

REPORT OF THE 2019 ICCAT YELLOWFIN TUNA STOCK ASSESSMENT MEETING

(Grand-Bassam, Cote d'Ivoire, 8-16 July 2019)

SUMMARY

The Atlantic yellowfin tuna stock assessment meeting was held in Grand Bassam, Côte d'Ivoire from 8-16 July 2019. The objective of this meeting was to perform an assessment of the Atlantic yellowfin stock. Three models were used for the 2019 yellowfin stock assessment: production models (mpb and JABBA), and Stock Synthesis (SS3). Substantial revisions made to historical fishery data and new information on life history were applied to the assessment. The models show consistent results in stock status, and it was agreed to combine the results from all models to integrate multiple sources of uncertainty in the management advice provided.

RÉSUMÉ

La réunion d'évaluation du stock d'albacore de l'Atlantique a été tenue à Grand Bassam, Côte d'Ivoire, du 8 au 16 juillet 2019. L'objectif de cette réunion était de procéder à une évaluation du stock d'albacore de l'Atlantique. Trois modèles ont été utilisés pour l'évaluation du stock d'albacore de 2019 : modèles de production (mpb et JABBA) et Stock Synthèse (SS3). Les révisions importantes apportées aux données historiques des pêcheries et les nouvelles informations sur le cycle vital ont été appliquées à l'évaluation. Les modèles montrent des résultats cohérents dans l'état des stocks, et il a été convenu de combiner les résultats de tous les modèles pour intégrer de multiples sources d'incertitude dans l'avis de gestion fourni.

RESUMEN

La reunión de evaluación del stock de rabil del Atlántico se celebró en Grand Bassam, Côte d'Ivoire, del 8 al 16 de julio de 2019. El objetivo de esta reunión era realizar una evaluación de stock de rabil del Atlántico. Se utilizaron tres modelos para la evaluación de stock de rabil de 2019: modelos de producción (mpb y JABBA) y Stock Synthesis (SS3). En la evaluación se aplicaron las importantes revisiones realizadas a los datos pesqueros históricos y la nueva información disponible sobre el ciclo vital. Los modelos mostraron resultados coherentes sobre el estado del stock y se acordó combinar los resultados de todos los modelos para integrar múltiples fuentes de incertidumbre en el asesoramiento en materia de ordenación.

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements

The meeting was held at Afrikland Hotel Grand-Bassam, Cote d'Ivoire July 8 to 16, 2019. Dr. Shannon L. Cass-Calay (USA), the Yellowfin Tuna Species Group ("the Group") rapporteur and meeting Chair, opened the meeting and welcomed participants. Dr. Justin Amande and Professor Datté J. Yao (Côte d'Ivoire) welcomed the participants and highlighted the importance of the work to be developed by the Group aiming at the preparation for the management advice to the Commission. At the opening of the session, the general inspector, Dr. Diawara Siriman, representing the Ministry of Livestock and Fisheries Resources, stated that the health of the tuna industry in Côte d'Ivoire, which is a flagship of the fisheries industry, is essential as the supply for the tuna companies of the country who depends on it. The Group thanked the Ministry of Animal Resources and Fisheries, supporting staff and Côte d'Ivoire scientist for kindly hosting the meeting and having arranged all necessary logistics for its success. The Chair proceeded to review the Agenda, which was adopted with changes (**Appendix 1**).

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

<i>Sections</i>	<i>Rapporteur</i>
Item 1	M. Ortiz,
Item 2	S. Cass-Calay, M. Ortiz, L. Ailloud
Item 3	L. Ailloud, A. Kimoto, S. Cass-Calay, M. Ortiz
Item 4	A. Kimoto, D. Die, C. Brown, M. Narvaez
Item 5	A. Kimoto, J. Walter
Item 6	S. Cass-Calay, G. Melvin, D. Die
Item 7	S. Cass-Calay, D. Die
Item 8	M. Ortiz

And the following served as assessment modelers;

<i>Model</i>	<i>Modelers</i>
Stock Synthesis	J. Walter, A. Kimoto, K. Sato, T. Matsumoto, H. Yokio, H. Winker
JABBA	R. Sant'Ana
MPB	G. Merino

2. Summary of available data for assessment

2.1 Biology

A presentation was made (SCRS_P_2019_037) regarding the age composition of yellowfin tuna captured in the Ascension Islands. Large yellowfin tuna are often observed. Captures (n = 341) were made by rod and reel and spear fishing modes during 2014-2017. Individuals from 50 to 192 cm, and 0 to 18 years were observed (**Figure 1**). Evidence of sexually dimorphic growth was also noted (**Figure 2**).

The group determined that the maximum age of yellowfin observed in this study (18 years) was consistent with a previous study in the Gulf of Mexico and USA Atlantic east coast (SCRS/2019/025), further supporting the change from Max Age = 11 to Max Age = 18 which was recommended at the data preparatory meeting. Furthermore, this study also confirms that individuals as old as 18 occur outside of the US, and closer to the areas where fishing pressure is higher (e.g. Gulf of Guinea).

The Group discussed the available length at age observations from Ascension, USA and South Africa, and noted that the variability in the length at age of young fish appears larger than the variability in the length at age of older fish (**Figure 3**.) The Group suggested that the unusual variability in length at age of young fish could arise as an artifact of birthdate assignment. For example, in the US study, birthdate is assumed to be July 1, but yellowfin born outside US waters may have been sampled in the US study. These fish could have true birthdates much earlier, leading to an error in age assignment. Errors could also occur because spawning season is protracted, so a fish born early in the spawning season would appear much larger at assigned age than a fish born late in the same spawning season. An assumed birthdate was not applied to the Ascension Island data. Therefore, the ages from that study are simply the number of annuli observed, and no adjustment is made to account for birthdate.

The Group also observed that studies in various areas (South Africa, USA, Ascension Island) suggest dissimilar growth patterns (**Figure 3**) but noted that this could arise as a function of differential fishing selectivity. The Group also discussed that there was strong bimodality in the length composition of the Ascension data, and that this data included older fish which were larger, on average, than those sampled in other areas. The Group concluded that the bimodality occurred because two types of sampling gear were used (rod and reel, and spear). The Group also concluded that most of the largest fish were captured by spear fishers, who frequently target the largest fish for sport. If such targeting creates a bias toward larger fish at age, this could explain the differences observed between the US and Ascension Island data.

The Group agreed that the Ascension dataset was appropriate for use in age-structured stock assessments (e.g. stock synthesis) but recommended that age assignment for the Ascension dataset be adjusted to consider birthdate to maximize the comparability of the datasets. Unfortunately, not all samples had edge type, so the adjustment could not be made during the meeting. Should these data be made available, the adjustment could be made. Also, stock synthesis requires age composition data to be assigned to a fleet or survey. The Group noted that the current fleet structure of the stock synthesis model does not include a fleet comparable to the Ascension spear fishery. Therefore, the Group recommended excluding the spear fishing data from the stock synthesis model inputs. The Group agreed that the rod and reel gear could be assumed to have similar selectivity as the longline fleets.

AOTTP Information

The working requested a summary of the information concerning growth from the Atlantic Ocean Tropical tuna Tagging Programme (AOTTP). Two analyses were presented. The first analysis was developed using data from recaptured yellowfin tuna released between 40-90 cm, with length data quality of “MEAS”, with 46 to 74 days at sea. Fish were assigned an assumed age according to the Von Bertalanffy equation ($L_{inf} = 155.7$; $k=0.443$, $t_0 = 0.0148$). The age was calculated for the midpoint of the length between the release length and the recapture length. For the purposes of visualizing the data, 215 fish were randomly selected from the available observations (**Figure 4**).

The second similar analysis (**Figure 5**) produced a vector plot of the growth increments of AOTTP fish measured upon recovery. The relative age of each fish at the time of tagging was estimated from the length at tagging by inverting the von Bertalanffy (top panel) and Richards (bottom panel) growth equations using parameters estimated by stock synthesis. The age at recapture is then taken to be the age at tagging plus the time at liberty.

The results indicate that tagged fish released with lengths of less than 65 cm tend to grow slower (than the von Bertalanffy equation ($L_{inf} = 155.7$; $k=0.443$, $t_0 = 0.0148$) while fish above 65 cm tend to grow faster (**Figure 4**). The results suggest that the growth of yellowfin tuna is better estimated using a Richards function than a von Bertalanffy function. Therefore, the Group recommended that age-structured models use that functional shape (**Figure 5b**).

2.2 Catch, effort, size and CAS estimates

The Secretariat reported on the intersessional work done following the workplan from the data preparatory meeting. Task 1 Nominal Catch (NC) was updated and provided to the modelers ahead of the meeting. Total YFT catch (**Table 1**) included the estimates of the Ghana tropical tunas 2012-2018 (SCRS/2019/124), the data submitted by CPCs until June 26, 2019 and estimated 2018 catches. The 2018 reports of catches by CPC was incomplete, only about 58% of the total (**Table 2**). For those CPCs that did not report catch in 2018, and estimated YFT catch was calculated as the average of the 3 previous years (2015-2017). **Table 3 and Figure 6** show the total catches of YFT 1950-2018 by main gear used as input for the stock assessment models).

Catch distribution (CatDis) was also estimated for YFT extending the distribution to match the fleet distribution for the Stock Synthesis. **Table 6** shows the fleet structure used for the Stock Synthesis model, and **Table 4** shows the catch for each of the fleet as estimated from the CatDis. The Secretariat also provided the size samples composition for each fleet ID base on the Task 2 size data, SCRS/2019/66 document provides details and methods for estimating the size sample frequencies 1968-2017, no sufficient size information was available for 2018. During the meeting, review of preliminary runs and diagnostics were used to correct some of the fleet size information, see section 3.1.4 for further details. At the meeting it was noted that the size data from Venezuela contained in the ICCAT database for the 2006 PS and BB fleets was incorrect. It will be updated after the meeting. For this assessment this size data was excluded.

SCRS/2019/124 presented the estimates of the Ghanaian total tropical tuna catches from the purse seine and baitboat fisheries 2012-2018. These estimates included the catches for YFT, the size composition of the catch (Task 2 SZ), and catch and effort for the tropical tunas (Task 2 CE). The estimates are based exclusively on the AVDTH Ghana database, as it was concluded that sampling and coverage of the two main Ghanaian fleets is sufficient and appropriate to estimates total catch, catch composition, size distribution of catch and catch-effort distribution since 2012. To estimate the catch, catch-effort, and catch composition from the Ghanaian sampling program, the species composition and size sampling by fleet/vessel, year, month, gear, fishing mode and 1x1 lat-lon grid were used. The new estimates for YFT were lower in general compared to previous estimates presented for the bigeye stock assessment in 2018 (**Figure 7**). The differences resulted from the method used to estimate catch composition. In 2018 estimates were based on the EU and Ghana fleet composition data, while in 2019 only the Ghana sampling data was used.

A presentation (SCRS/P/2019/039) reviewed the fisheries trends of the Venezuelan purse seine, longline and baitboat fleets for 1987-2018. Catch and effort trends of these fleets has decreased from peak catches in the early 1990's, from about 8 to 2 thousand tons in recent years, for all three main gears. It was noted that the main fishing grounds are the eastern Caribbean region, with some expansion to the Guyana-Amazon area during the 2010s for the longline fleet only. The size distribution of the catch ranges from 30 to 190 cm FL YFT, with larger fish caught by the longline fleet, and small and medium size caught by the baitboat and purse seine fleets. It was noted that

the sampling in all 3 fleets is done by trained observers, for the longline sampling is done by observers onboard, while for purse seine and baitboat is done at port.

Document SCRS/2019/100 was submitted on the EU-Spain Canary Islands fisheries for 1975-2018. During the data preparatory meeting document SCRS/2019/076 with similar information was presented and discussed by the Group, therefore document SCRS/2019/100 was not discussed at this meeting.

2.3 *Relative abundance estimates*

Three documents describing abundance indicators (CPUE) were submitted that had been previously discussed during the yellowfin tuna data preparatory meeting in April 2019. The changes made to these documents had been recommended by the Group. Therefore, these documents were made available intersessionally for review and were presented at the meeting but were not discussed in detail. These documents included:

- SCRS/2019/066: An index of yellowfin tuna in free schools for the EU purse seine fleet (EUPSFS index).
- SCRS/2019/075: An index of juvenile yellowfin tuna derived from echosounder buoys (BAI index).
- SCRS/2019/122: Regional indices of abundance for the Japanese Longline.

Two new abundance series were presented to the Group, summarizing CPUE series for the Venezuelan and Chinese Taipei longline fisheries. These are described below. The revised and new CPUE series are summarized **Table 5** and **Figure 8**.

SCRS/2019/123 document describes a standardized index of relative abundance for the Venezuelan longline fishery during the period 1991-2018. The index was estimated using generalized linear models and a delta lognormal approach. Two data sources were used, the Venezuelan Pelagic Longline Observer Program (1991-2011) and the National Observer Program (2012-2018). The index showed relatively constant values from 1992-2004, then increased to a maximum in 2007. Thereafter, the index showed a declining trend until 2010, after which it is stable at that level (**Figure 8**).

The Group discussed some technical aspects of the standardization, including the approach used to model a number of influential interaction terms. In the current standardization, the Group noted that year interaction terms were modeled using fixed effects and recommended that these be modeled using random effects. Generally, ICCAT has recommended the use of random effects because it produces expanded confidence intervals that may better represent scientific uncertainty. This change in the calculation of the index was carried out during the meeting and the updated index is shown in **Figure 9** and was provided to the modeling team for use in sensitivity analyses. The Group also noted that there are some important outliers in the lognormal component. These had not been removed because there was no evidence that they were erroneous.

The Group observed that the Venezuelan fleet operations have shifted over time toward the Atlantic Ocean, off the Guianas Shelf (**Figure 10**) and recommended that regional indices could be constructed (i.e. regions 1-3 used for the joint index) to better account for the movement of the fleet over time.

SCRS/2019/120 document describes a development of standardized indices of abundance from the Chinese Taipei distant water longline fishery during the period 1967-2018. Regional abundance indices of yellowfin tuna were developed by period using generalized linear models. The entire period (1967-2018) and three separate periods from 1967-1989, 1990-2005, and 2006-2018 were considered, with information on operation type (i.e., the number of hooks per basket, HPB) available for the latter period. The standardized indices showed almost identical trends between whole and separate periods. However, the trends differed amongst regions, especially since 2010, with an increase for the western tropical Atlantic Ocean but a slight decrease in the eastern tropical waters (**Figure 11**).

