negative residuals and dark circles



positive residuals.

Figure 14. Estimated recruitment deviations for the period 1974-2018 for Stock Synthesis reference case.

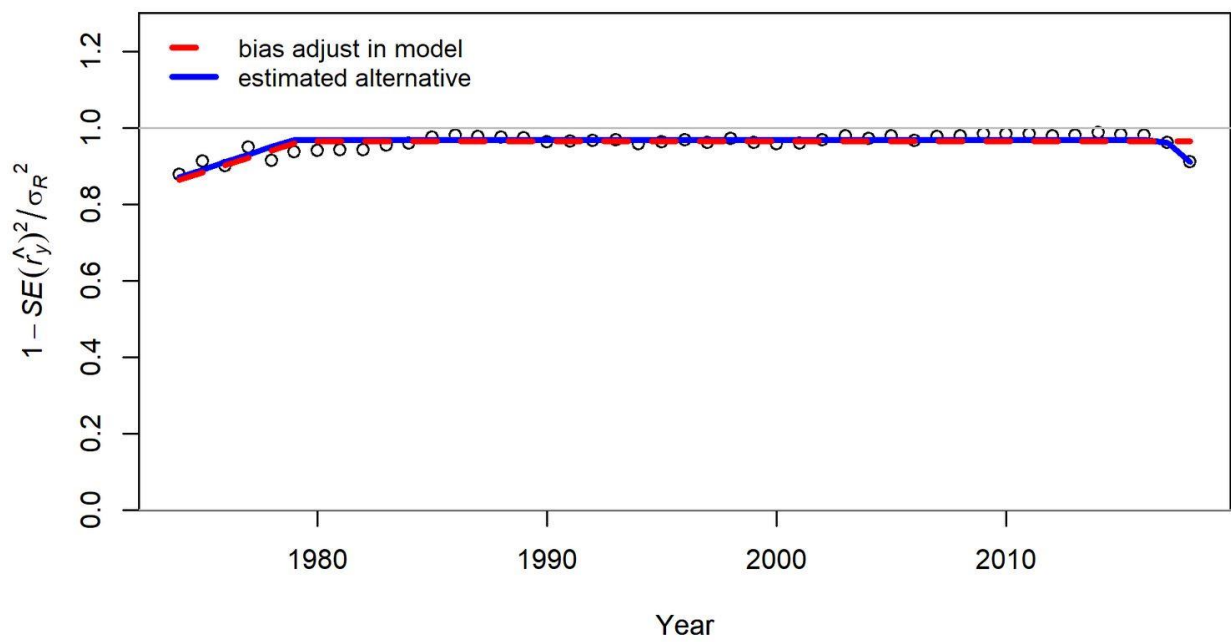


Figure 15. The bias corrections for recruitment deviates in the Stock Synthesis reference case.

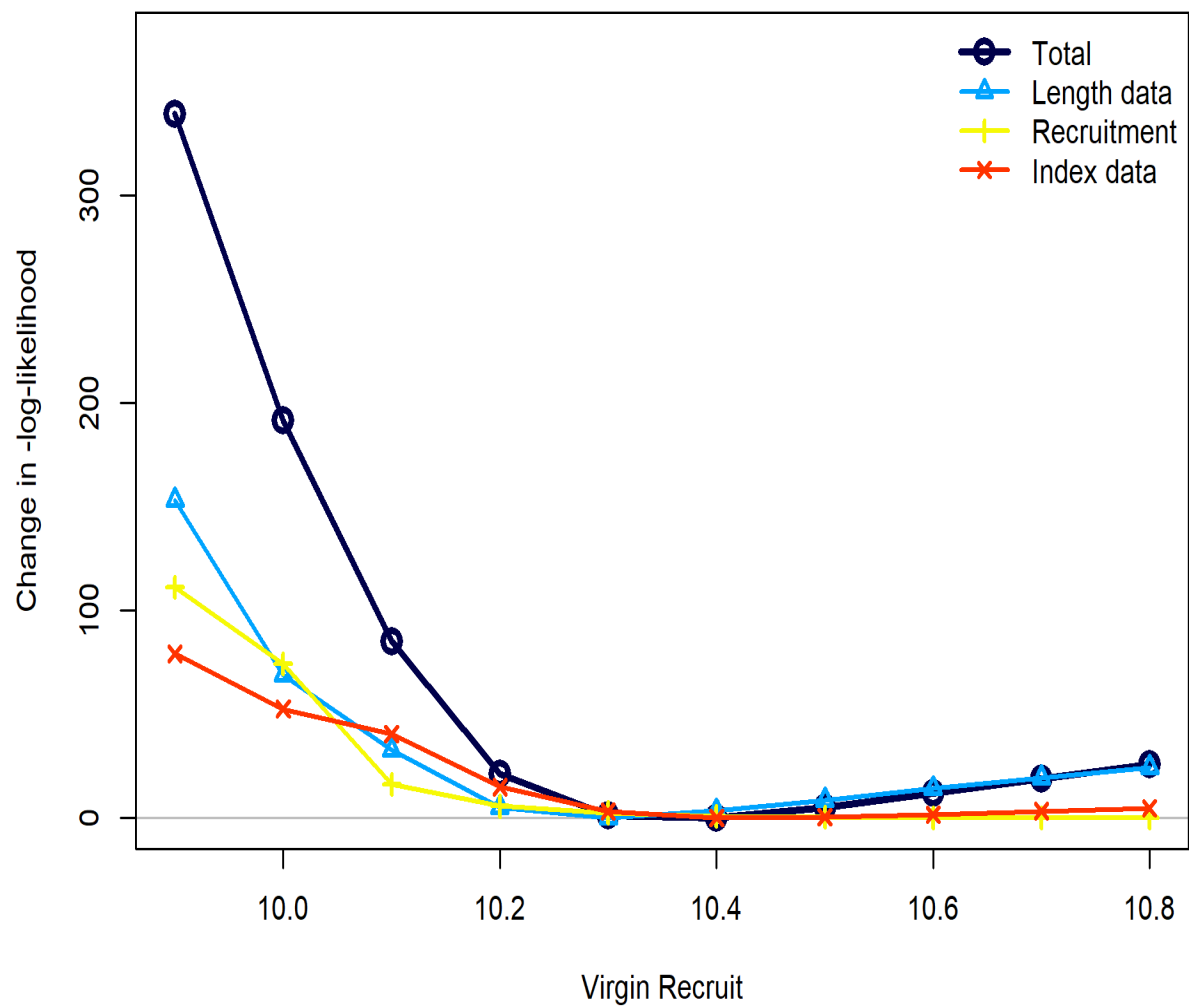


Figure 16. Likelihood profile of virgin recruitment (log scale) from Stock Synthesis reference case.

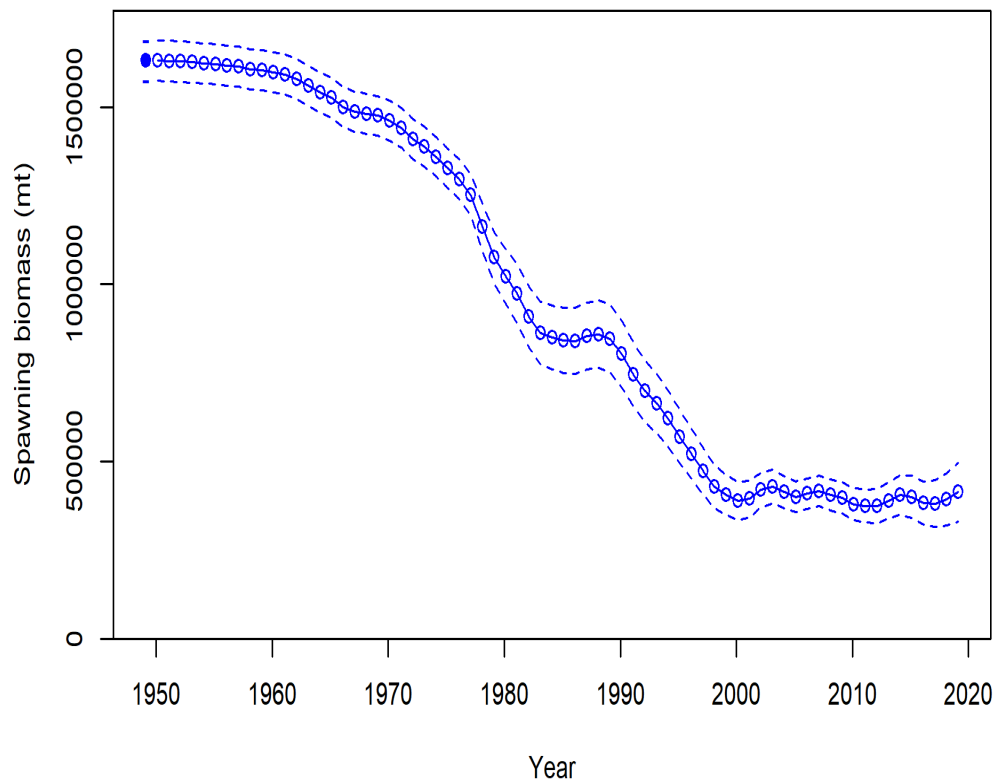


Figure 17. Spawning stock biomass estimates from the Stock Synthesis reference case.

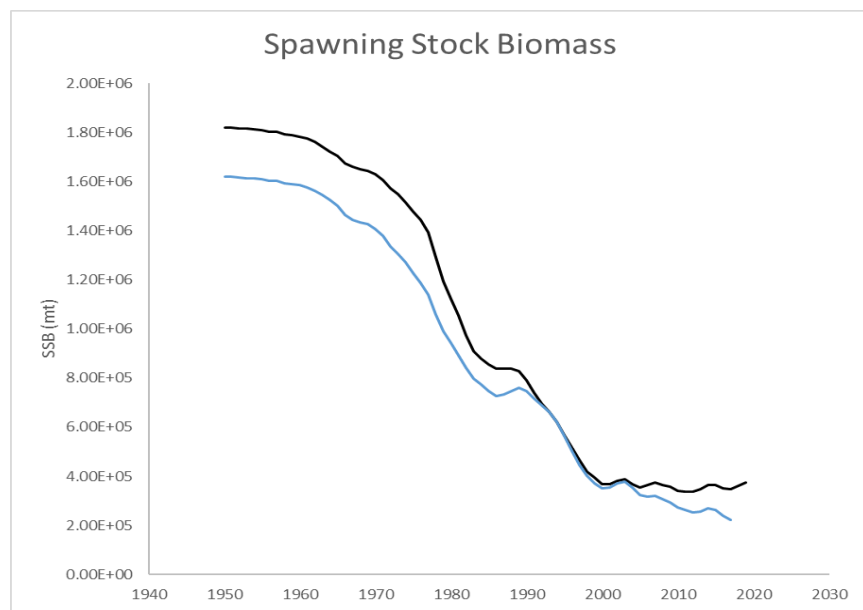


Figure 18. Comparison of spawning stock biomass estimates between the 2021 continuity model run (black) and 2018 assessment reference case run (blue).

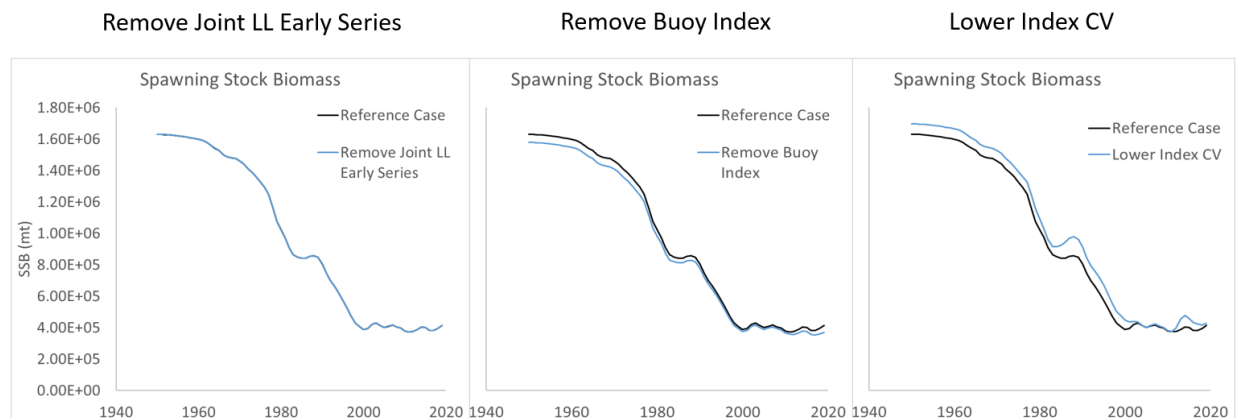


Figure 19. Sensitivity of SSB (mt) trends from the Stock Synthesis reference case to the removal of certain relative index of abundance or to lowering the CV for relative abundance indices.

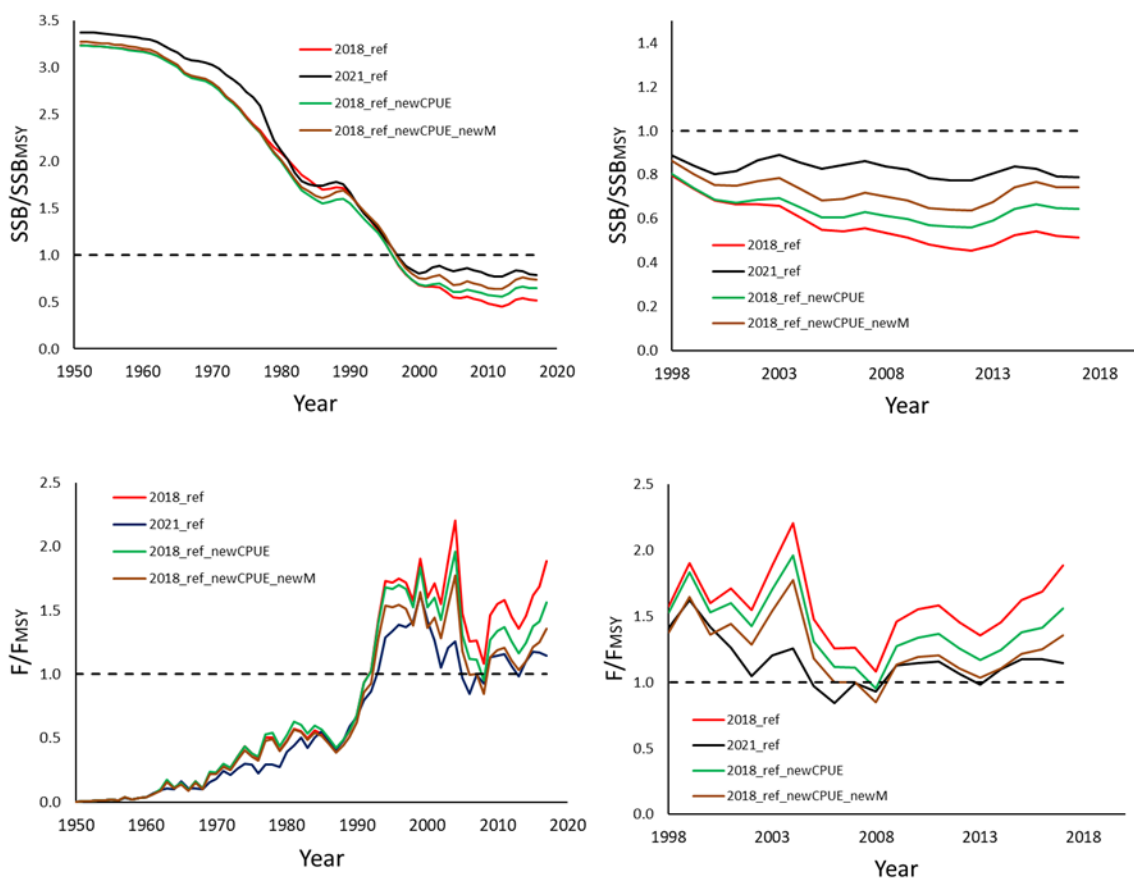


Figure 20. SSB/SSB_{MSY} and F/F_{MSY} trends from stepwise sensitivity runs of Stock Synthesis built to assess the influence of changes made since the 2018 stock assessment. Lines represent the 2018 (2018_ref) and 2021 (2021_ref) reference cases, the 2018 reference case replacing the 2018 joint longline index with the 2021 joint longline index (2018_ref_new_CPUE) and this last case with the replacement of the 2018 natural mortality with the 2021 natural mortality (2018_ref_new_CPUE_new_M).