The Group observed that the spatial extent of this fishery is large, and that effort and nominal CPUE have shifted between areas over time (**Figures 12 and 13**), in large part due to changes in the target species (**Figure 14**). The author also noted that the substantial increase in the standardized CPUE in the mid 2000s may have resulted from ICCAT regulations to limit the catch of bigeye tuna, which caused some fishermen to target yellowfin tuna (Sun *et al.* 2014). The Group also noted that there are substantial changes in the size composition of the Chinese Taipei longline fishery which may result, in part, from changes in targeting and other fishing behaviors due to regulations imposed to limit the catch of bigeye. Because the joint longline index (SCRS/2019/081) already included the

operational level data from the Chinese Taipei longline fleets, the Group had recommended the use of the joint indices in the stock assessment models, rather than the indices developed solely from the data of Chinese Taipei.

Due to changes in targeting, regulations and reporting, the Group expressed some concerns about the use of the Chinese Taipei data in the development of the joint longline CPUE index. Data were presented to the Group which indicated potential high-grading in the Chinese Taipei longline fleets after 2004. This date corresponds to a change in national regulations and the presenter noted that the observed change in the mean size of fish could potentially be due to discarding. The Group noted that discards are not included in the logbooks and that this could cause problems in the standardization of the joint index. For instance, there could be problems if the discard rate changes over time, and the selectivity of the index could be biased.

The Group requested that the author clarify the information used in the development of the joint index. The author responded to this request and following these discussions, the Group generally agreed to use the joint CPUE indices, as recommended by the data preparatory meeting. However, the potential impact of discards on the joint longline index warrants further investigation.

3. Stock assessment methods and other data relevant to the assessment

3.1 Stock Synthesis

3.1.1 Model setup and data inputs

An initial assessment of the Atlantic yellowfin tuna stock using Stock Synthesis 3.3 (Methot and Wetzel, 2013) was conducted prior to the 2019 Yellowfin Tuna Stock Assessment Meeting as agreed in the 2019 Yellowfin Tuna Data Preparatory Meeting. The full assumptions and data inputs to this model are described in SCRS/2019/121. Model inputs were discussed in detail at the 2019 data preparatory meeting (Anon, 2019).

The key assumptions and configurations of the initial “preliminary reference model” were as follows. The preliminary reference model was constructed as a model with 4 seasons and a timeframe from 1950 – 2018. Fleets are partitioned to represent homogenous fishing areas. However, this model does not have explicit movement between the areas and hence functions as a non-spatial, one-area model. The model starts in 1950 and assumes that the stock starts at virgin or near virgin conditions.

3.1.2 Natural mortality

Natural mortality (M) was parameterized by age according to Lorenzen (2005), scaling to the growth curve (section 3.1.3). This was conducted internally to the model to be consistent with the growth treatment in the model by assuming a value of natural mortality of 0.35 assigned to age 5 (baseline M), consistent with the Then et al. (2017) estimator of M, and assuming a maximum age of 18. This treatment differs from the 2016 assessment where growth was scaled externally with a baseline M=0.55 based on a maximum age of 11 and scaled according to the Gascuel *et al.* (1992) size at age. The resulting M-at-age vector is defined below:

Age	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7	Age 8	Age 9+
M	1.3	0.66	0.48	0.4	0.37	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33

Natural mortality was initially included in the grid of uncertainty, and during the data preparatory meeting two alternative values, upper and lower M vector were proposed (Anon 2019). However, these values were considered very low and high for yellowfin biology dynamics, and during the meeting the Working Group restricted this range to values of 20% above and below the baseline M (0.28 and 0.42, respectively). Still, however, these more extreme values of M were eliminated from the final stock synthesis model uncertainty grid because the low M scenario had poor diagnostic performance, and the high M scenario produced model estimates that were not consistent with the known biology (i.e. maximum age) of yellowfin tuna. The difficulty in using the low and high M may have been in part due to the fact that both steepness (*h*) and M were fixed in stock synthesis. The Group decided to use only the baseline M value (0.35) and recommended that further analyses be done to determine an appropriate range of M values based on simulation analyses and other biological information. A likelihood profile on M suggested that all values of M greater than 0.35 were equally probable.

3.1.3 Growth, morphometric relationships and reproduction

Following an evaluation of the growth of yellowfin recaptured in the AOTTP (**section 2.1**), the Group elected to use a Richards functional form for the growth model but decided to fix the parameters at the values estimated internally by stock synthesis using the US/GOM age data. Parameters were fixed to avoid introducing additional instability in the model. The weight of Atlantic yellowfin tuna in kilograms was estimated from straight fork length in centimeters as:

$$W_L = (2.1527 \times 10^{-5}) \text{SFL}^{2.976} \quad (\text{Caverivière 1976})$$

Fecundity was modeled as a direct function of female body weight. The maturity at length was based on Diaha *et al.* (2016), with 50% maturity at 115 cm SFL. The sex ratio was assumed to be 50:50 males-females. Birth date was adjusted to the first month of each season (January, April, July, October).

Growth for yellowfin was estimated using recent otoliths sampling (GOM/US East Coast), that included age validation based on bomb-radiocarbon techniques (see section 2.1 from Anon. 2019 for more details). A major difference in the biological information is the new maximum age assumption of Age 18 for Atlantic yellowfin tuna, compared to the assumptions in previous assessments where maximum age was assumed to be 11. This has important implications for the estimate of natural mortality. Growth was estimated internally in stock synthesis using the US/GOM age data, assuming a Richards growth model, and a given size at minimum size of age sampling (0.38 year) of 25 cm SFL.

Regarding the use of age data for conditional age at length, the Group originally favored its use in stock synthesis, but model diagnostics were poor. A cross sectional catch curve applied to the age data estimated Z at 0.45. It was the Group's feeling that the Z experienced by the large fish found in the GOM and off the Eastern US could be lower and possibly not representative of the bulk of the exploited population. The Group therefore elected not to use the age data for conditional age at length.

3.1.4 Fleet structure

For the 2019 assessment, the model used 25 different fleets (**Table 6**). Fleet structure was largely the same as in 2016 with some exceptions. First a new fleet was assigned to the emerging handline fishery off northern Brazil. Next, the longline fleet-areas were adjusted to coincide with the geographical areas of the joint longline index (SCRS/2019/121 Figure 2). This change applies to both catch by area/fleet and the size information.

During the meeting, a more detailed review of the size composition of each fleet and feedback from scientists familiar with the fisheries, suggested a need to restructure of some of the fleets. These changes included:

1. Fleet 11_GhanaBB_PS: The Group decided to impose four selectivity time blocks: 1981-1987 (mixed BB and PS), 1988-1995 (mostly BB), 1996-2018 (mixed BB and increasing PS) and prior to 1981 selectivity will match that estimated for 1988-1995 (mostly BB). For the most recent time block 1996-2018 the Group recommended removing the length composition data from 1996-2008 (blue box in **Figure 15**) where sampling for the expanding purse seine fishery was incomplete and likely not representative. These decisions were based on evaluation of the length composition inputs (**Figure 15**) and changes in the relative fraction of the catch landed by BB vs. PS (**Figure 16**).
2. Fleet 12_BB_area2_SDakar: The Group noted an increase in large fish in the size composition of the fleet in the last decade (**Figure 17**, recent years) and upon inspection of the data realized that it was being caused by the South African HL fishery which targets much larger fish than other BB. The decision was therefore taken to move South Africa HL catch and length data from Fleet 12_BB_area2_Sdak to Fleet 25_OTH_OTH.
3. Fleet 13_BB_DAKAR_62_80 and Fleet 14_BB_DAKAR_81+: clear outliers were present in the size data of the Venezuela BB (particularly 2006). The Group decided to remove all size data from Venezuela BB pending a more thorough evaluation of these records.
4. Fleet 24_PS_WEST: This fleet included the US PS and Venezuelan PS. Given that the majority of US PS catches prior to 1990 occurred in the Eastern Tropical Atlantic, the Group proposed to move US catch and size data prior to 1990 from Fleet 24_PS_WEST to Fleet 1_PS_ESFR2_6585 and Fleet 2_PS_ESFR2_8690. As with BB, clear outliers were present in the 2006 size data of the Venezuela PS. Given the limited time available to evaluate the problem, the decision was taken to remove Venezuela PS size data for 2006. The

Venezuelan scientist confirmed that their original submission for 2006 by BB and PS was correct, the Group recommended to check and revise the ICCAT database.

5. Fleet 25_OTH_OTH: The length composition of Cabo Verde HL (originally assigned to Fleet 25_OTH_OTH) was similar to the Cabo Verde BB (included in Fleet 14_BB_DAKAR_81_18). The Group therefore decided to move catch and length data from Cabo Verde HL from Fleet 25_OTH_OTH (green line in **Figure 18**) to Fleet 14_BB_DAKAR_81_18. Due to this fleet being a ‘catch-all’ fleet, the selectivity is not well defined and there is a risk that the model will interpret the occasional spike in catches of 50 cm fish as large recruitment events when in fact the presence of these fish is most likely linked to internal changes in fleet dynamics and local availability. The Group therefore recommended to down-weight the influence of this data using a much lower lambda (0.001).
6. Fleet 17_Japan_LL_TRO and Fleet 20_Other_LL_TRO: These fleets exhibit a shift in mean size at age through time. The Group discussed the possibility that these shifts in selectivity could be produced by increased discarding or by changes in fleet composition. Time blocks were proposed based on the Hoyle et al. (2019) influence plots which indicate a substantial shift in fleet composition, likely associated with the observed changes in selectivity. Time blocks on selectivity will be as follows 1950-1979 (early shallow sets), 1980-1991 (transition to deeper sets and BET targeting), 1992-2004 (deep sets) and between 2005-2018 to coincide with the apparent change in selectivity to target larger BET. Size composition data from the Chinese Taipei longline fishery was removed from 2005-2018 due to difficulties in interpretation of the increasing mean size (See **section 2.3**).
7. Fleet 22_HL_Braz_N: Lack of size composition data for the BRA HL fishery means the selectivity is poorly informed. The Group elected that selectivity of Brazil HL be estimated using prior distributions derived from the AOTTP tagging estimates, rather than mirrored to the Fleet 14_BB_DAKAR_81_18. Length composition data for 1994 (dominated by larger fish) was removed.

These changes led to a better prediction of mean lengths and improved the Pearson residuals from the fit to the length composition.

3.1.5 Abundance Index inputs

A major advance in this assessment was the development of a joint longline index using high resolution catch and effort information from the main longline fleets operating in the Atlantic (Japan, US, Brazil, Korea and Chinese Taipei). The index was developed for 3 regions; North Atlantic, tropical area and South Atlantic based on the size distribution of the catches for these fleets. This index was linked to the Japan longline fleet composition size data for estimating selectivity, as this fleet represents the majority of the size composition in region 2 after removal of the Chinese Taipei data from 2005-2018, and because it has had consistent size sampling. One index was used in the initial stock synthesis reference run, the Joint LL Region 2 index (SCRS/2019/121). Three time blocks (section 3.1.4) were applied to the selectivity assumed for this index to account for changes in targeting to bigeye tuna. To obtain the interannual variance for the joint index the geometric mean of each seasonal CV was obtained and used as input for the annual index. Indices were input as annual values.

The bouy associated index (BAI) index was modelled as linked to respective seasonal PS FAD fleets, which improved fit to the index. The EUPSFS index was linked to the PS EU FSC 91 season 1 where much of the catch comes from. Indices were input as annual indices, except the BAI index that maintained their seasonal information, with a mean CV=0.2 for the LL indices and 0.3 for the BAI and EUPSFS indices but allowed to vary with the interannual variability in the estimated standard error of the index.

The hindcasting diagnostic indicated better predictions of CPUE trend when the model included all indices of abundance.

3.1.6 Length composition

Length composition data were initially processed by the Secretariat (SCRS/P/2018/46) to remove outlier and to achieve generally homogenous fleet structure. After removal of outliers, no fish above 220 cm remained in the dataset. Size composition data was estimated following the same fleet structure described above (**section 3.2.4**) and it was updated during the meeting to also reflect the changes described in this document in terms of fleet restructuring.

Length composition was input with an initial sample size equal to the $\ln(N)$ to decrease the weight of multiple samples within a fleet, season, and year combination. Preliminary results indicated that size composition data has a large influence in the model fit and results. During the meeting further downweighting of the size composition to $0.5 \cdot \ln(N)$ resulted in similar results but showed improvement in the fits and diagnostic test results. Thus, a lambda of $0.5 \cdot \ln(N)$ was used to weight the size composition data in all accepted runs.

3.1.7 Stock recruitment parameterization

A Beverton-Holt stock recruitment relation was assumed to model the number of recruits as a function of spawning stock biomass. Virgin recruitment (R_0) was freely estimated and steepness (h) was fixed at a value of 0.8 for the preliminary reference model and at 0.9 for the uncertainty grid. Profiling on steepness indicated that there was insufficient information in the data to freely estimate it. Annual variation in recruitment (SigmaR) was estimated in the stock synthesis models on the basis of a likelihood profile which supported estimation. The estimated total annual recruitment was distributed across the four seasons according to seasonal allocations estimated in the model. Deviations in annual recruitment were estimated from 1979 to 2017. The lognormal bias correction ($-0.5\sigma^2$) for the mean of the stock recruit relationship was applied during the period 1972 to 2017 with the recommended bias correction ramp applied to each model according to Methot and Taylor (2011).

During the meeting analyses showed that the reference model fit tended to produce unusually large recruitment peaks in 2017 and 2018, due primarily to the information from the BAI index that is treated as a recruitment index. Noting that there is no size composition data in 2018 in this model to corroborate or contrast with these high recruitment estimates, the Group decided to fix the 2018 estimates of recruitment to the stock recruitment curve rather than estimate them. Not estimating the recruitment deviation for 2018 substantially improved the reference model diagnostics.

3.1.8 Selectivity

Length-based selectivity was estimated for the fleets. **Table 7** outlines the functional forms chosen and time blocks imposed on each fleet.

3.1.9 Data weighting

Input variance adjustments were iteratively adjusted according to recommendations in Francis (2011).

3.1.10 Diagnostics

The Group discussed the initial models (SCRS/2019/121, runs 1-23) presented by the authors and a number of additional model runs were proposed, conducted and discussed (**Table 8**). A set of diagnostics were run to evaluate model performance including fits to indices of abundance, length composition residuals, retrospective analysis, hindcasting, likelihood profiling, Age Structured Production Model (ASPM) analysis, jitter analysis and sensitivity runs on influential parameters. The details of these runs are provided in **Table 8** and the following presentations: YFT stock synthesis.2019_Part1.inputs and diagnostics, YFT stock synthesis.2019_Part II reference grid development and sensitivity runs, YFT stock synthesis.2019_Part III reference grid developmentV3. Diagnostics on preliminary runs are available in presentation SCRS/P/2019/043. Diagnostics on the accepted runs are described in **section 4.1**.