M17, $h = 0.8$, $\sigma_R = 0.4$, CPUE 2021 LL + FAD

M17, $h = 0.8$, $\sigma_R = 0.4$, CPUE 2018 LL + FAD

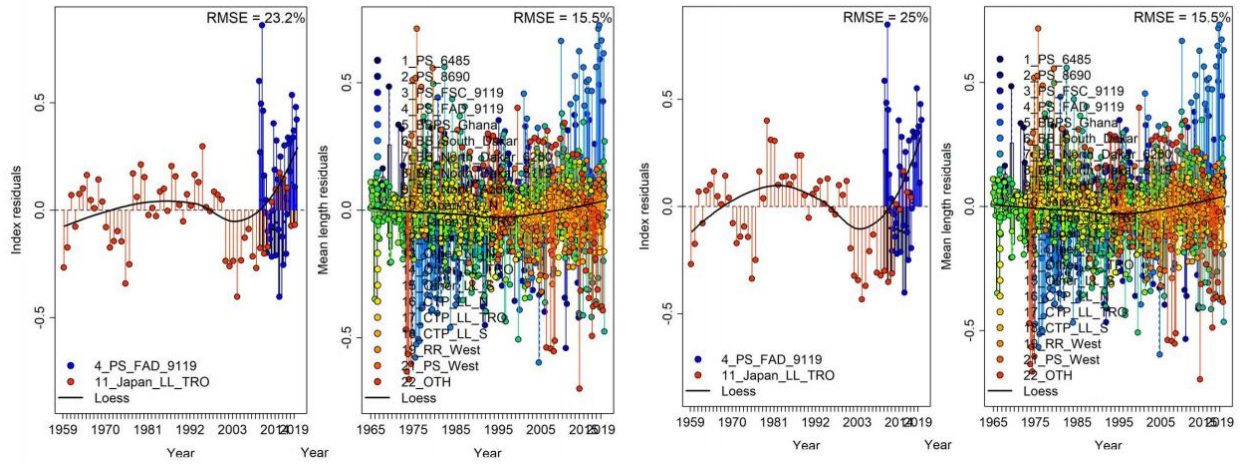


Figure 21. Comparison of residuals of the 2021 Stock Synthesis reference case (left panels) and the residuals of the sensitivity run where the 2021 joint longline index has been replaced with the 2018 joint longline index (right panels).

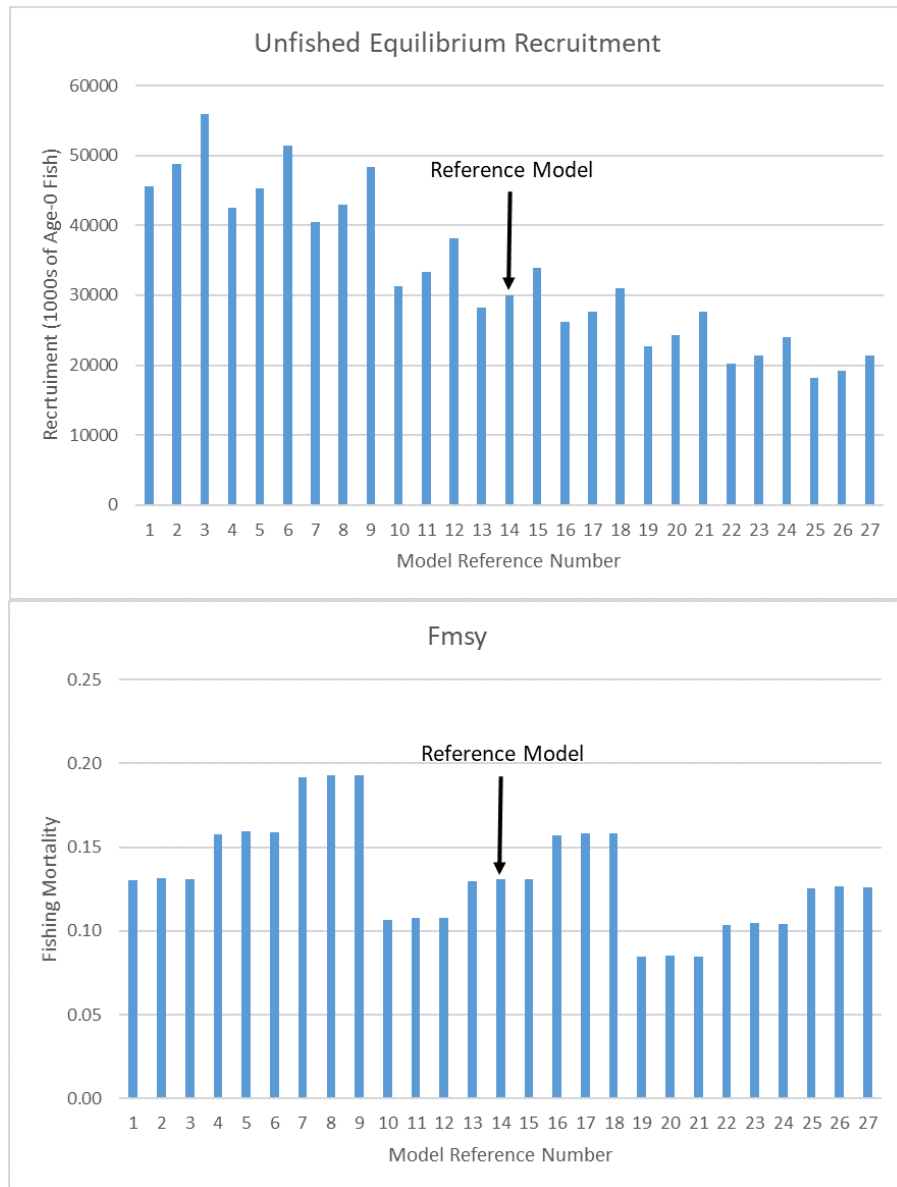


Figure 22. Estimates of recruitment at unfished spawning stock biomass and Fmsy for the 27 model Stock Synthesis models of the uncertainty grid. The model reference number on the x-axis corresponds to the model configuration listed in **Table 13**.

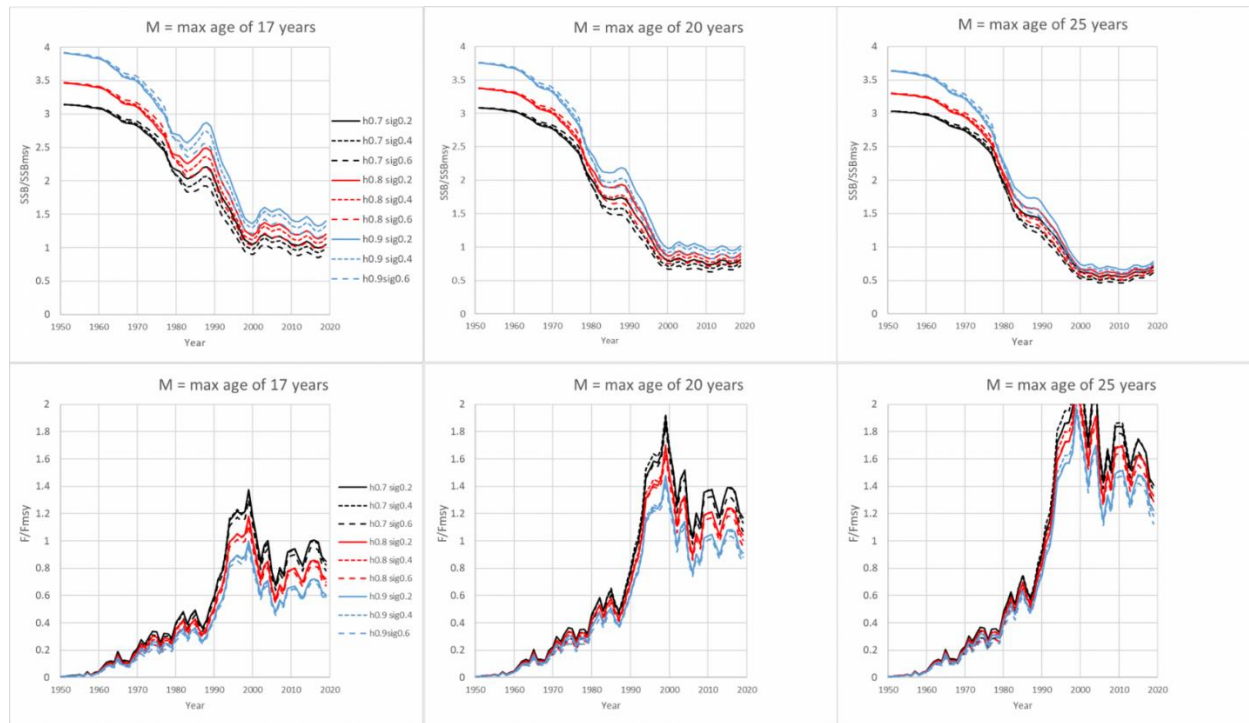


Figure 23. Time series of stock status trends across the 27 Stock Synthesis models of the uncertainty grid. Panels in each column represent the different assumptions of maximum age and thus natural mortality. Upper panels represent SSB/SSB_{MSY} trends and lower panels F/F_{MSY} trends. Individual lines represent different combinations of steepness and σ_R .

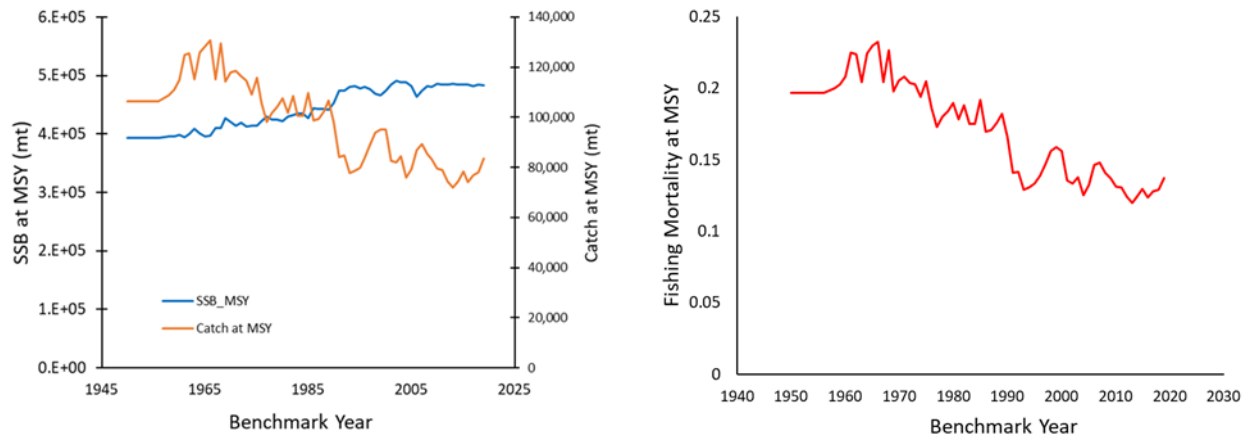


Figure 24. Dynamic SSB/SSB_{MSY} and catch at MSY (left panel) and F/F_{MSY} (right panel) by benchmark year, demonstrating the effects of changes in selectivity for bigeye tuna using the SS 2021 reference case.

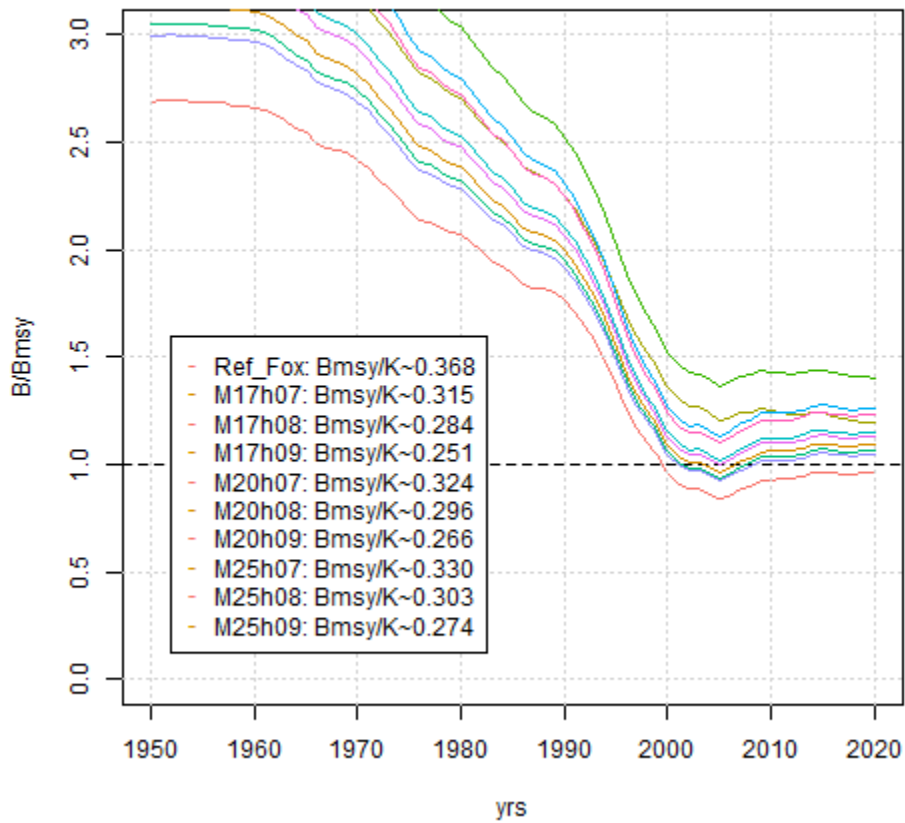


Figure 25. B/B_{MSY} trajectories from the deterministic MPB runs for the Reference Case and 9 uncertainty grid runs.