3.1.11 Base case and sensitivity runs

The list of accepted runs is detailed in **Table 9**. The following characteristics were common to all runs: the Richards growth function was fixed to parameter values estimated internally by stock synthesis using age data from US/GOM, no conditional age at length data was used, M was scaled according to the growth curve using $M_{\text{age}=5}=0.35$, recruitment deviations were not estimated for 2018, a lambda of 0.5 was used to downweigh the length composition data. Sensitivity runs tested the influence of h (0.8 vs. 0.9) and the BAI index (including vs. excluding the index).

3.2 Surplus production model MPB

Document SCRS/2019/115 presented preliminary results from fitting the biomass production model mpb (Kell, 2016) to the YFT data using catch data and the joint LL R2 index for 1979-2018 (run 1). Updating the data from what was available in the 2019 Data Preparatory meeting with the most recent catch data made available by the Secretariat caused notable changes in the perception of stock status. Overall, the model had difficulty converging and diagnostics were relatively poor.

The Group expressed concerns over the fact that the model appears unstable. The model finds a solution only if strict constraints are imposed on the search space for r (intrinsic growth rate) and K (carrying capacity), and when the model did find a solution, that solution does not correspond to the minimum in the likelihood profile, suggesting poor convergence (**Figure 19**).

The Group discussed the following points: a) mpb has difficulty explaining the observed catch given the continuous decline in the CPUE, b) there are population dynamics and selectivity components that a biomass model simply cannot accommodate.

Unconstrained, the model tends to go to values of intrinsic growth rates r that are extremely low. It is therefore necessary to impose some level of constraint on the parameters. However, the Group felt that it was more defensible on a biological standpoint to constrain K on the left-hand side and leave r unconstrained, and expected that would improve the estimation of r (**Table 10**, run2). The Group also recommended to free up the B0 parameter as a potential solution for improving the fit (**Table 10**, run3). Freeing up B0 had almost no impact. Another proposal to improve fit was to include the EUPSFS index. Adding the PS index led to a slight improvement in the pattern of residuals for the indices in the most recent years and showed more stability in the jackknife analysis (**Figure 20**), with almost no change to the hindcasting and retrospective analyses. The Group asked to see if the r and K estimates change a lot retrospectively. The result showed no change in the retrospective pattern for r with a slight change for K and MSY. The LL region 1 index was later added to see if it would further improve the fit, but the model could not converge.

Finally, the Group agreed on a reference case (run 2) using two indices: Joint LL R2 and EUPSFS, as this was the scenario with better diagnostics.

3.3 Bayesian surplus production model JABBA

Document SCRS/2019/125 presented results from JABBA, a Bayesian surplus production model. Four scenarios were presented: a) base case (joint LL R2 with stock synthesis 2016 r prior), b) run 1 (joint LL R2 with FishLife r prior), c) run 2 (joint LL R2 + BAI with stock synthesis 2016 r prior), d) run 3 (joint LL R2 + BAI with FishLife r prior). FishLife r prior refers to a prior estimated using biological parameters available at FishLife database (www.fishbase.se/yellowfin_tuna) and size composition data used in stock synthesis in a model approach to derive surplus biomass parameters from age structure population dynamic model (Winker et al., 2018). This approach has been used in other ICCAT and tRFMOs assessments previously, with the objective of making comparable the runs between biomass surplus production models and length-age based integrated models such stock synthesis. In all scenarios, the model appeared to converge properly, though the inclusion of the BAI index worsened the diagnostics. Overall, the management quantities estimated were comparable across runs.

During the meeting, the JABBA base case run from SCRS 2019/119 was updated using an r prior based on the 2019 stock synthesis run results. The Group decided to exclude the 2 scenarios that use 2016 priors (runs 1 and 3) since they contain outdated information on the biology of the stock. All runs presented at the meeting are listed in **Table 11**.

The Group raised concern that the priors may be having too much influence on the results. Even the “uninformative” prior chosen for run 5 appeared to have information due to its lognormal shape. The Group therefore recommended to create a new run using the FishLife prior but with increased CV (run 14). Increasing the CV from 0.3 to 0.6 allowed the model more freedom to adapt to the data and the model converged on a value of r close to the one estimated by stock synthesis (**Figure 21**). This gave the Group confidence that the value estimated for r in the JABBA model is consistent with the information present in the integrated assessment. However, noting that this run had a higher RMSE in the fit to the index and a strong retrospective pattern (which is to be expected when giving more flexibility to the prior) the Group elected not to use a CV of 0.6 in the final selection of accepted runs. The Group did discuss the issue of taking results from a model fit and using it as data (as is the case with the stock synthesis prior). However, it considered that comparing JABBA results using FishLife

prior with the expanded CV with runs that use the stock synthesis prior was a valuable exercise for checking that the model results are consistent with the data going into the assessment.

Following the observation that K and r appear highly correlated and that r is consistently being estimated at a value that is lower than that indicated by the prior, a question was raised on whether there is something inherent to mbp and JABBA that causes these models to favor lower values of r . The Group does not know if this observed propensity to favor lower r values is a true property of the model or simply a result of the data. The Group recommended to try a sensitivity run with ASPIC, whose properties are well studied, to check if the model results in similar estimates for r . ASPIC is not able to control the estimation of r the same way as JABBA or mbp, and when used with the available indices it leads to implausibly low estimates of r .

Regarding indices, the Group questioned the appropriateness of using the echosounder CPUE (BAI) in a production model as it reflects only the dynamics of recruits. On this basis, the Group elected to remove this run and instead test the impact of adding three new indices: EUPSFS, joint LL R1 and joint LL R3 over the Joint R2 index. All other indices except for the EUPSFS, showed evidence of lack of randomness of time-series residuals (**Figure 22**). Still, anytime more than one index was used, the conflict between indices consistently translated into a positive trend in the residuals in the earlier years and a negative trend in the residuals in the most recent years. The Group discussed the shortcomings of each index. Both LL and PS indices have shortcomings, such as changes in targeting, and technological advances that are difficult to properly account for. But, based on the diagnostics, the quality of the fit was best when using only the Joint LL R2 index (**Figure 22**) so the Group decided to use run 6 as the base case and include the other indices (except for BAI) in sensitivity analyses (run 13). Two additional sensitivity runs were selected to contrast results using the stock synthesis prior vs. the FishLife prior (runs 16 and 17).

The JABBA runs utilizing the Venezuelan longline index (VEN LL) showed a poor fit to VEN LL index, with a residual trend in the index fit as well as an increase in RMSE for the overall model fit. The Group agreed that runs including the VEN LL index should not be used for the uncertainty matrix. The Group affirmed, however, its recommendation these data should be included, if possible, in the next development of a multi-national joint LL CPUE index.

Another issue common to all runs was the increasing trend observed in the process error over the last decade (**Figure 23**). In state-space models, like JABBA, the observation error is accounted for in the fit to the indices, but the process error component represents all other processes that are not directly controlled or observed in the data used to modelling (e.g. growth, recruitment, catchability, catch, etc.). The Group noted that the increasing trend in the process error occurred the same year that stock synthesis has a selectivity change imposed. If the change in selectivity is indeed causing this pattern in the process error one could attempt to solve this in the production model by accounting for some autoregressive structure in q . Though this issue deserves to be further explored, resolving it is beyond the scope of the current assessment meeting.

Lastly, the Group compared results from mpb and JABBA. Though the Bayesian model showed better model convergence and diagnostics, both models resulted in similar parameter estimates, giving the Group confidence in the population dynamics being estimated.

4. Stock status results

4.1 Stock Synthesis

Following the development of the reference case described in **section 3.1** the Group determined the major axes of uncertainty to develop the uncertainty grid. The axes of uncertainty included:

1. To use/not use the Juvenile Index from Echosounder Buoys (BAI).
2. Steepness (0.8 and 0.9)

In preliminary model runs, the lambda on length composition (1, 0.5) and the natural mortality (0.28, 0.35, 0.42) had also been included as possible axes of uncertainty, but they were ultimately excluded from the final uncertainty grid for reasons indicated in sections 3.1. Briefly, the low natural mortality had poor diagnostic performance, and the high mortality produced results that appeared biologically implausible although the retrospective and hindcast analyses revealed no unusual behavior. The results from weighting the length composition with a lambda set to 1 or 0.5 were nearly identical, but the lambda 0.5 had improved model performance. The final stock synthesis uncertainty grid was composed of the 4 combinations of items above. *Note: the reference case is a member of the uncertainty grid.* The full listing of model runs, likelihoods and some diagnostic criteria are in **Tables 8** and **9**.

Diagnostic performance for the Stock Synthesis runs

All uncertainty grid runs had positive definite Hessians and maximum gradient components less than 0.0001. Parameter estimates for the uncertainty grid models are shown in **Table 12**, and had relatively low standard errors except some of the spline parameters, the Richards K parameters and the descending limb of the PS-West, though some of the CVs are misleading as the parameters themselves were estimated to be very close to zero, inflating the CV. Also, there were relatively few highly correlated parameters with a few notable exceptions being K and the Richards growth parameter. There were no bound parameters in the uncertainty grid runs.

A full suite of diagnostic evaluations (likelihood profiles, jitter, retrospective, hindcast) were conducted for each model run. The jitter analyses (n=50) indicated that the models were stable (i.e. all MLE estimates were within one likelihood unit; **Figure 24**). Profiling of the key parameters (R0, steepness, sigmaR and M) for the reference case indicated that R0 was estimable (**Figure 25**) but that steepness was not (**Figure 26**). Regarding R0, there was conflict between the various data components, where the survey data favored a higher value of R0, relative to the length data. However, the survey data had little influence on the maximum likelihood estimate for that parameter. Profiles for natural mortality (M) at age 5 indicated that values of 0.35 and higher are equally probable (**Figure 27**), but that values below 0.35 are not supported. Due to the rather high correlation between steepness and R0, fixing certain values of steepness largely predetermined R0 (**Figure 28**). Hence it was necessary to fix steepness. Sigma R appears estimable (**Figure 29**) using the Methot and Taylor (2011) bias correction ramping. Hence it was considered unnecessary to include different values of sigmaR as part of the uncertainty grid.

Retrospective analyses showed no strong pattern for any uncertainty grid model (**Figure 30**). Hindcasting is a similar approach that can be used to evaluate multiple measures of prediction skill. In a hindcast a model is fit to the first part of a time series and then projected over the period omitted in the original fit. Prediction skill can then be evaluated by comparing the predictions from the projection with the observations (Kell et al. 2016). The hindcast results indicated that the uncertainty grid models had population dynamics that were able to predict the CPUE series used (Joint Longline Area 2, EU_PS_Free School) except for the Echosounder Buoy (BAI) index of juvenile yellowfin, which cannot be hindcast because there is no data in the hindcast to predict deviations from the stock recruitment relationship (**Figure 31**).

An Age Structured Production Model (ASPM) diagnostic was also conducted (**Figure 32**). This analysis was used to determine whether the stock synthesis results were consistent with age-structured production model population dynamics. The treatments for this analysis were: **base case** (the stock synthesis model run), **aspm**: running stock synthesis like ASPM using the selectivity parameters from integrated model, the recruitment deviation is not used, **aspm_est**: same as **aspm** but estimated recruitment deviation, **aspm_fix**: same as **aspm_est** but with fixed recruitment deviation from the integrated model). The results suggest that the Stock Synthesis runs behave much like ASPM when structured similarly.

Model Results

The fits to the indices (**Figure 33 – 36**) and the length composition aggregated by fleet (**Figure 37 – 40**) were examined and were considered acceptable. The Total Biomass, SSB, F and recruitment trends are shown in **Figures 41 to 44** and **Tables 13** and **14**. The recruitment deviations showed little trend in residuals, although some very large recruitment events were noted, including a large recruitment event in 2017 in the runs that included the juvenile index (EUPSFS). The model estimated selectivity values are shown in **Figure 45**.

The estimated stock recruitment relationships showed little evidence of a relationship between SSB and recruits (**Figure 46**) and there was insufficient contrast in the data to estimate steepness from the profiles (see **Figure 26**). Recruitment by season indicates that the highest fraction of recruits was estimated to be born in seasons 1 and 2 (Jan-June) and the lowest in season 4 (Oct-Dec) (**Figure 47**). Time series of the numbers at age shows little evidence of strong cohort structure and a decline in the mean age in the population over time (**Figure 48**).

The estimated maximum sustainable yield (MSY) in 2018 for the uncertainty grid models ranged from 101,779 to 120,468 t (**Table 15**). These values were similar to those reported in the 2016 assessment (123,139 to 123,382). Calculations of the time-varying benchmarks show a long-term increase in SSB_{MSY} and a general long term decrease in F_{MSY} and MSY (**Figure 49**).

In general, the estimated SSB/SSB_{MSY} and F/F_{MSY} trajectories showed very similar trends for all stock synthesis uncertainty grid models (**Figure 50**). The SSB/SSB_{MSY} has shown a significant decreasing trend since the 1960s, and the SSB_{2018}/SSB_{MSY} value was the lowest in the time series, with values that ranged from (1.17 to 1.39). These values were generally higher than the estimated biomass levels estimated in the 2016 stock synthesis model runs (0.81 to 1.38). Fishing mortality (exploitation in biomass) increased to a maximum in the early 1980s and 1990s then declined until the mid 2000s before increasing again to high levels by 2018 (**Figure 50**). Fishing mortality in 2018 was at or near the highest level in the time series. The estimated values of F_{2018}/F_{MSY} ranged from (0.86 to 1.19).

Combined results of the stock synthesis uncertainty grid

A Kobe plot was developed using the stock synthesis results from all uncertainty grid models. According to the Stock Synthesis results, the estimated SSB/SSB_{MSY} indicates that the 2018 stock is not overfished (1.32 with 90% CI: 1.02 – 1.69); **Figure 50**, top and **Figure 51**). The F/F_{MSY} in 2018 varied by model run, but on aggregate suggests that the stock was near the overfishing threshold (0.93 with 90% CI: 0.56 – 1.43) ; **Figure 50**, bottom and **Figure 51**). In 2018, the probability of overfishing and overfished (red) was 3.4% the probability of being overfished but not overfishing (yellow) was 0.5%, the probability of not being overfished but overfishing (orange) was 36.9% and the probability of being neither overfished nor overfishing (green) was 59.3%.

4.2 Surplus production model MPB

After the Group discussed Document SCRS/2019/115, the updated MPB results were provided. For MPB, the Group agreed on a reference case using two indices of abundance: joint longline index Region 02 and EU purse seine free school (EUPSFS) index. 500 bootstraps were run to characterize the statistical uncertainty for this Reference Case. **Table 16** shows the estimated parameters and MSY based benchmarks summarized by means, medians and 90% confidence intervals.