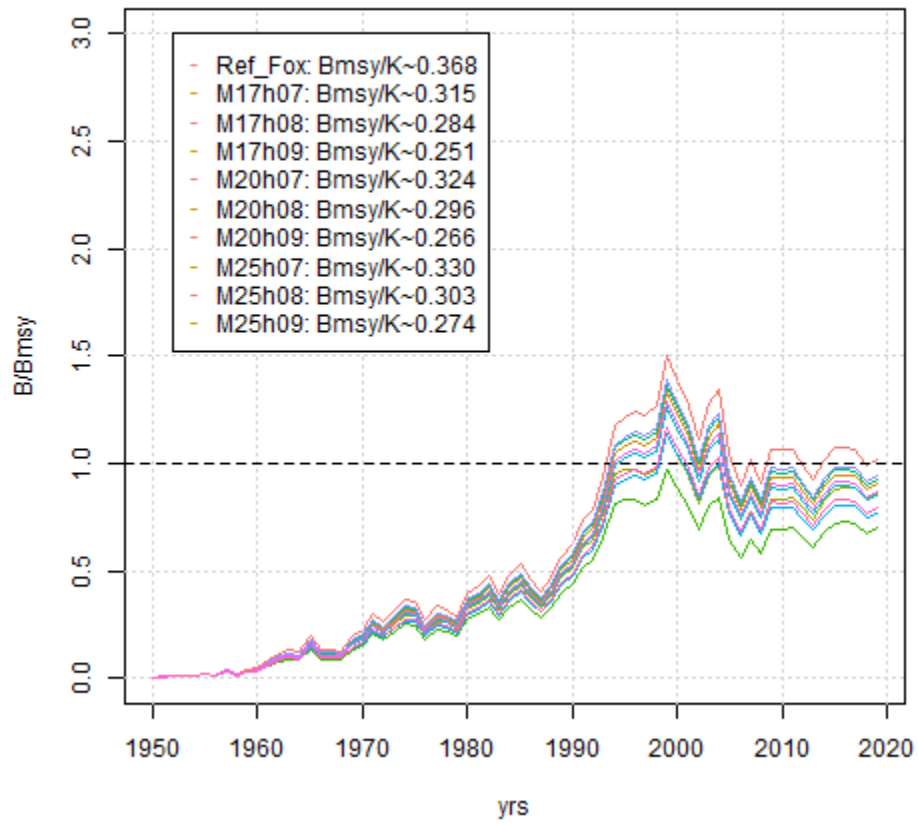


Figure 26. F/F_{MSY} trajectories from the deterministic MPB runs for the Reference Case and 9 uncertainty grid runs.

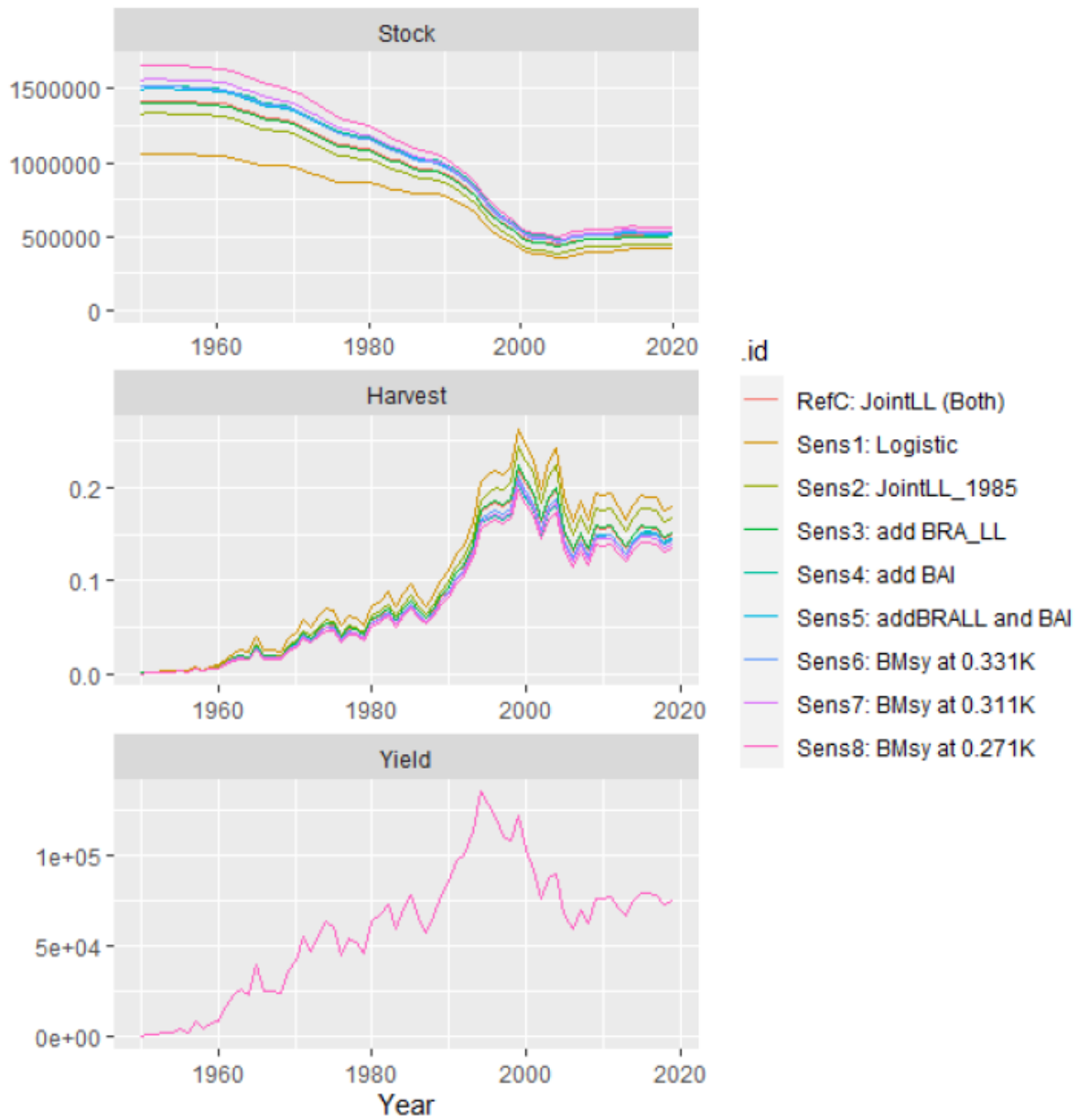


Figure 27. Biomass and Fishing mortality estimates from selected deterministic sensitivity MPB runs.

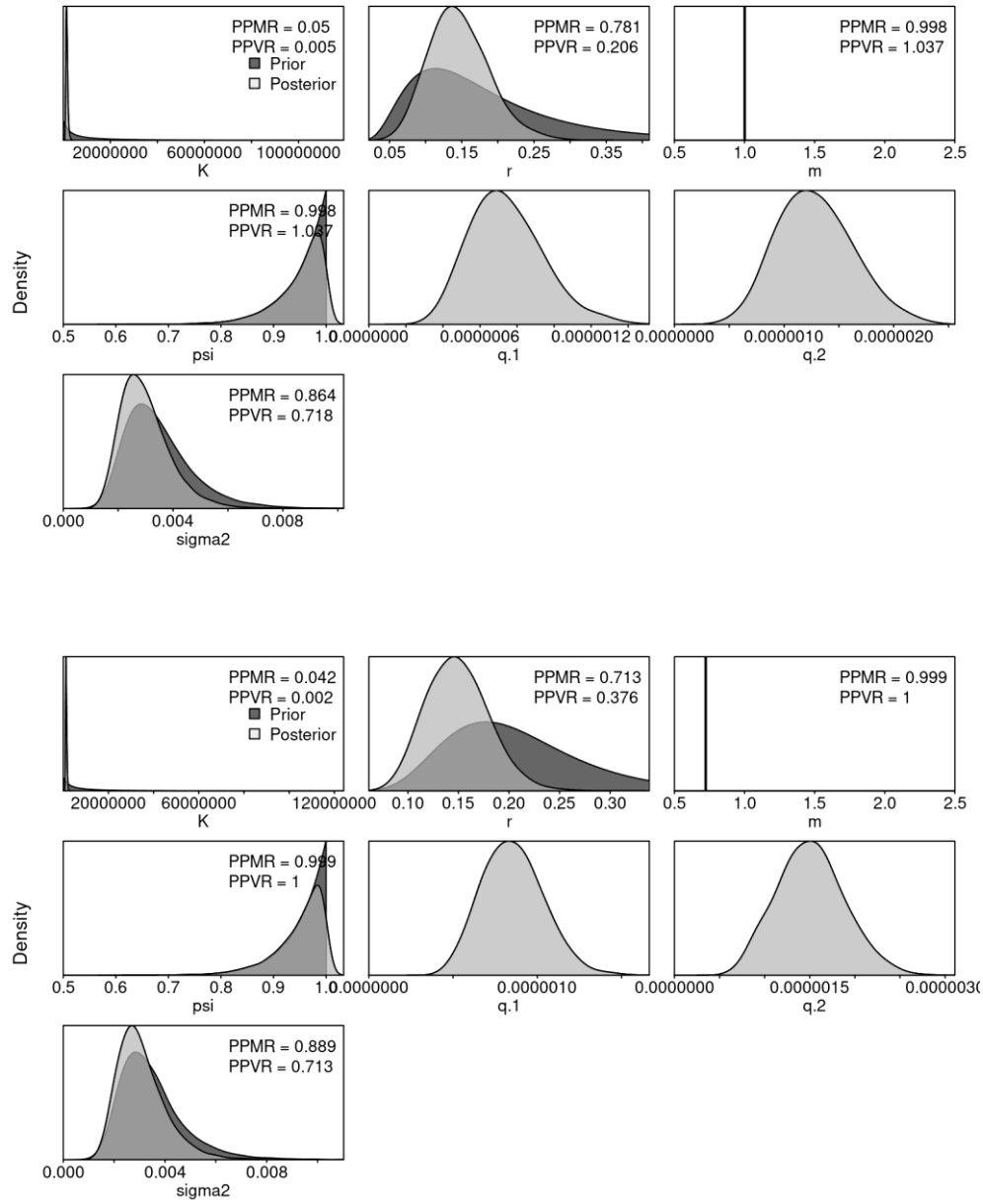


Figure 28. JABBA prior and posterior distributions of various parameters for the JABBA scenarios S01(upper panels) and S06 (bottom panels) fitted for the Atlantic bigeye tuna. PPRM: Posterior to Prior Ratio of Medians; PPVR: Posterior to Prior Ratio of Variances.

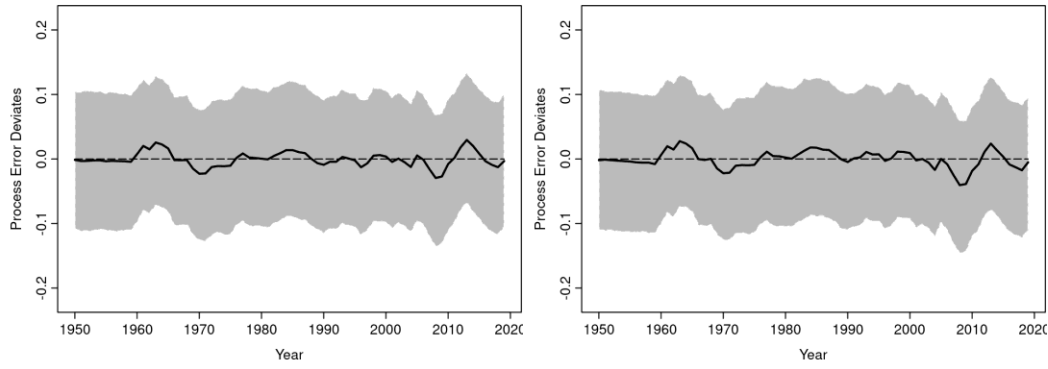


Figure 29. JABBA process error deviates (median: solid line) with shaded grey area indicating 95% credibility intervals for the JABBA scenarios S01(left panel) and S06 (right panel).

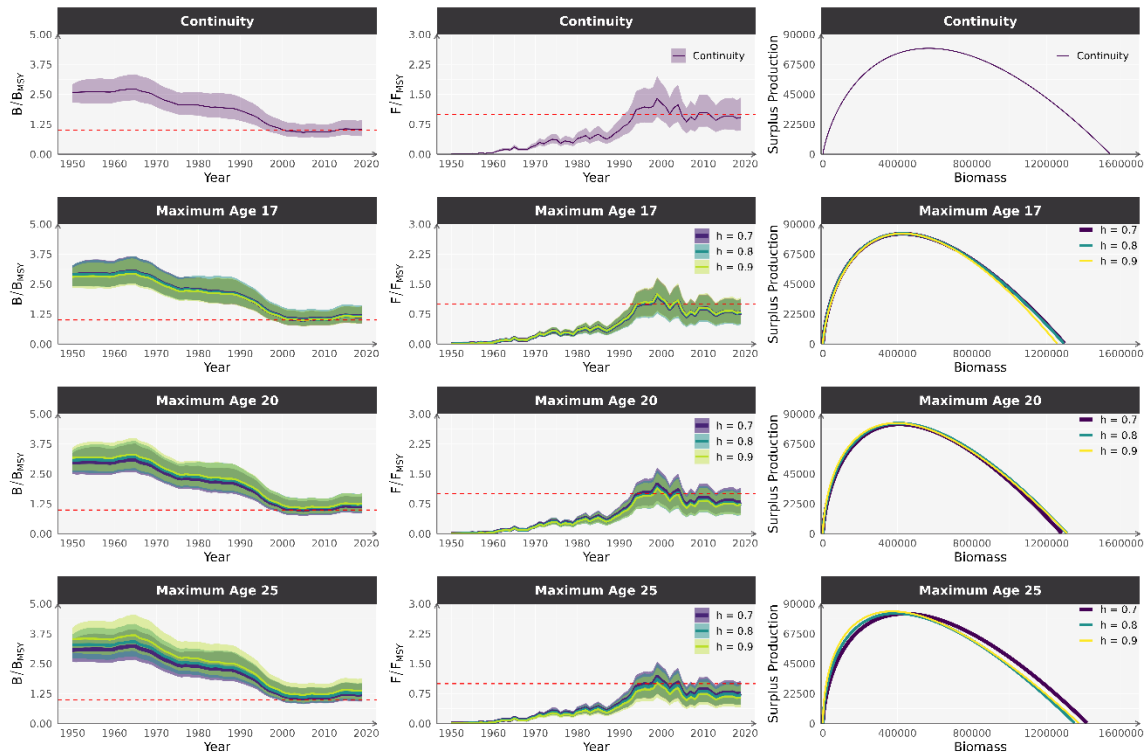


Figure 30. Trends in biomass and fishing mortality (left panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and surplus production curve (right panels) for uncertainty grid scenarios of the Bayesian state-space surplus production JABBA model.