The trajectory of the estimated biomass (**Figure 52**, upper panel) showed a continuous decreasing trend from 1950 to the early 2000s, and a slightly increasing trend afterwards (**Table 17**). The fishing mortality increased gradually from 1950 and reached the historical highest value in early 2000s (**Figure 52**, lower panel, **Table 17**). It was gradually decreased to the late 2000s and remained flat, however some increase was observed in the recent years (2005-2018). The retrospective analysis (**Figure 53**) shows a pattern where the model tends to overestimate biomass and underestimate fishing mortality as a new year of data is added. The retrospective runs were projected forward with catch observations (hindcast diagnostic) and new trends of biomass were compared with the reference case. The results (**Figure 54**) shows relatively good prediction skill, as indicated by predicted biomass falling within the confidence intervals of the bootstrapped estimate, except for the 10-year retrospective case.

Figures 55 and **56** show the estimated trajectory of the stock on a Kobe diagram and the marginal density distributions of the bootstraps for the relative stock status estimates in 2018. **Figure 56** also shows the probabilities of the stock being in the different quadrants of the Kobe plot. According to the estimates of the MPB-Reference Case, Atlantic yellowfin stock is currently not overexploited and not undergoing overexploitation (green area of the Kobe plot) with probability (56%).

4.3 Bayesian surplus production model JABBA

After the Group reviewed Document SCRS/2019/125 and discussed various additional scenarios (**Table 11**), it was agreed that the following 4 scenarios (Base Case, S2, S3, and S5) are the final Reference Cases for JABBA.

- Base Case: Joint longline index Region 02, and use r prior from the stock synthesis setting in 2019
- S2: Joint longline index Region 02, and use r prior from Generic FishLife
- S3: Joint longline index Regions 02 and 01 and EU purse seine free school (EUPSFS), and use r prior from the stock synthesis setting in 2019
- S5: Joint longline index Regions 02 and 01 and EU purse seine free school (EUPSFS), and use r prior from Generic FishLife

The Group agreed to carry out two sensitivity runs (S6 and S7) based on the Base Case and S2 scenarios to evaluate the effect of Venezuelan longline index provided during the stock assessment meeting.

- Sensitivity S6: Base Case + Venezuelan longline index
- Sensitivity S7: S2 + Venezuelan longline index

The estimated parameters and values of biomass and fishing mortality for all Reference Cases are shown in **Tables 18 and 19**. The trajectory of B/B_{MSY} in the Reference Base Case showed a continuous decreasing trend from 1950 to 2018 (**Figure 57**, right panel). In the 2010s, the trend of become relatively flat but reached at the historical lowest level and remained below B_{MSY} (base case $B_{2018}/B_{MSY} = 1.02$). The trajectory of F/F_{MSY} (**Figure 57**, left panel) showed an overall increasing trend from the beginning of the time series to its end of the time series, except several years in the mid-2000s. F/F_{MSY} in 2016 was quickly increased to the historical highest value (1.02), and remained at close to 1.0 afterwards but not overfishing ($F_{2018}/F_{MSY} = 0.95$). A retrospective analysis for eight years was also examined which showed no retrospective patterns and very consistent estimates (**Figure 58**).

All Reference Cases generally showed similar trends in B/B_{MSY} and F/F_{MSY} (**Figure 59**), but the values showed two parallel patterns except B/K ; Base Case and S3, and S2 and S5 were very similar. The estimated K values in Base Case and S3 were larger than those in S2 and S5 (**Table 18**), that caused by the different assumption on prior distribution of r (use r prior from the stock synthesis setting in 2019 or from Generic FishLife). These differences produced the higher B/B_{MSY} values and smaller F/F_{MSY} values in Base Case and S3 compared to those in S2 and S5.

Hindcasting (Kell *et al.*, 2016) was conducted for the four Reference Cases by projecting over the period omitting the last 8 years from the time series and comparing to the models that utilized the complete time series (**Figure 60**). The prediction skill of joint longline index Region 02 performs better for the Base Case than for S2 run. When multiple CPUEs were used in S3 and S5, the model did not forecast joint longline index Region 02 well, while the projections for the other indices performed better. All predicted indices remained within the 95% credibility intervals of 10,000 MCMC iterations.

The Group explored the sensitivity analyses including the Venezuelan longline index on the S3 and S5 runs (Sensitivity S6 and S7). Residual diagnostic (**Figure 61**) and the randomness of the time series of CPUE residuals (**Figure 62**) showed strong trend and pattern on the Venezuelan longline index. The RMSE increased from 9% in the Reference Base Case to 47% with this index. Given that the use of the Venezuelan index did not improve the JABBA models, the group did not recommend its use at this time. Instead, the group recommended that the Venezuela longline index data be included in the standardization method of the joint longline index for Atlantic fisheries.

The Group reviewed the trajectories of B_{2018}/B_{MSY} and F_{2018}/F_{MSY} from each JABBA Reference Cases (**Figure 63**). The Group was concerned that some of the Kobe plots did not show a typical anti-clockwise pattern with the stock status moving from underexploited level through a period of unsustainable fishing to the overexploited phase. This could be related to the changes in selectivity over the time series, that surplus production models commonly do not take into account. This pattern is more sensitive in JABBA that estimates the process error (see Section 3.3) which may explain the distinction between JABBA's and MPB models.

The combined posteriors of B_{2018}/B_{MSY} and F_{2018}/F_{MSY} from the four JABBA Reference Cases (**Figure 64**) predicted 48.9% probability that the stock remains overfished and that overfishing is still occurring (red quadrant), while being in the green quadrant with 42.6%, 6% in the yellow quadrant, and 2.5% in the orange quadrant (i.e. overfishing but not overfished).

4.4 Synthesis of assessment results

Data inputs and model structure

During the data preparatory meeting the Group agreed on the data inputs to be used with the two modelling platforms deemed to be appropriate for the evaluation of stock status: production models (JABBA and MPV) and a statistically integrated assessment model (Stock Synthesis). A subset of the data inputs had to be prepared/updated after the data preparatory meeting (e.g. VEN LL, buoy BAI and EU free school (EUPSFS) indices of abundance, catch per fleet, size data). At the data meeting, the Group also agreed on the main axes of uncertainty associated with the different data inputs and model structures: natural mortality, growth, stock productivity (r or steepness), sub-sets of indices of abundance, statistical weight of different data inputs.

During the meeting, the Group investigated an initial set of models fitted during the intersessional period together with the appropriate diagnostics (residuals of fit to each data set, hindcast predictions, retrospective analysis, likelihood profiles for each parameter and data input, ASPM diagnostic for stock synthesis, differences between posterior and prior for Bayesian models). Model runs that were deemed to have inappropriate diagnostics, were eliminated from the data set. The failure of the diagnostics of certain model runs was also used to revise the axes of uncertainty and final model specifications.

The following production model runs were retained for management advice:

- JABBA with joint longline index of tropical area (region 2), and r prior consistent with Stock Synthesis 2019 estimates
- JABBA with joint longline index of region 2 and r prior based on inputs from FISHLIFE
- JABBA with joint longline indices of region 2 and northern area (region 1) and purse seine free school index, and r prior consistent with Stock Synthesis 2019 estimates
- JABBA with joint longline index of region 2 and region 1 and purse seine free schools index and r prior based on inputs from FISHLIFE
- MPB with joint longline index region 2 and purse seine free school index

Four Stock Synthesis model runs were retained for management advice, obtained by the combination of two valued of steepness and two set of abundance indices:

- without buoy index of abundance (BAI) and with steepness 0.8 (run 1)
- without buoy index of abundance and with steepness 0.9 (run 2)
- with buoy index of abundance and with steepness 0.8 (run 3)
- with buoy index of abundance and with steepness 0.9 (run 4)

All other specifications of Stock Synthesis were the same for the four model runs. The most important specifications of Stock Synthesis that need to be highlighted are:

- natural mortality changes with age, and for age 5 is 0.35
- Richard's growth model was initially estimated with age composition data and its parameters fixed for the final stock synthesis runs
- all models included the joint longline index for region 2 and the purse seine free school index
- the buoy index (BAI) was used as a quarterly abundance index for FAD fisheries
- the statistical weight of length composition data was fixed to 0.5 for all runs
- a few changes to structure of fleets agreed during the data preparatory meeting, including adding new periods of change in selectivity for some fleets
- eliminated some sets of size data for certain fisheries that could not be accommodated with the final fleet structure of the model
- data is not sufficient to estimate recruitment deviations in 2018, the last year of assessment.

Stock status

The trend in the estimated biomass for all models shows a general continuous decline in biomass through time. Stock Synthesis runs suggest a few periods of large increases in spawning biomass associated with episodes of high recruitment. Such very high recruitments have only happened three times in the period 1960 to 2017. Production models show much less pronounced increases in total biomass at the equivalent times. Note, however, that for all models there are large uncertainties in the value of biomass at any point in the history, including 2018 (**Figure 65**). Most model runs lead to biomasses at the end of 2018 above the level that produces MSY (**Figure 66**).

Estimates of historical fishing mortality show similar trends for all models. For most model runs, fishing mortality increased progressively until the early 1980s, it varied in level until the mid 1990s, after which it declined gradually until the mid 2000s. Since the mid-2000s, the fishing mortality has had a generally increasing trend with fluctuations until 2018. Overall the models estimate that the fishing mortality in 2018 was near the fishing mortality that would produce MSY, with the majority of the models estimating fishing mortality to be below that level. Again, for all models there are large uncertainties in the value of fishing mortality at any point in the history, including 2018 (**Figure 67**).

It is important to note that the Stock Synthesis model is the only one that can provide estimates of recent recruitment. Recruitments were not estimated to vary from the stock-recruit relationship for 2018, due to the large uncertainty in terminal year recruitment estimates. The estimate of recruitment in 2017 is also more uncertain than for previous years, in part because there is no 2018 size frequency data to corroborate or contrast with it. Stock Synthesis models which use the buoy index suggest very high recruitment in 2017, whereas models that do not use the buoy index suggest that recruitment in 2017 was above average but not particularly high. The alternative assumptions about recruitment produce some differences in estimates of historical trends and current status, but the largest differences are seen in the projections, which will be discussed in the next section.

In considering how to synthesize management advice (e.g. current [2018] stock status), the Group considered a number of factors. In a general sense, Stock Synthesis may be considered to be a more appropriate model for the situation observed in the YFT fisheries, where overall selectivity has changed over time mostly towards an increase in the probability of catching small fish. The surplus production models do not take this into account. This was a basis for developing the final status and projection advice for BET in 2018 only with stock synthesis. However, in this YFT assessment, Stock Synthesis results were deemed to be very sensitive to the alternative data inputs and model structures considered. The Group considered that the accepted runs from surplus production models reflected different, reasonable hypotheses for the YFT population dynamics and thus were included in the management advice.

The four Stock Synthesis model runs, were regarded as representing alternative recruitment, and steepness hypotheses. Likewise, the JABBA runs addressed different hypotheses about initial priors for r , and about which indices of abundance were representing the population. Finally, the base case selected for MPB estimated biomass and fishing mortality trends that varied somewhat from JABBA. The Group decided that, in order to capture this uncertainty in the population dynamics for developing the management advice, it was best to incorporate results from all of the accepted model runs.

The Group decided to give equal weight to surplus production model and integrated assessment model results. Within surplus production models, JABBA and MPB were also given equal weight. Each run within a modeling platform (JABBA, and Stock Synthesis) were given equal weight. All benchmarks were calculated following this weighting scheme. A distribution of estimates for each benchmark was calculated by combining the following number of random estimates from the various models: 100 for each of the four JABBA models, 400 for the MPB model and 200 for each Stock Synthesis model. This provided a set of 1600 iterations. Median, 5 and 95 percentiles were then calculated from each distribution.

For the combined results (MPB, JABBA, SS) used to develop management advice, the median estimate of B_{2018}/B_{MSY} is 1.17 (0.75, 1.62) and the median estimate of F_{2018}/F_{MSY} is 0.96 (0.56, 1.50). The median MSY estimated is 127,558 tons with 90% confidence intervals of 98,268 and 267,350 tons (**Table 20**). Combining the results of all models provides a way to estimate the probability of the stock being in each quadrant of the Kobe plot in 2018 (**Figure 68**). The corresponding probabilities are 54% in the green (not being overfished not subject to overfishing), 21% in the orange (subject to overfishing but not being overfished) 2% in the yellow (being overfished but not subject to overfishing) and 22% in the red (being overfished and subject to overfishing).

5. Projections

The Group agreed to project each of the models (i.e. stock synthesis, MPB, and JABBA) using the following general specifications.

- Projection interval: The Group agreed to make projections over a 14-year interval, 2020-2033, which corresponds to two generation times of yellowfin tuna.
- 2019 Catch: Fixed at 131,042 t, the same catch as was estimated for 2018.
- Constant catch projections were made at 0 t, and 60,000 – 150,000 t, by 10,000 t intervals: 11 catch scenarios in total.

For stock synthesis setting,

- Recruitment: Based on the estimated stock recruitment relationship with no recruitment deviations.

- Selectivity and fleet allocations: It is necessary to specify the selectivity pattern for projections. The appropriate pattern is model specific. Use average of the last three years of the model (2016-2018).

5.1 Stock synthesis

For stock synthesis uncertainty grid, the statistical uncertainty of catch projections were estimated using 2,500 multivariate normal (MVN) iterations for each model of the grid (run1 (Reference Case), run 2, run 3, and run 4) for each constant catch scenario. Due to the technical problem in MVN approach, the values of F/F_{MSY} more than 4 or B/B_{MSY} less than 0.2 were replaced to 4 or 0.2 (SCRS/2019/145). The trajectories for relative biomass and fishing mortality using the median of MVN iterations are shown in **Figure 69**. The projections in runs 1, 2 and 3, and 4 (**Figure 69**) showed that the median of MVN iterations could maintain the stock above B_{MSY} level and below F_{MSY} by 2033 with the constant catches less than 110,000 t, 120,000 t, and 130,000 t, respectively. However, the projections in runs 1 and 2 clearly indicate that constant catch higher than 140,000 t leads to population crash in later years.

5.2 MPB

Catch projections from the 5000 iterations developed from the MPB-Reference Case were carried out. The deterministic trajectories for relative biomass and fishing mortality are shown in **Figure 70**. The projections with MPB (**Figure 70**) showed that according to the the median of 5000 bootstrap iterations, constant catches less than 130,000 t could maintain the stock at or above B_{MSY} level and below F_{MSY} though 2033

5.3 JABBA

Catch projections from 36,000 MCMC iterations were conducted for each JABBA Reference Cases (Base Case, S2, S3, and S5). The trajectories for relative biomass and fishing mortality using the median of MCMC iterations are shown in **Figure 71**. The projections with JABBA in Base Case, S3, and S5 (**Figure 71**) showed that according to the the median of MCMC iterations, constant catches less than 130,000 t. could rebuild (S5) or maintain the stock at or above B_{MSY} level and below F_{MSY} through 2033. However, the projection with S2 could rebuild the stock at or above B_{MSY} level and below F_{MSY} by 2033 with the constant catches less than 120,000 t.

5.4 Synthesis of projections

Combined catch projections from 9 runs (JABBA (Base Case, S2, S3, and S5), MPB, Stock Synthesis (runs 1, 2, 3 and 4) were provided at constant catches ranging 0 t and from 60,000 to 150,000 t. The method used to combine the projection results is described in section 4.4. In the projections results from the Stock Synthesis and JABBA models, some iterations were predicted with exceptionally small biomass ratios and extremely high F ratios indicating the potential for stock collapse. Thus, probability of biomass being less than 20% of the biomass that supports MSY was calculated for each projection year and catch scenario (**Table 21**). The probability increased with higher catch levels and in later projected years. The probabilities more than 1% or 10% were observed with the constant catch more than 110,000 t or 140,000 t, respectively. The highest probability was 23.3% with 150,000 t constant catch in 2033. It should be noted that the reference chosen, 20% of biomass that supports MSY, was selected for informational purposes and has not been adopted formally by the SCRS for tropical tunas.

The combined projections show that 120,000 t constant catch will maintain more than 50% probability of being in green quadrant by 2033 (**Figure 72** and **Table 22**: Kobe II matrix).

6. Recommendations

Management

Based on the 2019 stock assessment, the Atlantic yellowfin tuna stock biomass was estimated to be above the biomass that can support MSY on a continuing basis (not overfished; 1.17 B/B_{MSY} in 2018), and that the current fishing mortality was at or near the overfishing threshold (0.96 F/F_{MSY} in 2018). The Group noted that catch reports for 2018 were incomplete, with 42% of the estimated total catch being estimated using the average from the previous three years by CPC and gear type. Furthermore, no size data for 2018 were available at the time of the assessment. This may add uncertainty to the terminal year stock status estimates for 2018, and the Group

recommends that final SCRS advice take into consideration any difference between these current estimates and the reported 2018 catches available for the Plenary meeting.

Projections results indicated that catch levels at or below the 120,000 t were expected to maintain healthy stock biomass through 2033. However, the Group noted that the most recent catch estimates suggest that overall catches have exceeded 120,000 t every year since 2015, the Group expressed strong concern that such overages are expected to further degrade the condition of the yellowfin stock if they continue. Furthermore, given that significant overages continue to occur, existing conservation and management measures appear to be insufficient, and the Committee recommends that the Commission strengthen such measures.

The Commission should also be aware that increased harvests on small yellowfin, and the increased catches of bigeye tuna if such harvests are taken on FADs, could have negative consequences to both long-term sustainable yield and stock status. Should the Commission wish to increase long-term sustainable yield, the Committee continues to recommend that effective measures be found to reduce fishing mortality on small yellowfin and bigeye tuna (e.g. FAD-related and other fishing mortality of small yellowfin tuna).

Research and Statistics

- A number of issues related to discards from the longline fleets of Chinese Taipei, ongoing practices and their impact on the joint longline index were discussed during the assessment meeting. **The Group recommended that the potential impact associated with discards in the joint longline index be further investigated and revisions made as were done for the BET stock assessment.**
- In 2018 there was no funding provided to carry out work on yellowfin tuna MSE in 2019. However, if MSE is going to be used to provide advice on tropical tunas in 2022 it is time to reactivate the process. **The Group recommended that the MSE workplan be revised and requests funding to continue the process.** It was also suggested that other sources of funding for work be explored as well.
- **The Group recommended evaluation of approaches to improve the estimates of M, and to develop uncertainty grids that consider the correlations between key biological parameters for example, M and steepness so that biologically implausible combinations can be identified and eliminated.**
- **The Group recommended increasing the sampling and ageing of small (≤ 65 SFL, particularly < 30 cm SFL) yellowfin using daily ring counts and otolith weight to better understand the dynamics of growth for earlier years, and the apparent slow initial growth/two-stanza pattern.**
- **The Group recommended that Venezuela scientist and the Secretariat review the size data for 2006 and other years as outliers were identified for this particular year in several fleets.**
- **The Group recommended that the Venezuela catch and effort data from the longline fisheries should be included, if possible, in the next development of a multi-national joint LL CPUE index.**
- As presentations are an increasingly important part of the SCRS meetings, the Group request that the SCRS discuss possible changes to the process used to manage and storage such presentations during the plenary meeting to:
 - improve the ability of scientists to access such material in the future
 - properly reference the material presented
 - make it clear to presentation authors whether material can or cannot be cited in ICCAT reports
- **It was recommended that the Ghanaian scientists provide a review of the data available through the EMS project, comparing those data with the data coming from at-sea observers and port samplers to the SCRS.**

7. Other matters

The ICCAT Secretariat provided a summary of the active requests from the Commission regarding tropical tunas (**Appendix 5**). During the meeting, information was presented, and discussions ensued related to two of these requests. The following text is a summary of these discussions and is intended to help the Group develop the responses during the September meeting of the species group.

Evaluate the efficacy of the area/time closure referred to in paragraph 13 for the reduction of catches of tropical tuna juveniles. Rec. 16-01, paragraph 15

In 2018, the SCRS recommended that the efficacy of longer and larger closures should be evaluated.

SCRS/2019/107 presents an alternative approach to manage purse seine fisheries for tropical tuna stocks, which uses fisheries closures instead of catch limits for the purse seine fishery. The length of the closures is estimated according to an expected reduction in catch, through a model that uses fisheries data and inputs from the latest assessments of tropical tuna stocks. The proposal is to set two closures to achieve the reduction in activity that is sought, allowing that each fishing unit selects the closure during which it will remain in port, so as to not compromise supply to the market. The approach is similar to the one used at the IATTC, which has proved successful over many years.

It is proposed that full closures are more efficient than TACs, or time-area closures, because: they are fully inclusive in terms of the fishing units and stocks covered (target and bycatch); do not lead to catch misreporting; and are not undermined by changes in targeting or selectivity through effort redistribution or changes in gear configuration or fishing mode. The authors hypothesize that they will be more effective in achieving the targets set by the Commission than stock-based TACs, which have been exceeded for several years in both the ICCAT and IOTC.

The model includes a tool that can express the reduction sought in terms of the number of days of closure required and the number of closures that could be implemented to achieve that target. In addition, the model is multi-species and can be set to achieve targets for both target and bycatch stocks, preventing the detrimental effects that TACs set on individual stocks may have on multi-species fisheries.

During the discussion, it was noted that in SCRS/2019/107 the catches of immature/mature fish by fishing mode estimated by the model for bigeye did not reflect the values calculated from the present fisheries.

The authors pointed out that the purpose of the analysis presented was to demonstrate the tool and to show how achievement of any goal expressed as a percent reduction in catch of immature/mature fish could be evaluated with such tool. The authors intend to modify input values to be more in line with current estimates for the Atlantic fisheries and present the new analysis at the next SCRS plenary.

Various points were discussed regarding the model assumptions in relation to the effort pattern during the open fishing periods. The authors assumed that there was little chance for effort to increase in the open period. Arguments were made that current purse seine operations are already very efficient and there is little room for vessels to increase their efficiency by shortening their periods when they are landing or by timing their maintenance and refit to the closure period. One of the constraints for the latter is the fact that there are limited sites available for vessel maintenance. However, it was noted, that in the case of the IATTC closure at least one fleet was able to increase effort by increasing efficiency and redistributing maintenance to the closed period.

Another question was whether there would be some chance of effort redistribution of purse seine to other oceans (Pacific and/or Indian) during such closures. The perception from authors was that this would be unlikely given the length of closures considered. In the Pacific, such effort distribution from the East to the Central Pacific is constrained by the lack of fishing opportunities provided by PNA countries to access their waters. Most tRFMOs have capacity restrictions that could limit such movement of seiners. Clearly, it is difficult to predict what effects new Atlantic closures may have on trans-oceanic movement of purse seine effort. All tRFMOs should be aware of such possible effects when they make the decisions of imposing new lengthy closures and consider strengthening capacity constraints to such movement.

Part of why catches exceeded TACs in recent times was CPCs exercising their rights to develop purse seine fleets. It was questioned whether closures would affect such pattern or not in the future. The authors responded that the incentive to enter the fishery or increase the catch of new/recent entrants would remain, however, new entrants would have to accept that they would be subject to the closures as well.

The authors also made the point that such closures would have to be reviewed continuously and the allocation of open days should be changed in response to the condition of the stock(s). It was pointed out that the analysis assumes the closures do not impact the potential CPUE in the open period, but such assumption may not be correct. It is possible that the accumulation of biomass during the closures could lead to increases in CPUE once the area is re-opened. It was discussed that seasonal closures in the IATTC have not shown any evidence of substantial increases in CPUE after the opening, although it needs to be noted that IATTC vessels can choose which closure to abide with. Therefore fishing effort never goes to zero during closures, it is only reduced.

One important point made was that closures without some measure of capacity constraints are unlikely to be beneficial in term of economics. It was understood that the closure will also be applied to supply vessels. In the IATTC effort capacity is adjusted with a multiplier that is calculated every year and links the number of fishing days of the closure to the state of stocks. A possible mechanism to control capacity may be requiring CPCs to inform ICCAT of any proposed increase in the number of fishing vessels with enough time so that the allowable days of opening could be recalculated. These closures should have benefits in terms of reductions in bycatch because it is expected that they will reduce overall purse seine effort.

It was noted, that the current system of stock-specific TACs constrains fleets for which the species under a TAC may not be the primary objective but rather a bycatch. Recently, small-scale fleets from some CPCs have had to stop fishing because the national BET catch limit was reached, when in fact BET was not their primary target. Another limitation of the current system is that it requires real time monitoring of catch so as not to exceed quotas. Such monitoring is not always effective, furthermore when it relies on the monitoring of species composition at the landing place, a challenging endeavor.

The Group discussed the fact that such closures can assist in achieving a TAC. The Group agreed that this analysis was informative and that it should be transmitted to the SCRS for their consideration in the September meeting.

Provide performance indicators for skipjack, bigeye and yellowfin tuna, with the perspective to develop management strategy evaluations for tropical tunas. Rec. 16-01, paragraph 49 (b)

Phase one of a research project in support of the MSE process on tropical tunas was completed in 2018 (Merino *et al.*, 2018) but no further funding was provided for phases two and three. Phase one included:

- Workplan development
- Initiate design and implementation of MSE
- Participate in workshops
 - Bigeye stock assessment (16-20 July, Pasaia)
 - Panel 1 (23-25 July Bilbao)
 - SCRS species (26-28 September, Madrid)
 - Specific MSE workshop (December, Pasaia)
- Liaise with ICCAT experts for stock assessment methods, uncertainties, data formats etc.

The preliminary workplan developed for phases two and three include:

- Develop stock synthesis for eastern SKJ
- Condition OMs
- Develop Observation Error Model
- Identify candidate MPs
- Performance statistics
- Simulations
- Evaluation of MPs
- Summary and presentation of results
- Dissemination to SCRS, WGs, Panel 1 and Commission at request

- Peer review publication of results

The Group reviewed a proposal (**Figure 73**) for activities for phases two and three in order to be ready to implement the project. The initial estimate of such activities is of €250,000. Phase two and three of such project would be completed during 2020 and 2021.

The Group discussed the importance of considering these activities given: the need to maintain the momentum of progress on MSE for tropical tunas and take advantage that 2019 is the beginning of a new budget cycle for ICCAT. Furthermore, the SCRS plans to conduct an assessment of skipjack tuna in 2020, so it would be appropriate to work on MSE in 2020 and 2021 to be in a position to provide advice on MSE to the Commission by 2022. It was pointed out that the proposed budget supports the technical and scientific work related to MSE, and although input from stakeholders is an important part of the process, this proposed budget does not provide support for such activities. It was noted that the FAO ABNJ tuna project and some other funding agencies are in the process of developing activities in support of broader capacity building related to MSE.

The Group recommended that this proposed list of activities and associated budget be considered by the SCRS to be passed to the Commission when needed. The Group was reminded of the benefits of continued Commission discussions regarding operational management objectives for tropical tunas. The more specific these objectives are the easier it will be for the MSE technical group to develop and calculate performance indicators within the MSE. To that end, the calendar and proposed workplan should explicitly indicate that input from the Commission is expected.

8. Adoption of the report and closure

The major part of the report was adopted during the meeting, sections 4.4, 5.3 and 5.4 are pending for adoption. The Group agreed to adopt these sections by correspondence by 2 September 2019. Dr Cass-Calay thanked the Ministry of Fisheries of Côte d'Ivoire for hosting and their logistic and technical support to the meeting as well their attentions and social gatherings provided of the Group. The meeting was adjourned.

References

- Anon. 2019. Report of the 2019 ICCAT yellowfin tuna data preparatory meeting. Madrid, Spain, 22-26 April 2019.
- Diaha, N.C., Zudaire, I., Chassot, E., Barrigah, D.B., Irie, Y.D., Gbeazere, D.A., Kouadio, D., Pecoraro, C., Romeo, M.U., Murua, H., Amande, M.J., Dewals, P., and Bodin, N. 2016. Annual monitoring of reproductive traits of female yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(2):534-548.
- Francis R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can. J. Fish. Aqu. Sci. 68:1124-1138.
- Gascuel, D., Fonteneau, A. and Capisano, C. 1992. Modélisation d'une croissance en deux stances chez l'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique est. Aquatic Living Resources, 5(3), 155-172
- Hoyle S.D., Laretta M., Lee M.K., Matsumoto T., Sant'Ana R., and Yokoi H. 2019. Collaborative study of yellowfin tuna CPUE from multiple Atlantic Ocean longline fleets in 2019. SCRS/2019/081.
- Kell L., Kimoto A., Kitakado T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research 183: 119-127.
- Lorenzen K. 2005. Population dynamics and potential of fisheries stock enhancement: practical theory for assessment and policy analysis. Phil. Trans. R. Soc. B. 360:171-189.
- Merino G., Urtizberea A., Garcia D., Santiago J., Murua H. Harford W. Walter J. Jr. III and Gaertner D. 2018. Final report of the first phase of the project: Modelling approaches: support to ICCAT tropical tunas MSE process. AZTI Technalia, unpublished report.
- Methot Jr, R.D. and Wetzel, C.R., 2013. Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fisheries Research, 142, pp.86-99.
- Method Jr. R.D. and Taylor, I.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 68(10): 1744-1760.
- Winker, H.; Kerwath, S.; Bruyn, P. 2018. Developing surplus production model priors from a multivariate life history prediction model for IOTC billfish assessments with limited biological information. IOTC-2018-WPB16-14_Rev1.