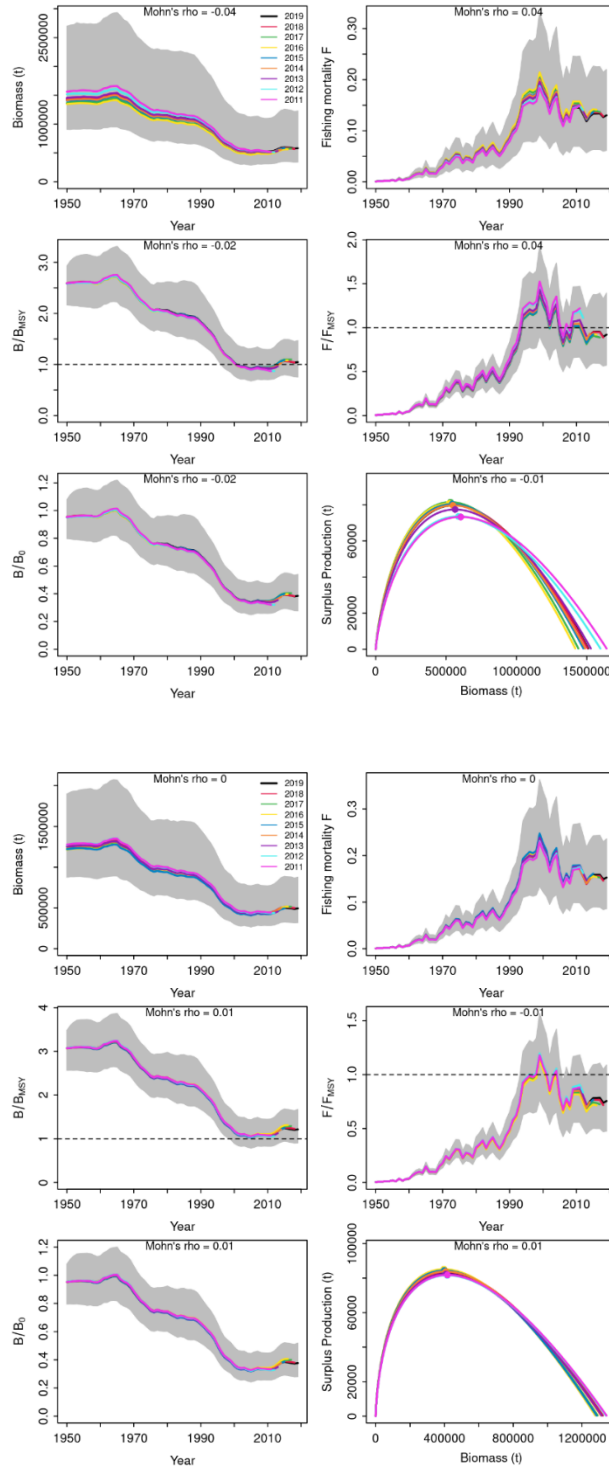


Figure 31. JABBA retrospective analysis conducted for the scenarios S01 (upper panels) and S06 (bottom panels) for Atlantic bigeye tuna, by removing one year at a time sequentially ($n=8$) and predicting the trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) 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).

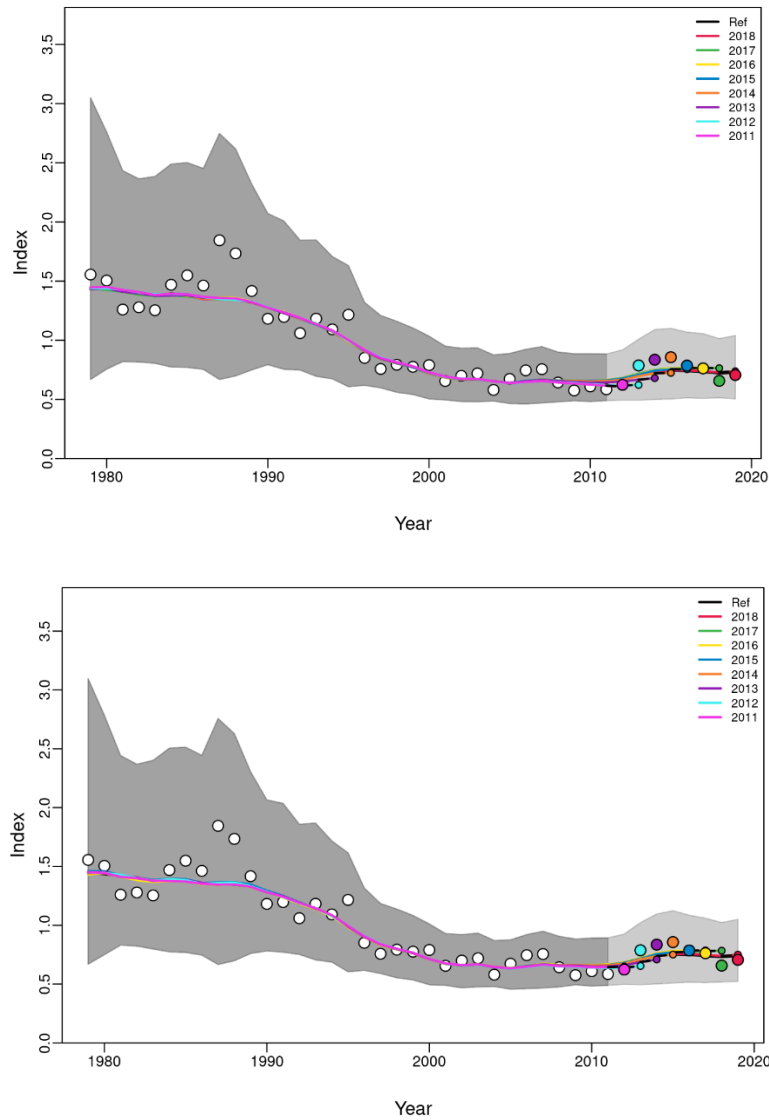


Figure 32. JABBA Hindcasting cross-validation results (HCxval) for the scenarios S01 (upper panel) and S06 (bottom panel) for Atlantic bigeye tuna, showing one-year-ahead forecasts of CPUE values (2011-2019), performed with eight hindcast model runs relative to the expected CPUE. The CPUE observations, 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).

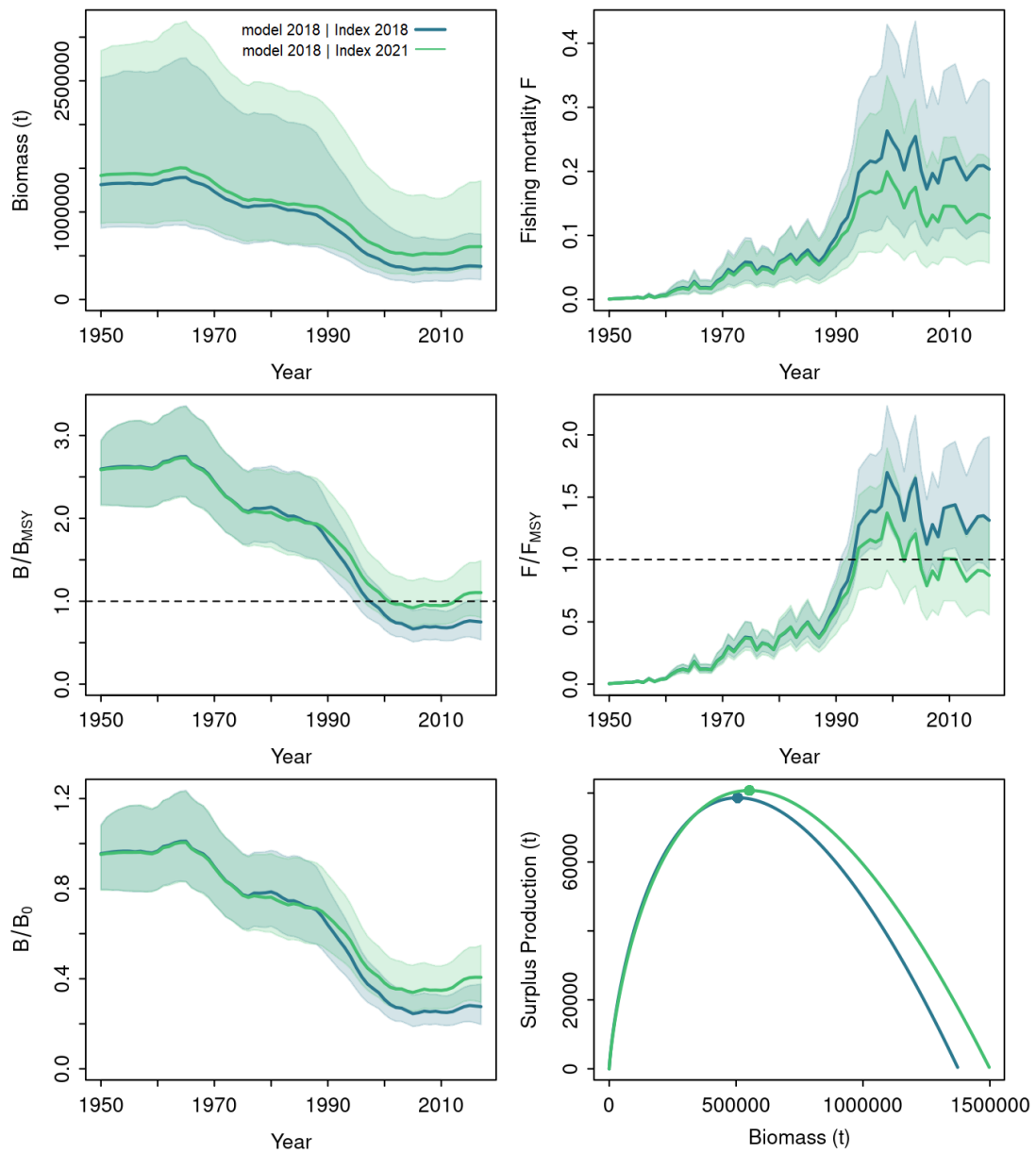


Figure 33. Comparisons of JABBA sensitivity scenarios using the 2021 joint index or the 2018 joint index. Trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (middle panels) and biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (bottom panels).

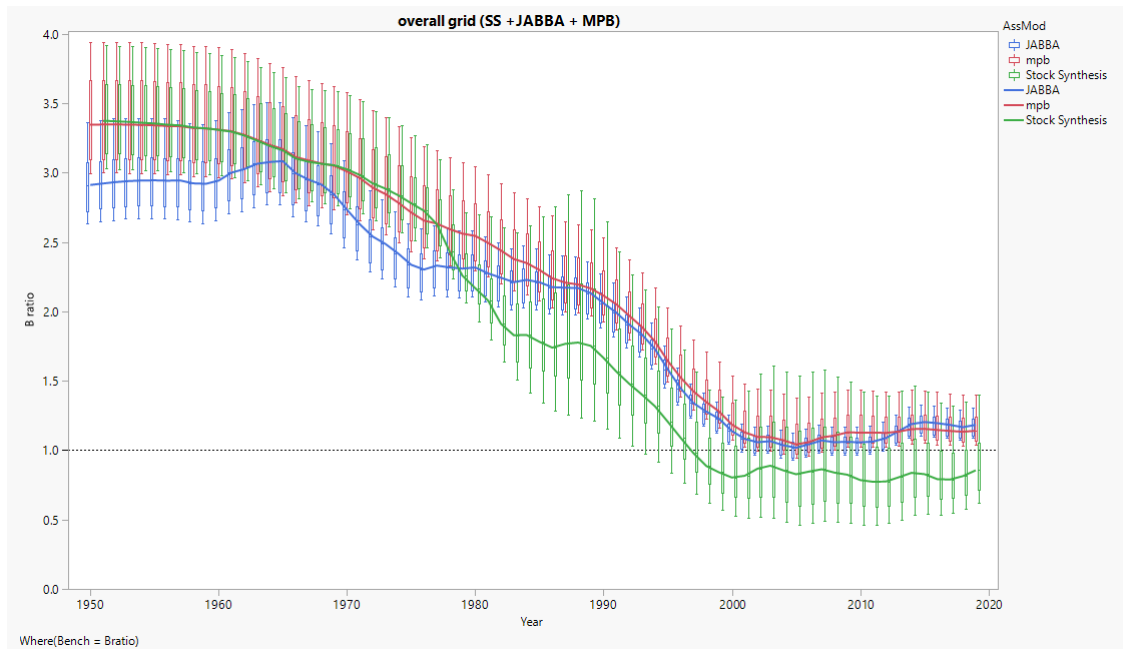


Figure 34 Comparison of estimates of SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) or B/B_{MSY} (production models – MPB and JABBA) between 1950 and 2019 by all runs for Atlantic bigeye tuna. The box plots represent the annual distribution of relative biomass estimates from deterministic models in the uncertainty grid, the lines represent the median of the distribution for each model type (Stock Synthesis, MPB, JABBA).

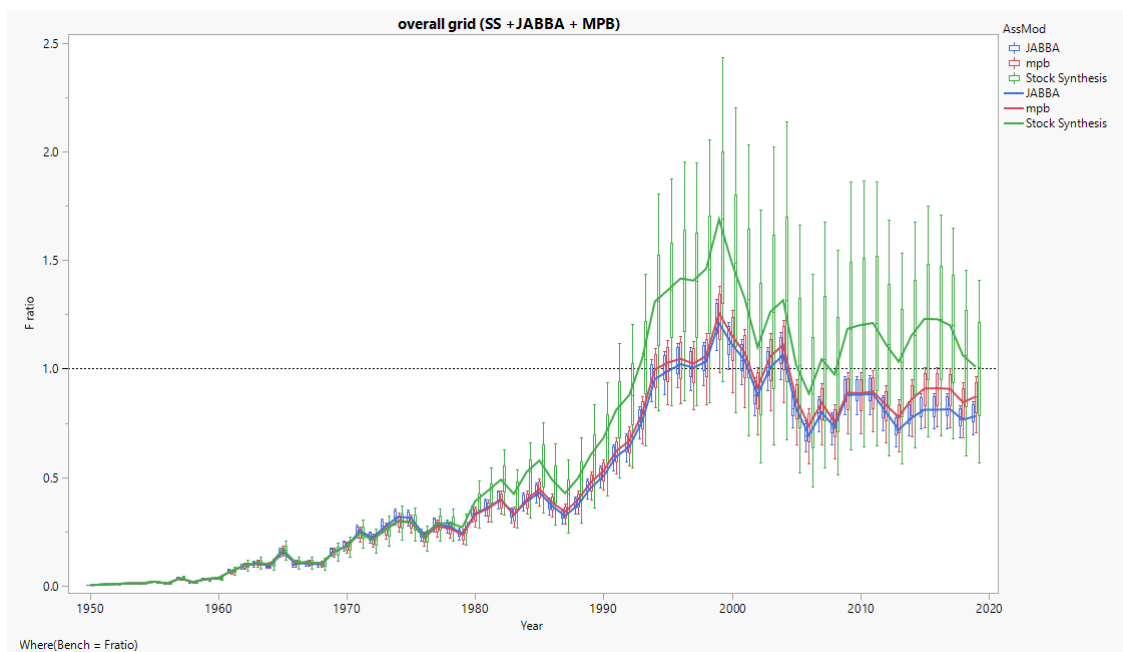


Figure 35. Comparison of estimates of F/F_{MSY} between 1950 and 2019 by all runs for Atlantic bigeye tuna. The box plots represent the annual distribution of relative fishing mortality estimates from deterministic models in the uncertainty grid, the lines represent the median of the distribution for each model type (Stock Synthesis, MPB, JABBA).