RAPPORT DE LA RÉUNION DE 2019 DE L'ICCAT D'ÉVALUATION DU STOCK D'ALBACORE

(Grand-Bassam, Côte d'Ivoire, 8-16 juillet 2019)

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

La réunion a été tenue à *Afrikland Hotel*, à Grand-Bassam (Côte d'Ivoire), du 8 au 16 juillet 2019. La Dre Shannon Cass-Calay (États-Unis), rapporteuse du Groupe d'espèces sur les thonidés tropicaux (« le Groupe ») et Présidente de la réunion, a ouvert la réunion et a souhaité la bienvenue aux participants. Le Dr Justin Amande et le Professeur Datté J. Yao (Côte d'Ivoire) ont souhaité la bienvenue aux participants et ont souligné l'importance des travaux à développer par le Groupe en vue de la préparation de la formulation de l'avis de gestion à la Commission. À l'ouverture des travaux, l'inspecteur général, le Dr Diawara Siriman, représentant le ministre des Ressources animales et halieutiques, a précisé que la santé de l'industrie thonière en Côte d'Ivoire, fleuron de l'industrie halieutique, est primordiale car le ravitaillement des entreprises thonières du pays en dépend. Le Groupe a remercié le ministère des Ressources animales et halieutiques, le personnel d'appui et les scientifiques de Côte d'Ivoire d'accueillir si aimablement la réunion et d'avoir pris toutes les dispositions logistiques nécessaires au bon déroulement de la réunion. La Présidente a passé en revue l'ordre du jour qui a été adopté avec des modifications (**appendice 1**).

La liste des participants se trouve à l'**appendice 2**. La liste des documents présentés à 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>
Point 1	M. Ortiz,
Point 2	S. Cass-Calay, M. Ortiz, L. Ailloud
Point 3	L. Ailloud, A. Kimoto, S. Cass-Calay, M. Ortiz
Point 4	A. Kimoto, D. Die, C. Brown
Point 5	A. Kimoto,
Point 6	S. Cass-Calay, G. Melvin, D. Die
Point 7	S. Cass-Calay, D. Die
Point 8	M. Ortiz

Les personnes suivantes ont assumé les fonctions de modélisateurs de l'évaluation :

<i>Modèle</i>	<i>Modélisateurs</i>
Stock Synthèse	J. Walter, A. Kimoto, K. Sato, T. Matsumoto, H. Yokio, H. Winker
JABBA	R. Sant'Ana
MPB	G. Merino

2. Résumé des données disponibles pour l'évaluation

2.1 Biologie

Une présentation a été faite (SCRS/P/2019/037) concernant la composition par âge de l'albacore capturé dans l'île de l'Ascension. Des albacores de grande taille ont souvent été observés. Les captures (n = 341) ont été effectuées à la canne, au moulinet et au harpon entre 2014 et 2017. Des spécimens de 50 à 192 cm et de 0 à 18 ans ont été observés (**figure 1**). Des signes de croissance sexuellement dimorphe ont également été notés (**figure 2**).

Le Groupe a déterminé que l'âge maximal d'albacore observé dans cette étude (18 ans) était cohérent avec une étude antérieure réalisée dans le golfe du Mexique et la côte atlantique est des États-Unis (SCRS/2019/025), ce qui confirme le passage de l'âge maximal = 11 à l'âge maximal = 18 qui avait été recommandé lors de la réunion de préparation des données. En outre, cette étude confirme également que des spécimens âgés de 18 ans sont présents en dehors du littoral des États-Unis et plus près des zones où la pression de la pêche est plus élevée (par exemple, dans le golfe de Guinée).

Le Groupe s'est penché sur les observations de taille par âge disponibles provenant de l'île de l'Ascension, des États-Unis et d'Afrique du Sud, et a noté que la variabilité de la taille par âge des jeunes poissons semblait plus importante que la variabilité de la taille par âge des poissons plus âgés (**figure 3**). Le Groupe a suggéré que la variabilité inhabituelle de la taille par âge des jeunes poissons pourrait être le produit de l'attribution de la date de naissance. Par exemple, dans l'étude américaine, la date de naissance est supposée être le 1er juillet, mais l'albacore né en dehors des eaux américaines peut avoir été échantillonné dans l'étude américaine. La véritable date de naissance de ces poissons pourrait être bien antérieure, ce qui entraînerait une erreur d'attribution de l'âge. Des erreurs peuvent également survenir du fait de la longue période de frai, de sorte qu'un poisson né au début de la saison de frai apparaîtrait beaucoup plus grand à l'âge attribué qu'un poisson né plus tard au cours de la même saison de frai. Une date de naissance présumée n'a pas été appliquée aux données de l'île de l'Ascension. Par conséquent, les âges de cette étude sont déterminés simplement sur la base du nombre d'anneaux observés et aucun ajustement n'a été réalisé pour tenir compte de la date de naissance.

Le Groupe a également observé que des études menées dans diverses régions (Afrique du Sud, États-Unis, île de l'Ascension) suggéraient des schémas de croissance dissemblables (**figure 3**), mais il a noté que cela pourrait être dû à la sélectivité différentielle de la pêche. Le Groupe a également indiqué que la composition par taille des données de l'île d'Ascension présentait une forte bimodalité et que ces données incluaient des poissons plus âgés, plus grands en moyenne que ceux échantillonnés dans d'autres régions. Le Groupe a conclu que la bimodalité était due à l'utilisation de deux types de matériel d'échantillonnage (canne et moulinet, et harpon). Le Groupe a également conclu que la plupart des poissons les plus grands ont été capturés par des pêcheurs au harpon, qui ciblent souvent les plus grands poissons à des fins sportives. Si ce ciblage crée un biais en faveur de poissons de plus grande taille par âge, cela pourrait expliquer les différences observées entre les données des États-Unis et celles de l'île de l'Ascension.

Le Groupe a convenu que le jeu de données de l'île de l'Ascension était approprié pour les évaluations de stock structurées par âge (Stock Synthèse, par exemple), mais a recommandé d'ajuster l'attribution des âges pour le jeu de données de l'île de l'Ascension pour prendre en compte la date de naissance afin d'optimiser la comparabilité des jeux de données. Malheureusement, les échantillons ne présentaient pas tous le type de bord, de sorte que l'ajustement n'a pas pu être effectué pendant la réunion. Si ces données sont fournies, l'ajustement peut être effectué. De plus, avec Stock Synthèse, les données de composition par âge doivent être attribuées à une flottille ou à une prospection. Le Groupe a noté que la structure actuelle de la flottille du modèle de Stock Synthèse n'incluait pas de flottille comparable à la pêche au harpon de l'île d'Ascension. Par conséquent, le Groupe a recommandé d'exclure les données de pêche au harpon des entrées du modèle Stock Synthèse. Le Groupe a convenu que l'on pourrait supposer que l'engin de la canne et moulinet présente une sélectivité similaire à celle des flottilles palangrières.

Informations de l'AOTTP

Le Groupe a souhaité obtenir un résumé des informations sur la croissance obtenues dans le cadre du Programme de marquage des thonidés tropicaux dans l'océan Atlantique (AOTTP). Deux analyses ont été présentées. La première analyse a été réalisée à partir de données d'albacore recapturés, mesurant entre 40 et 90 cm au moment de la remise à l'eau, avec une qualité de données de longueur « MEAS », ayant passé de 46 à 74 jours en mer. Un âge calculé selon l'équation de Von Bertalanffy ($L_{inf} = 155,7$; $k = 0,443$, $t_0 = 0,0148$) a été attribué aux poissons. L'âge a été calculé pour le point médian des tailles entre la remise à l'eau et la récupération. Afin de visualiser les données, 215 poissons des observations disponibles ont été sélectionnés de manière aléatoire (**figure 4**).

La deuxième analyse similaire (**figure 5**) a produit un graphique vectoriel des incréments de croissance des poissons mesurés lors de la récupération dans le cadre de l'AOTTP. L'âge relatif de chaque poisson au moment du marquage a été estimé à partir de la taille au moment du marquage en inversant les équations de croissance de von Bertalanffy (panneau supérieur) et de Richards (panneau inférieur) au moyen de paramètres estimés par Stock Synthèse. L'âge au moment de la récupération est alors considéré comme l'âge au moment du marquage plus le temps passé en liberté.

Les résultats indiquent que les poissons marqués remis à l'eau avec des tailles de moins de 65 cm ont tendance à croître plus lentement que l'équation de von Bertalanffy ($L_{inf} = 155,7$; $k = 0,443$, $t_0 = 0,0148$), tandis que les poissons de plus de 65 cm ont tendance à croître plus rapidement (**figure 4**). Les résultats suggèrent que la croissance de l'albacore est mieux estimée au moyen de la fonction de Richards qu'au moyen de la fonction de von Bertalanffy. Par conséquent, le Groupe a recommandé d'utiliser cette forme fonctionnelle dans les modèles structurés par âge (**figure 5b**).

2.2 Estimations des captures, de l'effort, des tailles et de la prise par taille (CAS)

Le Secrétariat a fait rapport sur les travaux intersessions réalisés conformément au plan de travail établi lors de la réunion de préparation des données. La prise nominale NC-tâche 1 a été mise à jour et fournie aux modélisateurs avant la réunion. La capture totale d'albacore (**tableau 1**) comprend les estimations des thonidés tropicaux du Ghana pour 2012-2018 (SCRS/2019/124), les données soumises par les CPC jusqu'au 26 juin 2019 et les captures estimées pour 2018. Les déclarations de captures des CPC de 2018 étaient incomplètes, ne représentant qu'environ 58% du total (**tableau 2**). Pour les CPC n'ayant pas déclaré de capture en 2018, la capture estimée d'albacore a été calculée comme étant la moyenne des trois années précédentes (2015-2017). Le **tableau 3** et la **figure 6** présentent les captures totales d'albacore de 1950-2018 par engin principal utilisées comme entrée des modèles d'évaluation des stocks.

La distribution des captures (CatDis) a également été estimée pour l'albacore en étendant la distribution afin qu'elle corresponde à la distribution de la flottille pour Stock Synthèse. Le **tableau 6** présente la structure de la flottille utilisée pour le modèle Stock Synthèse et le **tableau 4** montre la capture de chaque flottille estimée à partir de la méthode CatDis. Le Secrétariat a également fourni la composition des échantillons de tailles pour chaque identifiant de flottille sur la base des données de taille de la tâche 2. Le document SCRS/2019/66 fournit des détails et des méthodes permettant d'estimer les fréquences des échantillons de tailles entre 1968 et 2017 mais aucune information suffisante sur les tailles n'était disponible pour 2018. Au cours de la réunion, les analyses préliminaires et les diagnostics ont été utilisés pour corriger certaines informations relatives à la taille de la flottille. Voir la section 3.1.4 pour plus de détails. Lors de la réunion, il a été noté que les données de taille du Venezuela contenues dans la base de données de l'ICCAT pour les flottilles de senneurs et de canneurs de 2006 étaient incorrectes et qu'elles seront mises à jour après la réunion. Pour cette évaluation, les données de taille ont été exclues.

Le document SCRS/2019/124 présentait les estimations des captures totales de thonidés tropicaux du Ghana provenant des pêcheries de senneurs et de canneurs pour la période 2012-2018. Ces estimations incluaient les captures d'albacore, la composition par taille des captures (tâche 2) et la prise et l'effort des thonidés tropicaux (CE de la tâche 2). Les estimations reposent exclusivement sur la base de données AVDTH du Ghana, car il a été conclu que l'échantillonnage et la couverture des deux principales flottilles ghanéennes sont suffisants et appropriés pour estimer les captures totales, la composition des captures, la distribution par taille des captures et la distribution de la prise et de l'effort depuis 2012. Pour estimer la prise, la prise-effort et la composition de la capture du programme d'échantillonnage ghanéen, on a utilisé la composition par espèce et l'échantillonnage des tailles par flottille/navire, année, mois, engin, mode de pêche et grille 1x1 latitude-longitude. Les nouvelles estimations concernant l'albacore étaient en général plus basses que les estimations précédentes présentées pour l'évaluation du stock de thon obèse en 2018 (**figure 7**). Les différences résultaient de la méthode utilisée pour estimer la composition des captures. En 2018, les estimations étaient basées sur les données de composition de la flottille de l'UE et du Ghana, tandis qu'en 2019, seules les données d'échantillonnage du Ghana étaient utilisées.

La présentation SCRS/P/2019/039 a passé en revue les tendances de la pêche des senneurs, palangriers et canneurs vénézuéliens pour la période 1987-2018. La prise et l'effort de ces flottilles a connu une baisse par rapport au niveau record du début des années 90, descendant de 8.000 à 2.000 tonnes environ au cours des dernières années pour les trois principaux engins. Il a été noté que les principaux lieux de pêche sont la région des Caraïbes orientales, avec une certaine expansion dans la zone Guyane-Amazone au cours des années 2010 dans le cas de la flottille de pêche palangrière uniquement. La distribution par taille des captures d'albacore varie de 30 à 190 cm FL, les plus grands poissons étant capturés par la flottille palangrière et les poissons de petite et moyenne taille capturés par les flottilles de canneurs et de senneurs.

Le Groupe a noté que l'échantillonnage dans les trois flottilles est effectué par des observateurs qualifiés, l'échantillonnage des palangriers est réalisé par des observateurs à bord, tandis que celui des senneurs et des canneurs est effectué au port.

Le document SCRS/2019/100 a été présenté et concerne les pêcheries des îles Canaries de l'UE-Espagne pour la période 1975-2018. Lors de la réunion de préparation des données, le document SCRS/2019/076 contenant des informations similaires a été présenté et examiné par le Groupe. Le document SCRS/2019/100 n'a donc pas été examiné à la présente réunion.

2.3 Estimations de l'abondance relative

Trois documents décrivant les indicateurs d'abondance (CPUE) ont été soumis et avaient déjà été discutés lors de la réunion de préparation des données sur l'albacore en avril 2019. Les modifications apportées à ces documents avaient été recommandées par le Groupe. Par conséquent, ces documents ont été mis à disposition pendant la période intersessions pour examen et ont été présentés à la réunion mais n'ont pas été discutés en détail. Ces documents étaient les suivants :

- SCRS/2019/066 : Indice de l'albacore capturé sur bancs libres par la flottille de senneurs de l'UE (indice EUPSFS)
- SCRS/2019/075 : Indice de l'albacore juvénile calculé à partir de bouées d'échosondeur (indice BAI)
- SCRS/2019/122 : Indices régionaux d'abondance pour la palangre japonaise.

Deux nouvelles séries d'abondance ont été présentées au Groupe, résumant les séries de CPUE pour les pêcheries à la palangre du Venezuela et du Taipei chinois. Celles-ci sont décrites ci-dessous. La série révisée et la nouvelle série de CPUE sont résumées au **tableau 5** et à la **figure 8**.

Le document SCRS/2019/123 décrit un indice d'abondance relative standardisé pour la pêcherie à la palangre du Venezuela pour la période 1991-2018. L'indice a été estimé à l'aide de modèles linéaires généralisés et d'une approche delta log-normale. Deux sources de données ont été utilisées, le programme d'observateurs à bord de palangriers pélagiques du Venezuela (1991-2011) et le programme national d'observateurs (2012-2018). L'indice présentait des valeurs relativement constantes de 1992 à 2004, puis a atteint un maximum en 2007. Ensuite, l'indice a affiché une tendance à la baisse jusqu'en 2010, avant de rester stable à ce niveau (**figure 8**).

Le Groupe a examiné certains aspects techniques de la standardisation, notamment l'approche utilisée pour modéliser un certain nombre de termes d'interaction influents. Dans la standardisation actuelle, le Groupe a noté que les termes d'interaction annuelle étaient modélisés à l'aide d'effets fixes et a recommandé de les modéliser à l'aide d'effets aléatoires. De manière générale, l'ICCAT a recommandé l'utilisation d'effets aléatoires, car ils produisent des intervalles de confiance élargis susceptibles de mieux représenter l'incertitude scientifique. Cette modification du calcul de l'indice a été effectuée lors de la réunion et l'indice mis à jour est présenté à la **figure 9** et a été fourni à l'équipe de modélisation pour être utilisé dans des analyses de sensibilité. Le Groupe a également noté la présence de valeurs atypiques importantes dans la composante log-normale. Celles-ci n'avaient pas été supprimées car rien ne prouvait qu'elles étaient erronées.

Le Groupe a observé que les opérations de la flottille vénézuélienne se sont progressivement déplacées vers l'océan Atlantique, au large du plateau des Guyanes (**figure 10**) et a recommandé la création d'indices régionaux (les régions 1 à 3 utilisées pour l'indice conjoint) afin de mieux rendre compte du déplacement de la flottille au fil du temps.

Le document SCRS/2019/120 décrit l'élaboration d'indices d'abondance standardisés de la pêcherie palangrière hauturière du Taipei chinois pour la période 1967-2018. Les indices régionaux d'abondance de l'albacore ont été élaborés par période au moyen de modèles linéaires généralisés. La période entière (1967-2018) et trois périodes distinctes (1967-1989, 1990-2005 et 2006-2018) ont été examinées, avec des informations sur le type d'opération (c.-à-d. le nombre d'hameçons par panier, HPB) disponibles pour la dernière période. Les indices standardisés présentaient des tendances presque identiques entre la période complète et les périodes séparées. Cependant, les tendances ont varié d'une région à l'autre, en particulier depuis 2010, avec une augmentation pour l'océan Atlantique tropical occidental, mais une légère diminution dans les eaux tropicales orientales (**figure 11**).

Le Groupe a observé que l'étendue spatiale de cette pêcherie est vaste et que l'effort et les CPUE nominales se sont déplacés d'une zone à l'autre (**figures 12 et 13**), en grande partie en raison de changement d'espèce-cible (**figure 14**). L'auteur a également noté que l'augmentation substantielle de la CPUE standardisée au milieu des années 2000 pourrait être imputable aux réglementations de l'ICCAT visant à limiter les captures de thon obèse, et dès lors certains pêcheurs ont commencé à cibler l'albacore (Sun et al. 2014). Le Groupe a également noté que la composition des tailles de la pêcherie à la palangre du Taipei chinois avait considérablement changé, ce qui pourrait être dû en partie à une modification du ciblage et d'autres stratégies de pêche en raison de la réglementation imposée pour limiter la capture de thon obèse.

Étant donné que l'indice conjoint palangrier (SCRS/2019/081) incluait déjà les données de niveau opérationnel des flottilles palangrières du Taipei chinois, le Groupe avait recommandé l'utilisation des indices conjoints dans les modèles d'évaluation des stocks, plutôt que les indices développés uniquement à partir des données du Taipei chinois.

En raison de changements du ciblage, de la réglementation et de la déclaration, le Groupe a exprimé certaines préoccupations quant à l'utilisation des données du Taipei chinois pour élaborer l'indice de CPUE palangrier conjoint. Des données ont été présentées indiquant un éventuel rejet sélectif de la part des flottilles palangrières du Taipei chinois après 2004. Cette date correspond à une modification de la réglementation nationale et l'intervenant a noté que la modification observée de la taille moyenne des poissons pourrait être due aux rejets. Le Groupe a noté que les rejets ne sont pas inclus dans les carnets de pêche et que cela pourrait compliquer la standardisation de l'indice conjoint. Par exemple, il pourrait y avoir des problèmes si le taux de rejet change avec le temps, et la sélectivité de l'indice pourrait être biaisée.

Le Groupe a demandé à l'auteur d'apporter des précisions quant aux informations utilisées pour élaborer l'indice conjoint. L'auteur a répondu à cette demande et, à l'issue d'un débat, le Groupe a décidé d'utiliser les indices conjoints de CPUE, comme cela avait été recommandé lors de la réunion de préparation des données. Toutefois, l'impact potentiel des rejets sur l'indice palangrier conjoint devrait faire l'objet d'une étude plus approfondie.

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

3.1 Stock Synthèse

3.1.1 Configuration du modèle et données d'entrée

Une évaluation initiale du stock d'albacore de l'Atlantique au moyen de Stock Synthesis 3.3 (Methot et Wetzel, 2013) a été réalisée avant la session d'évaluation du stock d'albacore de 2019, comme convenu lors de la réunion de préparation des données sur l'albacore de 2019. Les postulats complets et les entrées de données du modèle sont décrits dans le SCRS/2019/121. Les entrées du modèle ont été discutées dans le détail à la réunion de 2019 de préparation des données sur le thon obèse (Anon., 2019).

Les postulats et configurations clés du modèle de référence préliminaire initial sont présentés ci-dessous. Le modèle de référence préliminaire a été élaboré avec quatre saisons et un cadre s'étalant de 1950 à 2017. Les flottilles ont été scindées afin de représenter des zones de pêche homogènes. Toutefois, ce modèle n'inclut pas de mouvement explicite entre les zones et fonctionne donc comme un modèle non spatial à une zone. Le modèle commence en 1950 et postule que le stock démarre dans des conditions vierges ou presque vierges.

3.1.2 Mortalité naturelle

La mortalité naturelle (M) a été paramétrée par âge en appliquant la méthode de Lorenzen (2005) en l'échelonnant à la courbe de croissance (section 3.1.3). Cela a été effectué à l'intérieur du modèle pour s'aligner sur le traitement de la croissance dans le modèle en postulant une valeur de mortalité naturelle de 0,35 attribuée à l'âge 5 (niveau de référence de M), conformément à l'estimateur de M de la méthode de Then et al. (2017) et en postulant un âge maximum de 18 ans. Ce traitement diffère de l'évaluation de 2016 où la croissance avait été échelonnée de manière externe avec un niveau de référence de M = 0,55 basé sur un âge maximum de 11 ans et échelonné en fonction de la taille par âge de Gascuel et al (1992). Le vecteur M par âge obtenu est défini ci-dessous :

Âge	Âge 0	Âge 1	Âge 2	Âge 3	Âge 4	Âge 5	Âge 6	Âge 7	Âge 8	Age 9+
M	1,3	0,66	0,48	0,4	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33

La mortalité naturelle a été initialement incluse dans la grille d'incertitude, et lors de la réunion de préparation des données, deux valeurs alternatives, vecteur M inférieur et supérieur, ont été proposées (Anon 2019). Cependant, ces valeurs étaient considérées très basses et élevées pour la dynamique de la biologie de l'albacore et, au cours de la réunion, le Groupe a limité cette gamme à des valeurs de 20% supérieures et inférieures au niveau de référence de M (0,28 et 0,42, respectivement). Néanmoins, ces valeurs plus extrêmes de M ont été éliminées de la grille d'incertitude finale du modèle Stock Synthèse parce que le scénario de M faible présentait des résultats diagnostiques médiocres et que le scénario de M élevé produisait des estimations du modèle non compatibles avec la biologie connue (c'est-à-dire l'âge maximum) de l'albacore. L'utilisation difficile des valeurs faible et élevée de M pourrait être due en partie au fait que les pentes (h) et M ont été fixées dans Stock Synthèse. Le Groupe a décidé de n'utiliser que la valeur de référence de M (0,35) et a recommandé de poursuivre les analyses afin de déterminer une gamme appropriée de valeurs de M basée sur des analyses de simulation et d'autres informations biologiques. Un profil de probabilité de M suggérait que toutes les valeurs de M supérieures à 0,35 sont également probables.

3.1.3 Croissance, relations morphométriques et reproduction

Suite à une évaluation de la croissance de l'albacore recapturé par l'AOTTP (section 2.1), le Groupe a choisi d'utiliser une forme de fonction Richards pour le modèle de croissance mais a décidé de fixer les paramètres aux valeurs estimées en interne par Stock Synthèse en utilisant les données d'âge US/GOM. Les paramètres ont été fixés pour éviter d'introduire une instabilité supplémentaire dans le modèle. Le poids de l'albacore de l'Atlantique en kilogrammes a été estimé à partir de la longueur droite à la fourche en centimètres :

$$W_L = (2,1527 \times 10^{-5}) SFL^{2,976} \quad (\text{Caverivière, 1976})$$

La fécondité a été modélisée comme fonction directe du poids corporel de la femelle. La maturité à long terme est basée sur Diaha *et al.* (2016), avec 50% de maturité à 115 cm SFL. On a supposé que le sex ratio était de 50:50 mâles-femelles. La date de naissance a été ajustée au 1er mois de chaque saison (janvier, avril, juillet, octobre).

La croissance de l'albacore a été estimée à l'aide d'un échantillonnage récent d'otolithes (GOM/Côte Est des États-Unis), qui comprenait une validation de l'âge fondée sur des techniques de carbone radioactif (voir la section 2.1 de Anon. 2019 pour plus de détails). Une différence majeure dans l'information biologique est la nouvelle hypothèse d'âge maximum de 18 ans pour l'albacore de l'Atlantique, par rapport aux hypothèses des évaluations précédentes où l'âge maximum était de 11 ans. Cela a des implications importantes pour l'estimation de la mortalité naturelle. La croissance a été estimée en interne dans Stock Synthèse à l'aide des données sur l'âge de US/GOM, en supposant un modèle de croissance Richards et une taille donnée à une taille minimale d'échantillonnage de l'âge (0,38 an) de 25 cm SFL.

En ce qui concerne l'utilisation des données d'âge pour l'âge conditionnel par taille, le Groupe a d'abord privilégié son utilisation dans Stock Synthèse, mais les diagnostics du modèle étaient médiocres. Une courbe de croissance transversal appliquée aux données sur l'âge a estimé Z à 0,45. Le Groupe a considéré que le Z des gros poissons trouvés dans le GOM et au large de l'Est des États-Unis pourrait être inférieur et peut-être pas représentatif de la majeure partie de la population exploitée. Le Groupe a donc choisi de ne pas utiliser les données d'âge pour l'âge conditionnel par taille.

3.1.4 Structure de la flottille

Pour l'évaluation de 2019, le modèle a utilisé 25 flottilles différentes (**tableau 6**). La structure de la flottille était à peu près la même qu'en 2016, à quelques exceptions près. Tout d'abord, une nouvelle flottille a été affectée à la nouvelle pêcherie à la ligne à main au large du Nord du Brésil. Ensuite, les zones-flottilles palangrières ont été ajustées pour coïncider avec les zones géographiques de l'indice palangrier conjoint (SCRS/2019/121, **figure 2**). Ce changement s'applique à la fois aux données sur les prises par zone/par flottille et à l'information sur la taille.

Au cours de la réunion, un examen plus détaillé de la composition par taille de chaque flottille et les commentaires des scientifiques qui connaissent bien les pêcheries ont fait ressortir la nécessité de restructurer certaines flottilles. Ces changements incluent :

1. Flottille 11_GhanaBB_PS : Le Groupe a décidé d'imposer quatre blocs temporels de sélectivité : 1981-1987 (BB et PS mixtes), 1988-1995 (principalement BB), 1996-2018 (BB mixtes et PS croissants) et avant 1981, la sélectivité correspondra à celle estimée pour 1988-1995 (principalement BB). Pour le bloc temporel 1996-2018 le plus récent, le Groupe a recommandé de supprimer les données sur la composition par taille de 1996 à 2008 (boîte bleue de la **figure 15**) lorsque l'échantillonnage pour la pêcherie de senneurs en expansion était incomplet et probablement non représentatif. Ces décisions étaient fondées sur l'évaluation des intrants de la composition de la longueur (**figure 15**) et sur l'évolution de la fraction relative des prises débarquées par BB par opposition à PS (**figure 16**).
2. Flottille 12_BB_zone2_SDakar : Le Groupe a noté une augmentation du nombre de gros poissons dans la composition de la taille de la flottille au cours de la dernière décennie (**figure 17**, ces dernières années) et après inspection des données, il a constaté que cette augmentation était causée par la pêcherie à la ligne à main sud-africaine qui vise des poissons beaucoup plus gros que les autres canneurs. Il a donc été décidé de transférer les données de capture et de longueur de la ligne à main de l'Afrique du Sud de la flottille 12_BB_zone2_Sdak à la flottille 25_OTH_OTH.