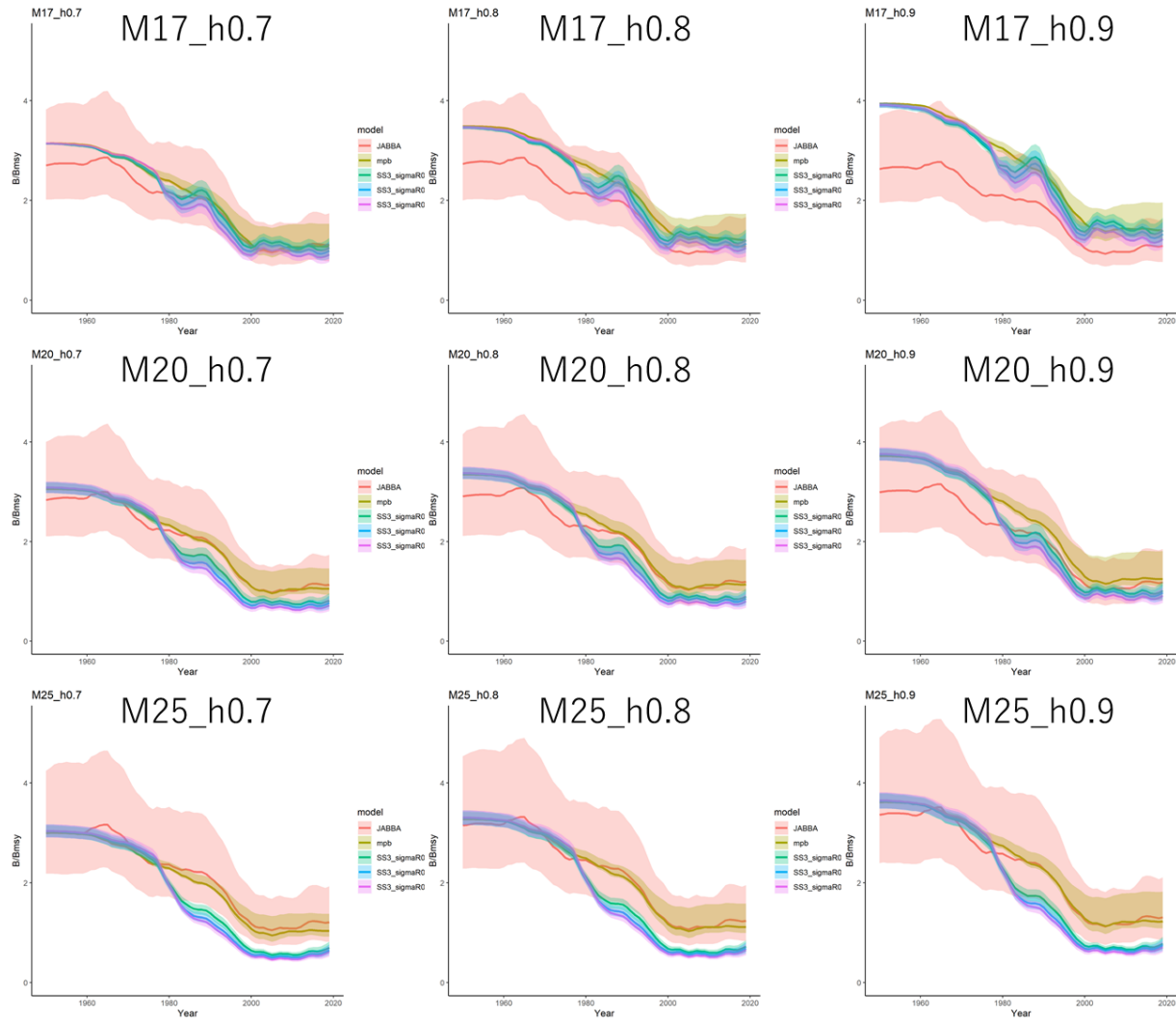


Figure 36. Comparisons of the median and 95 confidence or credibility intervals of B/B_{MSY} (production models) or SSB/SSB_{MSY} (Stock Synthesis) trajectories between the production models (JABBA and MPB) and the Stock Synthesis models by the scenarios of maximum age ($M=17, 20$, and 25) and steepness ($h=0.7, 0.8$, and 0.9). For the Stock Synthesis models, each panel includes three different assumptions of σ_R ($\sigma_R=0.2, 0.4$, and 0.6). The confidence intervals were calculated based on 5000 MVNL iterations for Stock Synthesis and 500 bootstrap iterations for MPB, and the credibility intervals for JABBA were based on 30000 MCMC iterations.

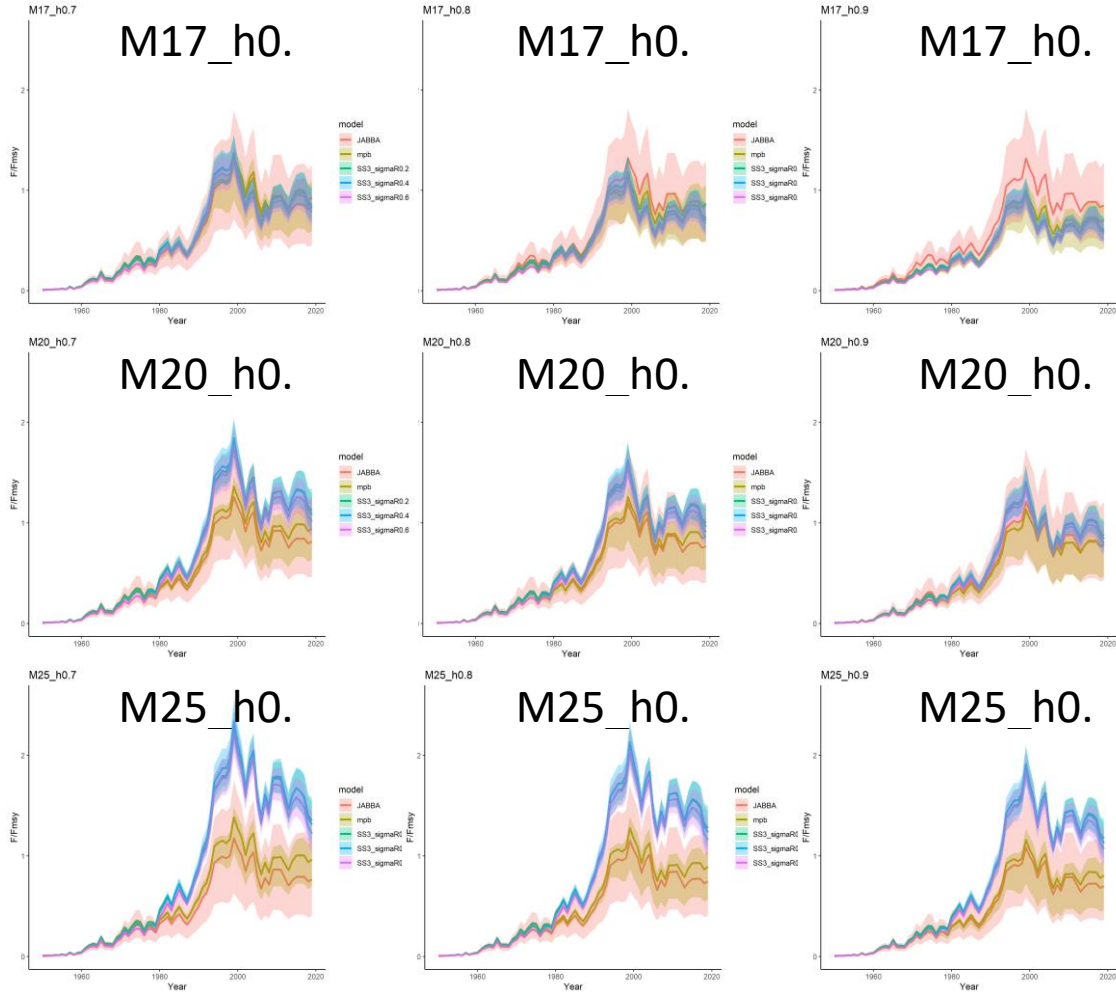


Figure 37. Comparisons of the median and 95 confidence or credibility intervals of F/F_{MSY} trajectories between the production models (JABBA and MPB) and the Stock Synthesis models by the scenarios of maximum age ($M=17, 20$, and 25) and steepness ($h=0.7, 0.8$, and 0.9). For the Stock Synthesis models, each panel includes three different assumptions of sigma R ($\sigma_R=0.2, 0.4$, and 0.6). The confidence intervals were calculated based on 5000 MVNL iterations for Stock Synthesis and 500 bootstrap iterations for MPB, and the credibility intervals for JABBA were based on 30000 MCMC iterations.

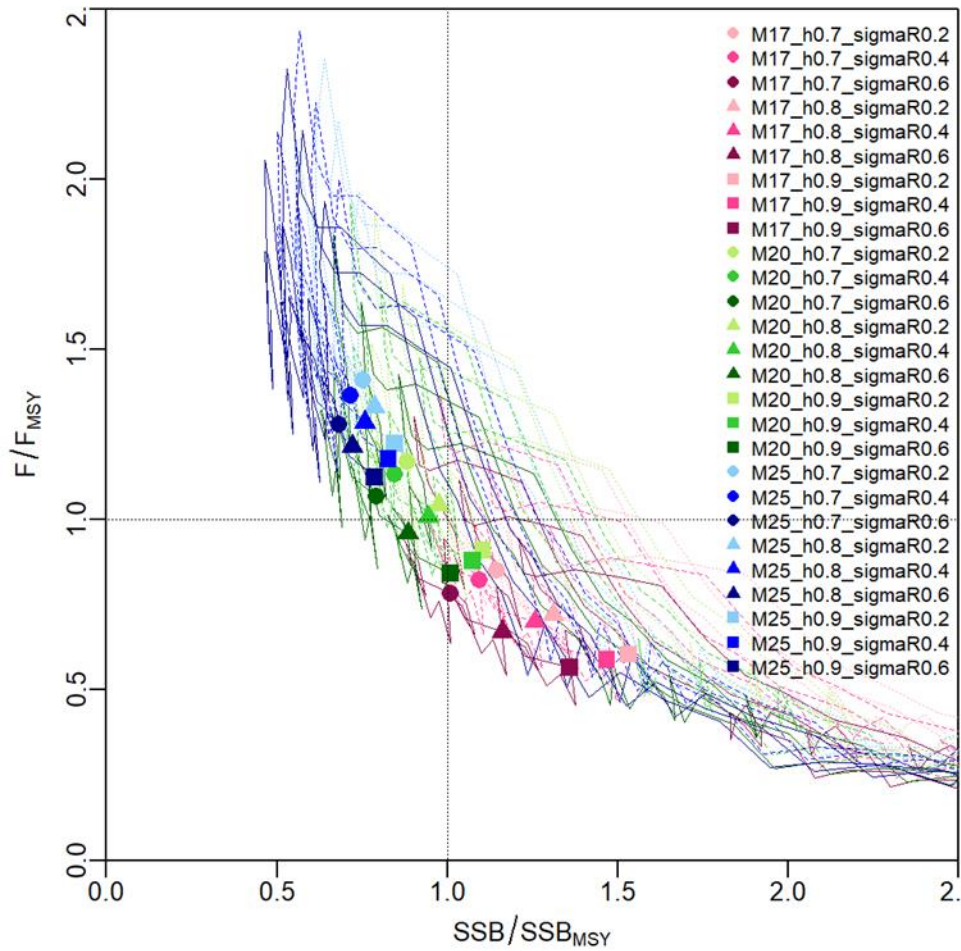


Figure 38. Kobe phase plot for the deterministic runs of the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs for Atlantic bigeye tuna. For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations. Symbols represent the estimates of relative fishing mortality and relative spawning stock biomass for 2019. Lines represent the historical evolution of the deterministic estimates.

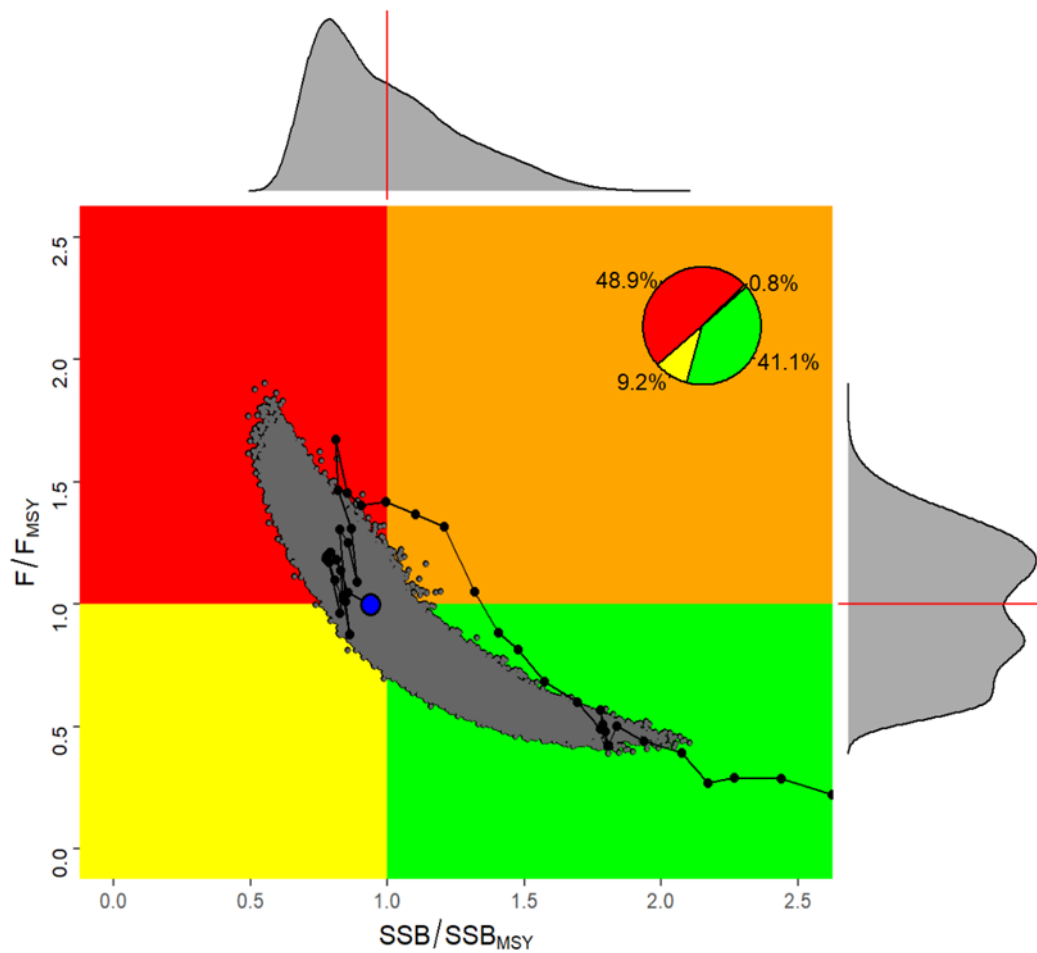


Figure 39. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs for Atlantic bigeye tuna. For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The blue point shows the median of 270,000 iterations for SSB_{2019}/SSB_{MSY} and F_{2019}/F_{MSY} for the entire set of runs in the grid. Black line with black symbols represents the historical evolution of the median of all runs. Grey points represent the 2019 estimates of relative fishing mortality and relative spawning stock biomass for 2019 for each of the 270,000 iterations. The upper graph represents the smoothed frequency distribution of SSB/SSB_{MSY} estimates for 2019. The right graph represents the smoothed frequency distribution of F/F_{MSY} estimates for 2019. The inserted pie graph represents the percentage of each 2019 estimate that fall in each quadrant of the Kobe plot.

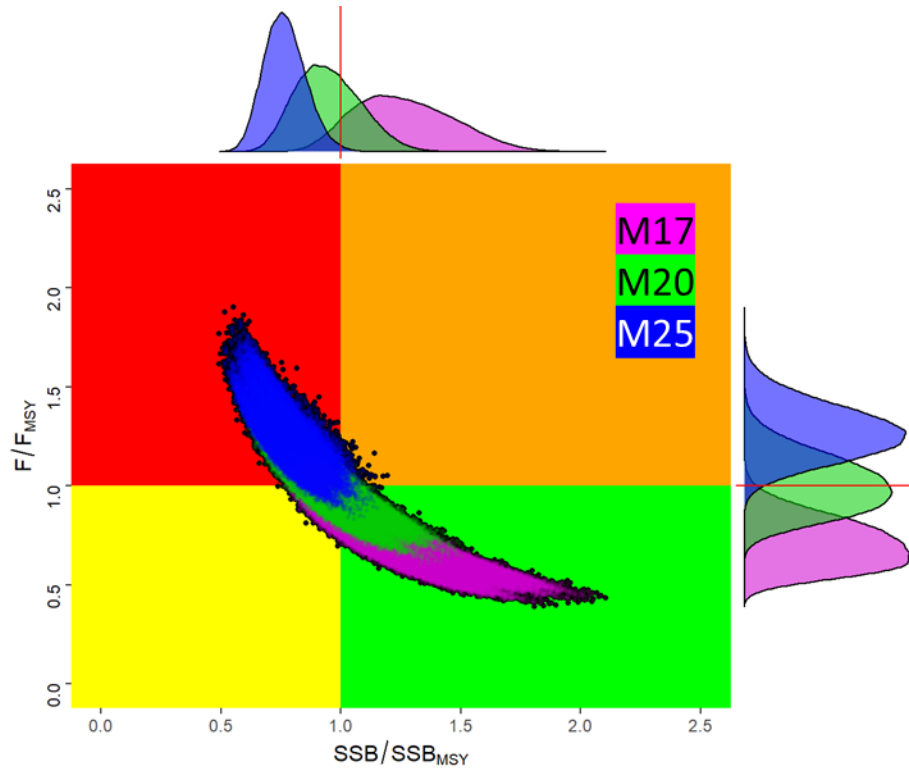


Figure 40. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs by three different maximum age (M) assumptions for Atlantic bigeye tuna (M: pink=17; green=20, blue=25). For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The smoothed frequency distributions represent the 2019 estimates of SSB/SSB_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (right).

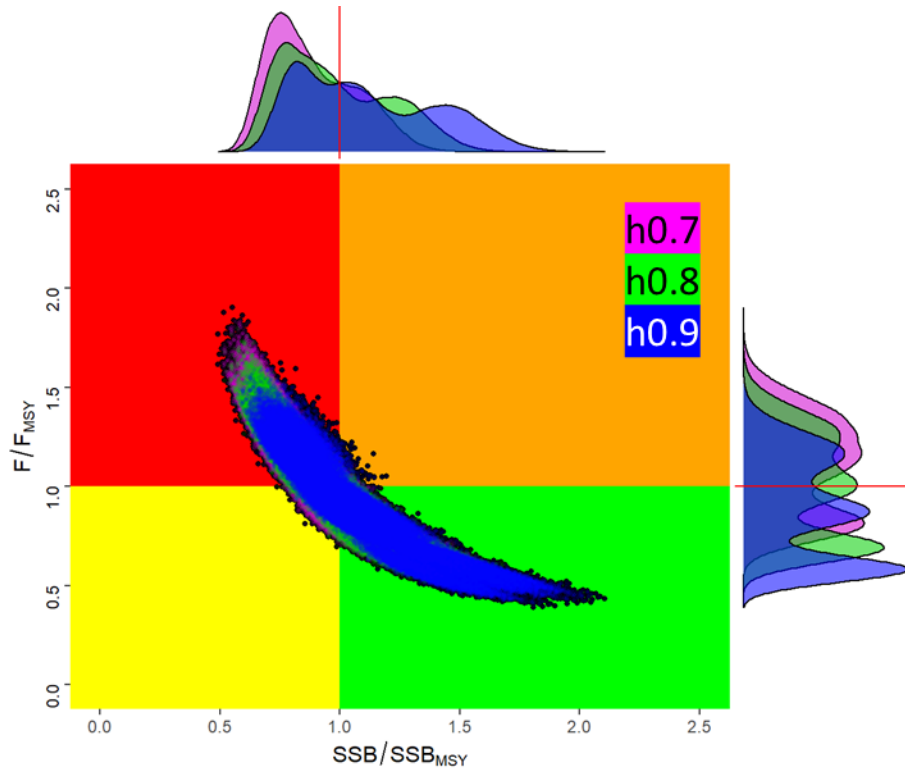


Figure 41. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs by three different steepness (h) assumptions for Atlantic bigeye tuna (h : pink=0.7; green=0.8, blue=0.9). For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The smoothed frequency distributions represent the 2019 estimates of SSB/SSB_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (right).

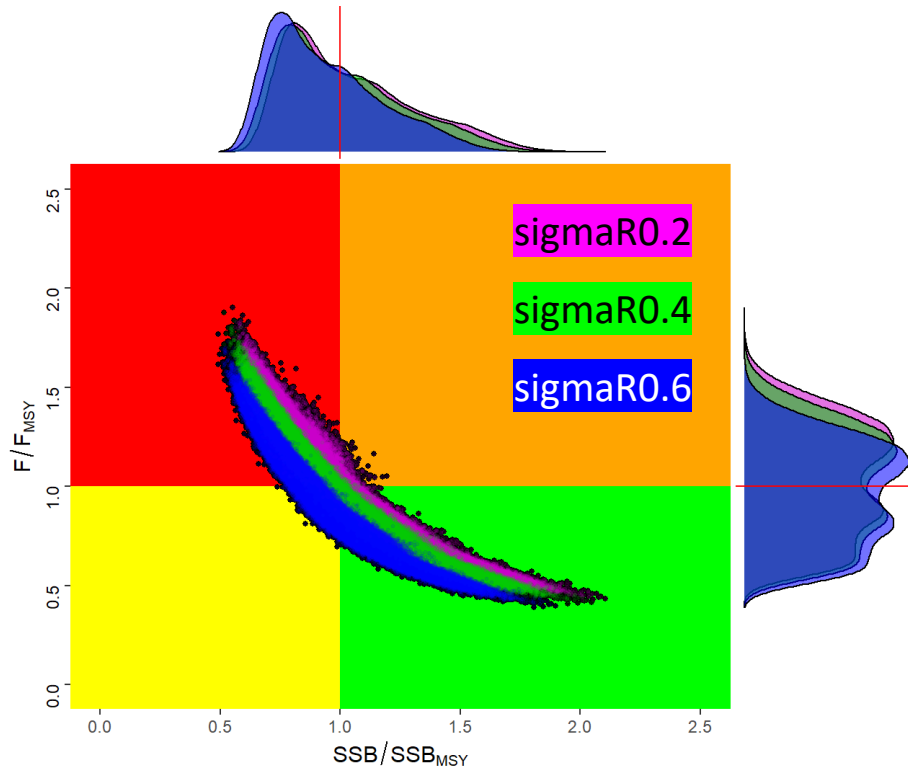


Figure 42. Kobe phase plot for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs by three different σ_R assumptions for Atlantic bigeye tuna (σ_R : pink=0.2; green=0.4, blue=0.6). For each run the benchmarks are calculated from the year-specific selectivity and fleet allocations, and based on 10000 MVNL iterations. The smoothed frequency distributions represent the 2019 estimates of SSB/SSB_{MSY} (top) and F/F_{MSY} (right).

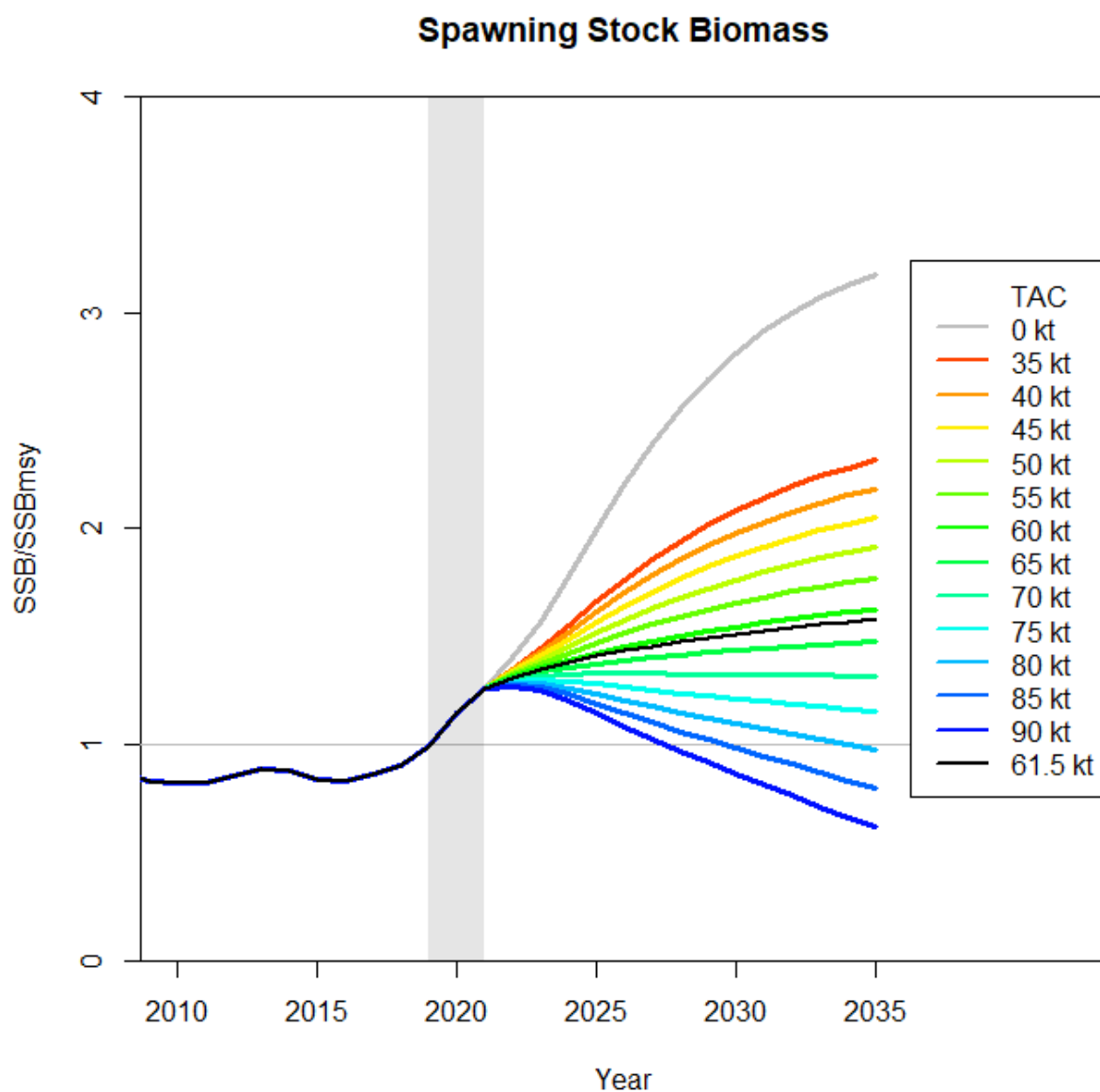


Figure 43. Deterministic projections of SSB/SSB_{MSY} for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs at 35-90 thousand mt constant TACs for Atlantic bigeye tuna. The lines are the mean of 27 runs and the black line is for the current TAC (61,500 t). The grey bar represents the period when catches for 2020 and 2021 are fixed to 59,919 mt and 61,500 t respectively.

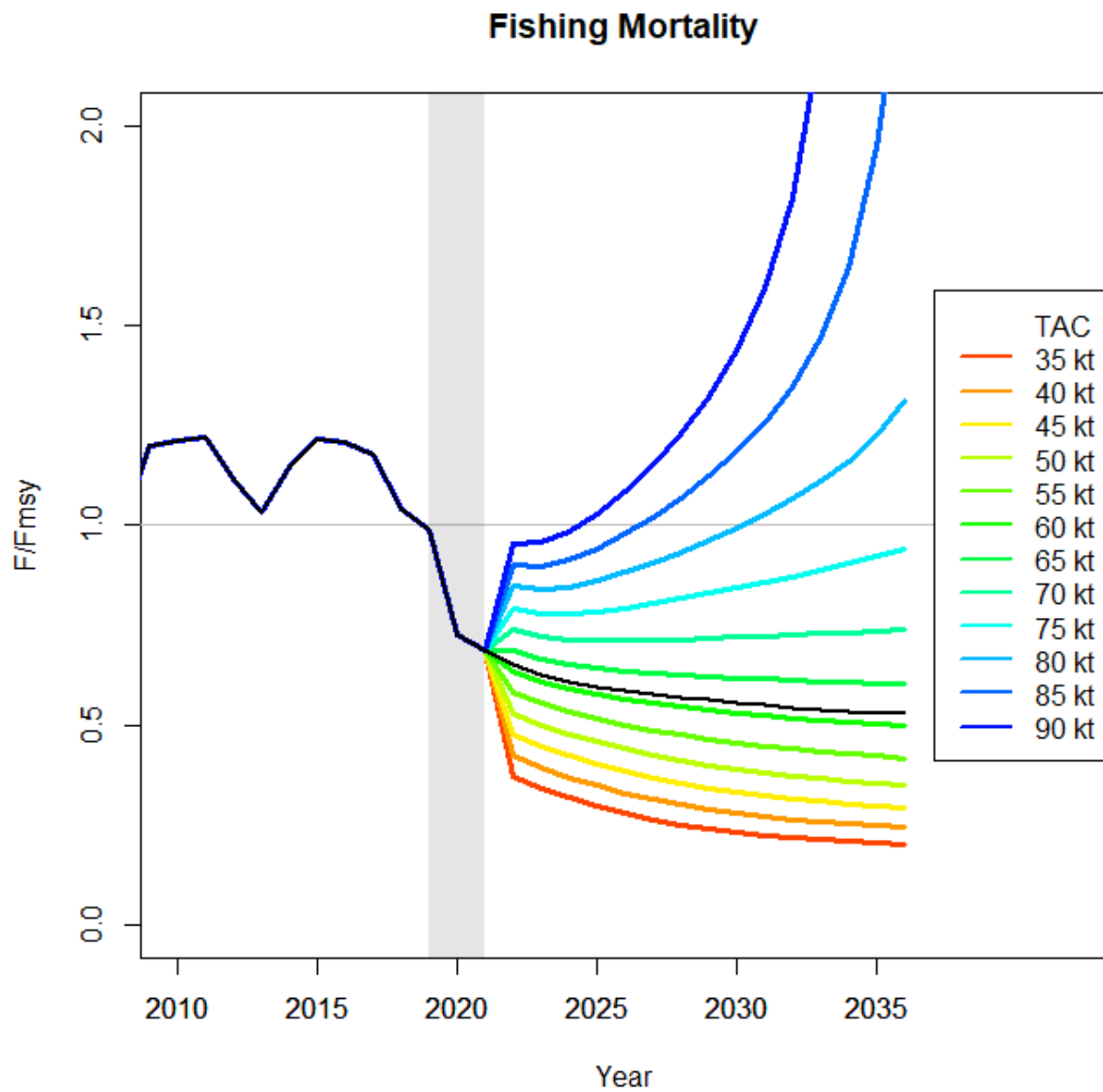


Figure 44. Deterministic projections of F/F_{MSY} for the 27 Stock Synthesis uncertainty grid runs at 35-90 thousand mt constant TACs for Atlantic bigeye tuna. The lines are the mean of 27 runs and the black line is for the current TAC (61, 500t). The grey bar represents the period when catches for 2020 and 2021 are fixed to 59,919 mt and 61,500 mt respectively.

Annotated Agenda

1. Opening, adoption of Agenda and meeting arrangements
2. Summary of available data for assessment and updates since Data Preparatory meeting
 - 2.1 Fisheries statistics, size, and CAS estimates
 - 2.2 Relative indices of abundance
3. Stock Assessment Models and other data relevant to the assessment
 - 3.1 Statistically integrated model, Stocks Synthesis
 - 3.2 Surplus Production models, JABBA and MPB
4. Stock status results
 - 4.1 Catch integrate model, Stocks Synthesis
 - 4.2 Surplus Production models, JABBA and MPB
 - 4.3 Synthesis of assessment results
5. Projections
6. Recommendations
 - 6.1 Management
 - 6.2 Research and statistics
 - 6.2.1 With financial implications
7. Other matters
 - 7.1 Responses to the Commission
8. Adoption of the report and closure

List of participants

CONTRACTING PARTIES**BRAZIL****Leite Mourato, Bruno**

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

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

Sant'Ana, Rodrigo

Researcher, Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados - LEMA Ecola do Mar, Ciência e Tecnologia - EMCT, 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

Travassos, Paulo Eurico

Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Laboratorio de Ecologia Marinha - LEMAR, Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq, Avenida Dom Manuel de Medeiros s/n - Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife Pernambuco

Tel: +55 81 998 344 271, E-Mail: pautrax@hotmail.com; paulo.travassos@ufrpe.br

CANADA**Duprey, Nicholas**

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

Tel: +1 604 499 0469; +1 250 816 9709, E-Mail: nicholas.duprey@dfo-mpo.gc.ca

Minch, Taryn

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

Tel: +1 506 608 0171, E-Mail: taryn.minch@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: f52e@qq.com

Zhang, Fan

Shanghai Ocean University, 999 Hucheng Huan Rd, 201306 Shanghai

Tel: +86 131 220 70231, E-Mail: f-zhang@shou.edu.cn

CÔTE D'IVOIRE**Shep, Helguilè**

Directeur de l'Aquaculture et des Pêches, Ministère des Ressources Animales et Halieutiques de Côte d'Ivoire, Rue des Pêcheurs; B.P. V-19, Abidjan

Tel: +225 21 35 61 69; Mob: +225 07 61 92 21, E-Mail: shelguile@yahoo.fr; h.shep@ressourcesanimales.gouv.ci

EL SALVADOR**Aceña Matarranz, Sara**

CALVO, C/ Príncipe de Vergara 110, 4ª Planta, 28002 Madrid, España

Tel: +34 686 061 921, E-Mail: sara.acena@calvo.es

Arranz Vázquez, Cristina

CALVO, C/ Príncipe de Vergara, 110 4ª Planta, 28002 Madrid, España

Tel: +34 682 589 986; +34 917 823 300, E-Mail: cristina.arranz@calvo.es

Chavarría Valverde, Bernal Alberto

Asesor en Gestión y Política pesquera Internacional, Centro para el Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA), Final 1ª Avenida Norte, 13 Calle Oriente y Av. Manuel Gallardo, 1000 Santa Tecla, La Libertad

Tel: +506 882 24709, Fax: +506 2232 4651, E-Mail: bchavarría@lsg-cr.com

Galdámez de Arévalo, Ana Marlene

Jefa de División de Investigación Pesquera y Acuícola, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Final 1a. Avenida Norte, 13
Calle Oriente y Av. Manuel Gallardo. Santa Tecla, La Libertad
Tel: +503 2210 1913; +503 619 84257, E-Mail: ana.galdamez@mag.gob.sv; ana.galdamez@yahoo.com

Sanisidro Araujo, Jorge

C/ Príncipe de Vergara 110 4ª Planta, 28033 Madrid, España
Tel: +34 91 782 3300, E-Mail: jorge.sanisidro@calvo.es

EUROPEAN UNION**Alzorriz, Nekane**

ANABAC, Txibitxiaga 24 entreplanta, 48370 Bermeo, Bizkaia, España
Tel: +34 94 688 2806; +34 650 567 541, E-Mail: nekane@anabac.org

Ferreira de Gouveia, Lidia

Técnica Superior, Biologist, Direcção Regional das Pescas, Direcção Serviços de Investigação - DSI, Av. do Mar e das
Comunidades Madeirenses, 23 - 1º Esq., 9004-562 Funchal, Madeira, Portugal
Tel: +351 291 203270, Fax: +351 291 229856, E-Mail: lidia.gouveia@madeira.gov.pt

Gaertner, Daniel

Institut de Recherche pour le Développement (IRD) UMR MARBEC (IRD/Ifremer/CNRS/UMII), CRH, CS 30171, Av. Jean
Monnet, 34203 Sète Cedex, France
Tel: +33 4 99 57 32 31, Fax: +33 4 99 57 32 95, E-Mail: daniel.gaertner@ird.fr

Guéry, Lorelei

TA A-120 / D Campus international de Baillarguet, 34000 Hérault Montpellier, France
Tel: +33 683 865 816, E-Mail: lorelei.guery@cirad.fr

Herrera Armas, Miguel Angel

Deputy manager (Science), OPAGAC, C/ Ayala 54, 2º A, 28001 Madrid, España
Tel: +34 91 431 48 57; +34 664 234 886, Fax: +34 91 576 12 22, E-Mail: miguel.herrera@opagac.org

Laborda, Ane

AZTI, Herrera Kaia. Portualdea z/g 20110 Pasaia, 48395 Gipuzkoa, España
Tel: +34 677 699 674, E-Mail: alaborda@azti.es

Maufroy, Alexandra

ORTHONGEL, 5 rue des sardiniers, 29900 Concarneau, France
Tel: +33 649 711 587, Fax: +33 2 98 50 80 32, E-Mail: amaufroy@orthongel.fr

Merino, Gorka

AZTI - Tecnalia /Itsas Ikerketa Saila, Herrera Kaia Portualdea z/g, 20100 Pasaia - Gipuzkoa, España
Tel: +34 94 657 4000; +34 664 793 401, Fax: +34 94 300 4801, E-Mail: gmerino@azti.es

Moniz, Isadora

OPAGAC, C/ Ayala, nº 54, 2º A, 28001 Madrid, España
Tel: +34 91 431 48 57; +34 608 927 478, E-Mail: fip@opagac.org

Pascual Alayón, Pedro José

Investigador, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Canarias, Vía
Espaldón, Dársena Pesquera, Parcela 8, 38180 Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España
Tel: +34 922 549 400; +34 686 219 114, Fax: +34 922 549 500, E-Mail: pedro.pascual@ieo.es

Reis, Dália

Secretaria Regional do Mar, Ciência e Tecnologia, Direcção Regional das Pescas, Rua Cônsul Dabney - Colónia Alemã, 9900-
014 Azores Horta, Portugal
Tel: +351 962 086 928; +351 292 202 496, Fax: +351 962 086 928, E-Mail: Dalia.CC.Reis@azores.gov.pt

Rojo Méndez, Vanessa

IEO Centro Oceanográfico de Canarias, C/ Farola del Mar nº 22, Dársena Pesquera, 38180 Santa Cruz de Tenerife, España
Tel: +34 922 549 400, Fax: +34 922 549 554, E-Mail: vanessa.rojo@ieo.es

Santiago Burrutxaga, Josu

Head of Tuna Research Area, AZTI-Tecnalia, Txatxarramendi z/g, 48395 Sukarrieta (Bizkaia) País Vasco, España
Tel: +34 94 6574000 (Ext. 497); +34 664 303 631, Fax: +34 94 6572555, E-Mail: jsantiago@azti.es; flarrauri@azti.es

GABON**Angueko, Davy**

Chargé d'Etudes du Directeur Général des Pêches, Direction Générale des Pêche et de l'Aquaculture, BP 9498, Libreville Estuaire

Tel: +241 6653 4886, E-Mail: davyangueko83@gmail.com; davyangueko@yahoo.fr

GHANA**Arthur-Dadzie, Michael**

Director of Fisheries, Fisheries Commission, Ministry of Fisheries & Aquaculture Development, P.O. Box GP 630, GA 231 Accra

Tel: +233 244 735 506; +233 266 094 245, E-Mail: michyad2000@yahoo.com

Ayivi, Sylvia Sefakor Awo

Senior Manager, Ministry of Fisheries and Aquaculture Development, Fisheries Scientific Survey Division, P.O. Box BT 62, Tema

Tel: + 233 2441 76300, Fax: +233 3032 008048, E-Mail: asmasus@yahoo.com

Bannerman, Paul

Ministry of Fisheries and Aquaculture Development, Marine Fisheries Research Division, P.O. Box GP 630, GA 231 Tema

Tel: +233 244 794859, Fax: +233 302 208048, E-Mail: paulbann@hotmail.com

Kwame Dovlo, Emmanuel

Ag. Deputy Director, Fisheries Scientific Survey Division, P.O. Box GP 630, Accra Tema

Tel: +233 243 368 091, E-Mail: emkw dovlo@yahoo.co.uk

GRENADA**Calliste, Toby Francis**

Fisheries Officer

E-Mail: tobex00@hotmail.com

GUATEMALA**López Bran, Rubén**

Km 22 Carretera al pacifico, edificio la Ceiba 3er, nivel, 01064 Villa nueva Bárcenas

Tel: +502 409 18336, E-Mail: rubenlopezbran@yahoo.com

Martínez Valladares, Carlos Eduardo

Km 22 Carretera al pacifico, edificio la Ceiba 3er, nivel, 01064 Villa nueva Bárcenas

Tel: +502 452 50059, E-Mail: carlosmartinez41331@gmail.com

HONDURAS**Cardona Valle, Fidelia Nathaly**

Colonia Lomo Linda Norte, Avenida FAO, Edificio SENASA, 11101 Tegucigalpa Francisco Morazán

Tel: +504 877 88713, E-Mail: investigacion.dgpa@gmail.com

JAPAN**Kitakado, Toshihide**

Professor, Faculty of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology, Department of Marine Biosciences, 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo, 108-8477

Tel: +81 3 5463 0568, Fax: +81 3 5463 0568, E-Mail: kitakado@kaiyodai.ac.jp; toshihide.kitakado@gmail.com

Matsumoto, Takayuki

Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 5-7-1 Orido, Shimizu Shizuoka 424-8633

Tel: +81 54 336 6000, Fax: +81 54 336 9642, E-Mail: matumot@affrc.go.jp; takayukimatsumoto2016@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

Nagai, Daisaku

Manager, Japan Tuna Fisheries Co-Operative Association, 31-1, EITAI 2-CHOME, Koto-ku, Tokyo, 135-0034

Tel: +81 356 462 382, Fax: +81 356 462 652, E-Mail: nagai@japantuna.or.jp

Okamoto, Kei

Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, 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: keiokamoto@affrc.go.jp

Satoh, Keisuke

Bigeye and Yellowfin tunas Group, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, National Research and Development Agency, Japan Fisheries Research and Education Agency (FRA), 2-12-4 Fukuura, Kanazawa Yokohama 236-8648

Tel: +81 45 788 7927, Fax: +81 45 788 5004, E-Mail: kstu21@fra.affrc.go.jp

Uozumi, Yuji

Adviser, Japan Tuna Fisheries Co-operation Association, Japan Fisheries Research and Education Agency, 31-1 Eitai Chiyodaku, Tokyo Koutou ku Eitai 135-0034

Tel: +81 3 5646 2380, Fax: +81 3 5646 2652, E-Mail: uozumi@japantuna.or.jp

Yokoi, Hiroki

Bigeye and Yellowfin tunas Group, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, National Research and Development Agency, Japan Fisheries Research and Education Agency (FRA), 2-12-4 Fukuura, Kanazawa Yokohama 236-8648

Tel: +81 45 788 7927, Fax: +81 45 788 5004, E-Mail: yokoih@affrc.go.jp

KOREA REP.**Lim, Junghyun**

Scientist, National Institute of Fisheries Science (NIFS), 216, Gijanghaean-ro, Gijang-eup, Gijang-gun, 46083 Busan

Tel: +82 51 720 2331, Fax: +82 51 720 2337, E-Mail: jhlim1@korea.kr

MEXICO**Ramírez López, Karina**

Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera - Veracruz, Av. Ejército Mexicano No.106 - Colonia Exhacienda, Ylang Ylang, C.P. 94298 Boca de Río, Veracruz

Tel: +52 5538719500, Ext. 55756, E-Mail: kramirez_inp@yahoo.com

MOROCCO**Baibbat, Sid Ahmed**

Chef de Laboratoire des Pêches, Centre régional de DAKHLA, Institut National de Recherches Halieutiques (INRH), 2, BD Sidi Abderrahmane, ain diab., 20100 Dakhla

Tel: +212 661 642 573, E-Mail: baibat@hotmail.com; baibbat@inrh.ma

El Joumani, El Mahdi

Ingénieur Halieute, Institut National de Recherche Halieutique "INRH", Laboratoire de pêche au Centre Régional de l'INRH-Laayoune, Avenue Charif Erradi N 168 Hay el Ouahda 01, Laayoune

Tel: +212 661 114 418, E-Mail: Eljoumani.mehdi@gmail.com

SENEGAL**Ba, Kamarel**

Docteur en Sciences halieutiques et modélisation, Ministère de l'Agriculture et de l'Equipment Rural, Institut Senegalais de Recherches Agricoles (ISRA), Centre de Recherches Oceanographiques de Dakar Thiaroye (CRODT), Pôle de Recherches de Hann, Route du Front de Terre, 2241 Dakar

Tel: +221 76 164 8128, Fax: +221 338 328 262, E-Mail: kamarel2@hotmail.com

Sow, Fambaye Ngom

Chercheur Biologiste des Pêches, Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye, CRODT/ISRA, LNERV - Route du Front de Terre - BP 2241, Dakar

Tel: +221 3 0108 1104; +221 77 502 67 79, Fax: +221 33 832 8262, E-Mail: ngomfambaye2015@gmail.com; famngom@yahoo.com

UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND**Bradley, Kirsty**

Fisheries Scientist, CEFAS

E-Mail: kirsty.bradley@cefas.co.uk

Reeves, Stuart

Principal fisheries scientist & advisor, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas), Pakefield Road, Lowestoft Suffolk NR33 0HT

Tel: +44 150 252 4251, E-Mail: stuart.reeves@cefas.co.uk

Wright, Serena

Fisheries Scientist, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas), ICCAT Tagging programme St. Helena, Pakefield Road, Lowestoft, NR33 0HT

Tel: +44 1502 52 1338; +44 797 593 0487, E-Mail: serena.wright@cefas.co.uk

UNITED STATES

Ailloud, Lisa

Research Mathematical Statistician, NOAA, 75 Virginia Beach Dr, Miami, FL 33149
Tel: +1 305 361 4200, E-Mail: lisa.ailloud@noaa.gov

Brown, Craig A.

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

Cass-Calay, Shannon

Director, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 361 4231, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: shannon.calay@noaa.gov

Díaz, Guillermo

NOAA-Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 361 4227, E-Mail: guillermo.diaz@noaa.gov

Die, David

Research Associate Professor, Cooperative Institute of Marine and Atmospheric Studies, University of Miami, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 421 4607, E-Mail: ddie@rsmas.miami.edu

Lauretta, Matthew

Fisheries Biologist, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 361 4481, E-Mail: matthew.lauretta@noaa.gov

Norelli, Alexandra

PhD Student, University of Miami, Cooperative Institute for Marine & Atmospheric Studies, CIMAS Office 303, RSMAS, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, FL 33149
Tel: +1 203 918 0949, E-Mail: apn26@miami.edu; alexandra.norelli@rsmas.miami.edu

Schirripa, Michael

Research Fisheries Biologist, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +1 305 445 3130; +1 786 400 0649, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: michael.schirripa@noaa.gov

Walter, John

Research Fishery Biologist, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149
Tel: +305 365 4114; +1 804 815 0881, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: john.f.walter@noaa.gov

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; adomingo@mgap.gub.uy

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

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

CHINESE TAIPEI

Chang, Feng-Chen

Specialist, Overseas Fisheries Development Council, 3F., No14, Wenzhou St. Da'an Dist., 10648
Tel: +886 2 2368 0889 ext. 126, Fax: +886 2 2368 1530, E-Mail: fengchen@ofdc.org.tw; d93241008@ntu.edu.tw

Lin, Wei-Ren

Assistant, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, No. 2 Pei-Ning Rd. Keelung, 202301
Tel: +886 2 24622192 ext. 5046, Fax: +886 2 24622192, E-Mail: willy20535@gmail.com

Su, Nan-Jay

Assistant Professor, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, No. 2 Pei-Ning Rd. Keelung, Zhongzheng Dist., 202301

Tel: +886 2 2462 2192 #5046, Fax: +886-2-24622192, E-Mail: nanjay@ntou.edu.tw

OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

ASSOCIAÇÃO DE CIÊNCIAS MARINHAS E COOPERAÇÃO – SCIAENA

Blanc, Nicolas

Incubadora de Empresas da Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Pavilhão B1, 8005-226 Faro, Portugal

Tel: +351 917 018 720, E-Mail: nblanc@sciaena.org

INTERNATIONAL SEAFOOD SUSTAINABILITY FOUNDATION – ISSF

Justel, Ana

ISSF-Spain, Plaza Santa María Soledad Torres Acosta 1, 5ª Planta, 28004 Madrid, España

Tel: +34 91 745 3075; +34 696 557 530, E-Mail: ajustel@iss-foundation.org

Murua, Hilario

Senior Scientist, International Seafood Sustainability Foundation (ISSF), 1440 G Street NW, Washington, DC 20005, United States

Tel: +34 667 174 433; +1 703 226 8101, E-Mail: hmurua@iss-foundation.org

PEW CHARITABLE TRUSTS - PEW

Wilson, Ashley

Pew Charitable Trusts, The Grove, 248A Marylebone Road, London, NW1 6JZ, United Kingdom

Tel: +44 794 016 1154, E-Mail: awilson@pewtrusts.org

SCRS CHAIRMAN

Melvin, Gary

SCRS Chairman, St. Andrews Biological Station - Fisheries and Oceans Canada, Department of Fisheries and Oceans, 285 Water Street, St. Andrews, New Brunswick E5B 1B8, Canada

Tel: +1 506 652 95783, E-Mail: gary.d.melvin@gmail.com; gary.melvin@dfo-mpo.gc.ca

SCRS VICE-CHAIRMAN

Coelho, Rui

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

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

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

García, Jesús

List of SCRS Papers and Presentations

Reference	Title	Authors
SCRS/2021/113	Review and Preliminary Analyses of size samples of Atlantic bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>)	Ortiz M., and Kimoto A.
SCRS/2021/120	Stock Assessment For Atlantic Bigeye Using A Biomass Production Model	Merino G., Urtizberea A., Santiago J., and Laborda A.
SCRS/2021/131	Datos estadísticos de la pesquería de túnidos de las Islas Canarias durante el periodo 2000 a 2020	Delgado R.
SCRS/2021/132	Just another Atlantic Bigeye Tuna Stock Assessment: Preliminary Results Using A Bayesian State-Space Surplus Production Model (JABBA)	Sant’Ana, R., Mourato B., Kimoto A., Ortiz M. and Winker H.
SCRS/2021/133	Estimation Of Ghana Tasks 1 and 2 Purse Seine And Baitboat Catch 2012 – 2020: Data Input 2021 Bigeye Tuna Stock Assessment	Ortiz M., Carlos P., Aviye S., and Bannerman P.
SCRS/2021/134	Atlantic Bigeye Tuna Stock Synthesis Analyses	Lauretta M., Schirripa M., Die D., Hiroki Y., Kimoto A., Norelli A., Okamoto K., Ortiz M., Satoh K., Takayuki M., and Urtizberea A.
SCRS/2021/135	Summary and review of the FOB/FADs deployed ST08-FADsDEP ICCAT database 2011-2019.	Ortiz M., and Mayor C.

Number	Title	Authors
SCRS/P/2021/047	Summary of some data treatment for BET 2021 SS3 input files	Kimoto A., Ortiz M., Lauretta M., and Urtizberea A.
SCRS/P/2021/048	Why is the estimate of stock status so different this time?	Schirripa M.

SCRS Documents and Presentation Abstracts as provided by the authors

SCRS/2021/113 - Size sampling data of Atlantic bigeye tuna was reviewed, and preliminary analyses were performed for its use within the stock evaluation models. Size data is normally submitted to the Secretariat by CPCs under the Task 2 requirements; for the major fisheries, CPCs have also to submit Catch at Size. The size samples data was revised, standardized, and aggregated to size frequencies samples by main fishery/gear type, year, and quarter. Preliminary analyses indicated a minimum number of 50 fish measured per size-frequency sample, with size information since 1965 for the purse seine, baitboat, and longline fishing gears. For Atlantic bigeye tuna, the size sampling proportion among the major fishing gears is consistent with the proportion of the catch.

SCRS/2021/120 - In this paper we present a stock assessment for Atlantic Ocean bigeye using a biomass dynamic model. Overall, using the Joint Longline CPUE index presented to the data preparatory meeting and the catch series made available by ICCAT Secretariat, we estimate that the stock is overfished and undergoing overexploitation with a 62% of probability. In this document we show the estimated trends, reference points and a set of diagnostics of fit for further discussion and possible refinement to be explored during the stock assessment session in July 2021.

SCRS/2021/131 - This document presents a summary of the development and current composition of the Canary Islands baitboat fleet and the catches made between 2000 and 2020. This paper also presents size histograms of the different species caught in 2019 and the average between 2014 and 2018. Until 2019, an estimate of the nominal fishing effort was made, distinguishing between vessels smaller and larger than 50 GRT, considering the former (vessels less than 50 GRT) carry out daily trips, whereas the latter carry out trips lasting more than a day, with an average of 9 days at sea. In 2020, the effort of part of the fleet has been obtained directly from the logbooks, while the unloadings without logbook have continued to be calculated as before, that is, vessels less than 50 tons with 1-day at sea and larger with 9-days at sea.

SCRS/2021/132 - Bayesian State-Space Surplus Production Models were fitted to Atlantic bigeye tuna (*Thunnus obesus*) catch and CPUE data using the 'JABBA' R package. This update in the bigeye stock status is in accordance with the 2020 SCRS work plan. The five scenarios were based on the previous assessment and on uncertainty grid proposed during the 2021 BET Data Preparatory Meeting, which in summary corresponded to a continuity run based on a Fox production function and an uninformative lognormal r prior and to a 'maximum-age' and 'steepness-specific' alternatives for r prior lognormal distribution with an associated shape parameter of a Pella-Tomlinson production function from an Age-Structured Equilibrium Model (ASEM). In general, all scenarios showed similar trend for the trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} over time, with a stepwise decreasing trend marked by a soft decrease among two sharply decrease patterns. The first sharply decrease moment can be observed between the years 1965 and 1975, the second one between the years 1990 and 2000, and the soft decrease among both (1975 – 1990). In general, kobe biplots shown a typical anti-clockwise pattern with the median quantity estimated for the last year observed in a green area. However, based on the continuity run scenario, when compared the cumulative probabilities of the green and orange regions (58.2%) against the cumulative probabilities of the red and yellow regions (41.8%) it suggests a quite similar chances of the current biomass levels are above or below the limit of the B_{MSY} or even close to the limit of the B_{MSY} .

SCRS/2021/133 - Information from the AVDTH Ghana fisheries and other sources was used to estimate the task I and II for the Ghanaian tuna baitboat and purse seine fisheries during 2012 – 2020. Catch and landing data collected and managed by the Marine Fisheries Research Division (MRFD) of Ghana included both landings and logbook information from 2005 up to 2020. The estimation of total Ghana catches catch composition and quarterly spatial ($1^\circ \times 1^\circ$) distribution followed the recommendations from the SCRS Tropicals working group agreed during the bigeye data preparatory meeting. Sampling for species composition and size distribution were reviewed to determine appropriate sampling for the different components of the Ghana fleets by major gear type. In summary, estimates of total yellowfin catch from the AVDTH database were lower compared to prior reports.

SCRS/2021/134 - This paper presents the preliminary results of the Stock Synthesis analysis for bigeye tuna. Modifications from the last assessment included changes in fleet structure, different natural mortality assumptions, and addition of a relative abundance index based on acoustic biomass observations from FAD buoys. Growth, maturity, steepness and recruitment variation assumptions remained the same as prior analyses. Model structural uncertainty comprised a grid of 27 alternative parameterizations of steepness, annual recruitment deviation and

natural mortality. Sensitivity analyses demonstrated the effects of recent data additions/treatments and the exclusion of different indices of abundance. Standard model diagnostics were conducted using SS and the SSdiags R package, and included fits to index and length compositions, jitter of starting parameters, randomness tests of model residuals, retrospective analyses, profiles of key estimated parameters, and hindcasting.

SCRS/2021/135 - A summary and preliminary review of the data submitted for the FOB/FADs deployment by CPCs to the ICCAT Secretariat is presented for the 2011-2019 period.

SCRS/P/2021/048 - To understand how the individual changes in observational data and parameter assumptions resulted in the overall change in the estimation of stock status, some changes were made stepwise to examine the effects of individual changes in isolation of the others. The first attempt to examine changes was made by starting with the 2021 reference model and working backwards, changing the model back to the 2018 configuration. Four changes were examined: model_1, replace the 2021 with the 2018 LL CPUE index and remove the acoustic CPUE; model_2, start with model_1 and add the acoustic CPUE; model_3, start with model_2 and change back to the maximum age; and model_4, start with model_3 and change the lambda on the length data from 1.0 to 0.1. The effects of the changes were examined by comparing the estimates of SSB, SSB/SSB_{MSY} and F/F_{MSY}. Changing back to the 2018 CPUE and adding the acoustic CPUE accounted for a great deal of the change in the estimates of SSB. Changing back to the old maximum age and reducing the lambda on the length data accounted for more change, but not as much. Changing back to the 2018 CPUE while keeping the acoustic CPUE in accounted for the largest change in the SSB/SSB_{MSY}. Changing back to the 2018 CPUE and back to the old previous maximum age accounted for the largest difference in the F/F_{MSY}.

The second attempt (Part 2 of the presentation) worked forward by starting with the 2018 model configuration and working forward, changing the model to the 2021 configuration. Updating the 2018 model with the 2021 LL CPUE and using the new maximum ages accounted for approximately 50% of the difference in estimates of SSB. Regarding estimates of SSB/SSB_{MSY}, Updating the 2018 model only with the 2021 LL CPUE accounted for roughly 50% of the difference while also changing to the new maximum age accounted for roughly 75% of the total change. Similar trends were found for estimates of F/F_{MSY}. This work concludes that the difference between the 2018 and 2021 estimate of stock status can largely be accounted for by the use of the new treatment of the LL CPUE index and the change in the assumed maximum age of the fish.

SCRS/P/2021/047 - The BET SS3 modelling team has reviewed the data provided by the Secretariat, and some important decisions on the data treatment for the SS3 input file were summarized in this presentation. For example, it was recommended to use the YFT 2019 area stratification to harmonize the MSE work among species, and to use all size data by Chinese-Taipei because they are officially revised. Based on these data treatment, the SS3 runs were set up for BET.