3. Flottille 13_BB_DAKAR_62_80 et Flottille 14_BB_DAKAR_81+ : des valeurs clairement atypiques étaient présentes dans les données de taille des canneurs du Venezuela (particulièrement en 2006). Le Groupe a décidé de retirer toutes les données de taille des canneurs du Venezuela en attendant une évaluation plus approfondie de ces registres.
4. Flottille 24_PS_WEST : Cette flottille comprenait les senneurs US et vénézuéliens. Etant donné que la majorité des prises des senneurs US avant 1990 ont eu lieu dans l'Atlantique tropical oriental, le Groupe a proposé de transférer les données américaines de capture et de taille antérieures à 1990 de la flottille 24_PS_WEST à la flottille 1_PS_ESFR2_6585 et la flottille 2_PS_ESFR2_8690. Comme pour les canneurs, des valeurs clairement atypiques étaient présentes dans les données de taille de 2006 des senneurs du Venezuela. Compte tenu du peu de temps disponible pour évaluer le problème, il a été décidé de supprimer les données de taille des senneurs vénézuéliens pour 2006. Le scientifique vénézuélien a confirmé que sa soumission originale pour 2006 par canneur et senneur était correcte, le Groupe a recommandé de vérifier et de réviser la base de données de l'ICCAT.
5. Flottille 25_OTH_OTH : La composition par taille de la ligne à main (HL) du Cabo Verde (initialement assignée à la Flottille 25_OTH_OTH) était similaire à celle des canneurs du Cabo Verde (incluse dans la Flottille 14_BB_DAKAR_81_18). Le Groupe a donc décidé de transférer les données de capture et de longueur de HL du Cabo Verde de la flottille 25_OTH_OTH (ligne verte de la **figure 18**) à la Flottille 14_BB_DAKAR_81_18. Étant donné que cette flottille est une flottille "de toute capture", la sélectivité n'est pas bien définie et il y a un risque que le modèle interprète la hausse occasionnelle des prises de poissons de 50 cm comme des recrutements importants alors qu'en fait la présence de ces poissons est très probablement liée à des changements internes dans la dynamique des flottilles et la disponibilité locale. Le Groupe a donc recommandé de pondérer à la baisse l'influence de ces données en utilisant un lambda beaucoup plus faible (0,001).
6. Flottille 17_Japan_LL_TRO et flottille 20_Other_LL_TRO : Ces flottilles présentent une variation de la taille moyenne selon l'âge et le temps. Le Groupe a examiné la possibilité que ces changements de sélectivité puissent résulter d'une augmentation des rejets ou d'une modification de la composition de la flottille. Des blocs temporels ont été proposés sur la base des graphiques d'influence de Hoyle *et al* (2019) qui indiquent un changement substantiel dans la composition de la flottille, probablement associé aux changements observés dans la sélectivité. Les blocs temporels sur la sélectivité seront les suivants : 1950-1979 (premières opérations en eaux peu profondes), 1980-1991 (transition vers des opérations en eaux plus profondes et ciblage du BET), 1992-2004 (opérations en eaux profondes) et entre 2005-2018 pour coïncider avec le changement apparent de sélectivité pour cibler des BET plus gros. Les données de composition par taille de la pêcherie palangrière du Taipei chinois ont été supprimées de 2005 à 2018 en raison de difficultés d'interprétation de la taille moyenne croissante (voir section 2.3).
7. Flottille 22_HL_Braz_N : L'absence de données sur la composition par taille pour la pêcherie HL du Brésil signifie que la sélectivité est mal informée. Le Groupe a choisi d'estimer la sélectivité du HL du Brésil en utilisant des distributions a priori dérivées des estimations de marquage de l'AOTTP au lieu de calquer celle de la flottille 14_BB_DAKAR_81_18. Les données sur la composition par taille pour 1994 (dominées par les gros poissons) ont été supprimées.

Ces changements ont permis de mieux prédire les longueurs moyennes et d'améliorer les valeurs résiduelles de Pearson de l'ajustement à la composition par taille.

3.1.5 Données d'entrée de l'indice d'abondance

L'un des progrès majeurs de cette évaluation a été l'élaboration d'un indice palangrier conjoint utilisant des informations à haute résolution sur les prises et l'effort des principales flottilles palangrières opérant dans l'Atlantique (Japon, Etats-Unis, Brésil, Corée et Taipei chinois). L'indice a été élaboré pour trois régions : l'Atlantique Nord, la zone tropicale et l'Atlantique Sud sur la base de la distribution par taille des captures pour ces flottilles. Cet indice a été lié aux données sur la composition par taille de la flottille palangrière japonaise pour estimer la sélectivité, car cette flottille représente la majorité de la composition par taille dans la région 2 après la suppression des données sur le Taipei chinois de 2005 à 2018 et parce qu'elle a eu un échantillonnage de taille constante. Un indice a été utilisé dans le scénario de référence initial de Stock Synthèse, l'indice conjoint LL de la région 2 (SCRS/2019/121). Trois blocs temporels (section 3.1.4) ont été appliqués à la sélectivité supposée pour cet indice afin de tenir compte des changements dans le ciblage du thon obèse. Pour obtenir la variance

interannuelle de l'indice conjoint, la moyenne géométrique de chaque CV saisonnier a été obtenue et utilisée comme entrée pour l'indice annuel. Les indices ont été saisis en tant que valeurs annuelles.

L'indice associé aux bouées (BAI) a été modélisé comme étant lié aux flottilles saisonnières respectives de senneurs travaillant sous DCP, ce qui a amélioré l'ajustement à l'indice. L'indice EUPSFS a été lié à la saison 1 PS UE FSC 91 d'où provient une grande partie des prises. Les indices ont été saisis sous forme d'indices annuels, à l'exception de l'indice BAI qui a conservé ses données saisonnières, avec un CV moyen de 0,2 pour les indices LL et de 0,3 pour les indices BAI et EUPSFS, mais ont pu varier avec la variabilité interannuelle de l'erreur-type estimée de l'indice.

Le diagnostic rétrospectif indiquait de meilleures prévisions de la tendance des CPUE lorsque le modèle incluait tous les indices d'abondance.

3.1.6 Composition des longueurs

Les données sur la composition par taille ont été initialement traitées par le Secrétariat (SCRS/P/2018/46) pour éliminer les valeurs atypiques et pour obtenir une structure de flottilles généralement homogène. Après l'élimination des valeurs atypiques, il ne restait plus aucun poisson de plus de 220 cm dans le jeu de données. Les données sur la composition par taille ont été estimées selon la même structure de flottille que celle décrite (section 3.2.4) et ont été mises à jour au cours de la réunion pour tenir compte également des changements décrits dans le présent document en matière de restructuration de la flottille.

La composition par taille a été saisie avec une taille d'échantillon initiale égale à $\ln(N)$ pour diminuer le poids de plusieurs échantillons au sein d'une combinaison de flottille, saison et année. Les résultats préliminaires indiquaient que les données sur la composition par taille ont une grande influence sur l'ajustement du modèle et les résultats. Au cours de la réunion, la réduction de la composition par taille à $0,5 * \ln(N)$ a donné des résultats similaires, mais a montré une amélioration dans les ajustements et les résultats des tests diagnostiques. Ainsi, un λ de $0,5 * \ln(N)$ a été utilisé pour pondérer les données de composition par taille dans tous les scénarios acceptés.

3.1.7 Paramétrage du recrutement des stocks

On a postulé une relation stock-recrutement de Beverton-Holt pour modéliser le nombre de recrues en tant que fonction de la biomasse du stock reproducteur. Le recrutement vierge (R_0) a été librement estimé et la steepness (h) a été fixée à une valeur de 0,8 pour le modèle de référence préliminaire et à 0,9 pour la grille d'incertitude. Le profilage de la steepness a indiqué que les informations fournies dans les données étaient insuffisantes pour l'estimer librement. La variation annuelle du recrutement (SigmaR) a été estimée dans les modèles Stock Synthèse sur la base d'un profil de vraisemblance qui étayait l'estimation. Le recrutement annuel total estimé a été réparti sur les quatre saisons en fonction des allocations saisonnières estimées dans le modèle. Les écarts dans le recrutement annuel ont été estimés entre 1979 et 2017. La correction du biais log-normal ($-0,5\sigma^2$) pour la moyenne de la relation stock-recrutement a été appliquée entre 1972 et 2017, la rampe de correction du biais recommandée étant appliquée à chaque modèle selon Methot et Taylor (2011).

Au cours de la réunion, les analyses ont montré que l'ajustement du modèle de référence a eu tendance à produire des pics de recrutement exceptionnellement élevés en 2017 et 2018, principalement en raison de l'information provenant de l'indice BAI qui est traité comme un indice de recrutement. Notant qu'il n'y a pas de données sur la composition par taille en 2018 dans ce modèle pour corroborer ou contraster ces estimations élevées de recrutement, le Groupe a décidé de fixer les estimations de recrutement pour 2018 sur la courbe de recrutement des stocks plutôt que de les estimer. Le fait de ne pas estimer l'écart de recrutement pour 2018 a considérablement amélioré les diagnostics du modèle de référence.

3.1.8 Sélectivité

La sélectivité fondée sur la longueur a été estimée pour les flottilles. Le **tableau 7** présente les formes de la fonction choisies et les blocs temporels imposés à chaque flottille.

3.1.9 Pondération des données

Les ajustements de la variance des intrants ont été réalisés itérativement selon les recommandations de Francis (2011).

3.1.10 Diagnostics

Le Groupe a examiné les modèles initiaux (SCRS/2019/121, scénarios 1-23) présentés par les auteurs et un certain nombre de scénarios de modèles supplémentaires ont été proposés, exécutés et examinés (**tableau 8**). Un jeu de diagnostics a été exécuté pour évaluer la performance du modèle, y compris les ajustements aux indices d'abondance, les valeurs résiduelles de la composition par taille, l'analyse rétrospective, la simulation rétrospective, le profilage des vraisemblances, l'analyse du modèle de production structuré par âge (ASPM), l'analyse « jitter » et les scénarios de sensibilité sur les paramètres influents. Les détails de ces scénarios sont fournis au **tableau 8** et dans les présentations suivantes : YFT Stock Synthèse.2019_Part1.entrées et diagnostics, YFT Stock Synthèse.2019_Part II développement de la grille de référence et scénarios de sensibilité, YFT Stock Synthèse.2019_Part III développement de la grille de référenceV3. Les diagnostics sur les scénarios préliminaires sont disponibles dans la présentation SCRS/P/2019/043. Les diagnostics sur les scénarios acceptés sont décrits à la section 4.1.

3.1.11 Cas de base et scénarios de sensibilité

La liste des scénarios acceptés est détaillée au **tableau 9**. Les caractéristiques suivantes étaient communes à tous les scénarios : la fonction de croissance de Richards a été fixée à des valeurs de paramètres estimées en interne par Stock Synthèse à l'aide de données sur l'âge provenant de US/GOM, aucune donnée conditionnelle sur l'âge par taille n'a été utilisée, M a été mise à l'échelle selon la courbe de croissance en utilisant $M_{\text{age } 5}=0,35$, les écarts de recrutement n'ont pas été évalués pour 2018, un λ de 0,5 a servi à réduire les données de composition par taille. Les scénarios de sensibilité ont testé l'influence de h (0,8 vs 0,9) et de l'indice BAI (incluant vs excluant l'indice).

3.2 Modèles de production excédentaire (MPB)

Le document SCRS/2019/115 a présenté les résultats préliminaires de l'ajustement du modèle de production de biomasse mpb (Kell, 2016) aux données sur l'albacore en utilisant les données de capture et l'indice conjoint LL R2 pour 1979-2018 (scénario 1). La mise à jour des données disponibles lors de la réunion de préparation des données de 2019 avec les données de capture les plus récentes fournies par le Secrétariat a entraîné des changements notables dans la perception de l'état des stocks. Dans l'ensemble, le modèle a eu de la difficulté à converger et les diagnostics étaient relativement mauvais.

Le Groupe s'est dit préoccupé par le fait que le modèle semblait instable. Le modèle ne trouvait une solution que si des contraintes strictes étaient imposées à l'espace de recherche pour r (taux de croissance intrinsèque) et K (capacité de charge), et lorsque le modèle trouvait une solution, cette solution ne correspondait pas au minimum du profil de vraisemblance, ce qui suggère une faible convergence (**figure 19**).

Le Groupe a discuté des points suivants : a) mpb a du mal à expliquer les prises observées étant donné le déclin continu de la CPUE, b) il existe des composantes de dynamique et de sélectivité de la population qu'un modèle de biomasse ne peut tout simplement pas prendre en compte.

Sans contrainte, le modèle tend à aller vers des valeurs de taux de croissance intrinsèque r qui sont extrêmement faibles. Il est donc nécessaire d'imposer un certain niveau de contrainte sur les paramètres. Toutefois, le Groupe a estimé qu'il était plus défendable du point de vue biologique de contraindre K du côté gauche et de laisser r sans contrainte, et il espérait que cela améliorerait l'estimation de r (**tableau 10**, scénario 2). Le Groupe a également recommandé de libérer le paramètre B_0 comme solution potentielle pour améliorer l'ajustement (**tableau 10**, scénario 3). La libération de B_0 n'a presque pas eu d'impact. Une autre proposition visant à améliorer l'ajustement consistait à inclure l'indice EUPSFS. L'ajout de l'indice PS a entraîné une légère amélioration du schéma des valeurs résiduelles des indices au cours des dernières années et a démontré une plus grande stabilité dans l'analyse jackknife (**figure 20**), les analyses rétrospectives et la simulation rétrospective n'ayant pratiquement pas changé. Le Groupe a demandé si les estimations de r et de K changent beaucoup rétrospectivement. Le résultat n'a montré aucun changement dans le schéma rétrospectif pour r avec un léger changement pour K et la PME. L'indice LL de la région 1 a été ajouté par la suite pour voir s'il améliorerait davantage l'ajustement, mais le modèle n'a pas pu converger.

Enfin, le groupe s'est mis d'accord sur un cas de référence (scénario 2) utilisant deux indices : Indices conjoints LL R2 et EUPSFS, car c'était le scénario avec les meilleurs diagnostics.

3.3 Modèle bayésien de production excédentaire JABBA

Le document SCRS/2019/125 présentait les résultats de JABBA, un modèle de production excédentaire de type bayésien. Quatre scénarios ont été présentés : a) case de base (LL R2 conjoint avec distribution a priori de r de Stock Synthèse 2016 r), b) scénario 1 (LL R2 conjoint avec distribution a priori de r de FishLife), c) scénario 2 (LL R2 conjoint + BAI avec distribution a priori de r de Stock Synthèse 2016), d) scénario 3 (LL R2 conjoint + BAI avec distribution a priori de r de FishLife). La distribution a priori de r de FishLife fait référence à un prior estimé à l'aide de paramètres biologiques disponibles dans la base de données FishLife (www.fishbase.se/yellowfin_tuna) et de données sur la composition par taille utilisées dans Stock Synthèse dans une approche de modélisation visant à obtenir des paramètres de biomasse excédentaire à partir du modèle de dynamique des populations structuré par âge (Winker *et al.*, 2018). Cette approche a déjà été utilisée dans d'autres évaluations de l'ICCAT et d'ORGpT, dans le but de rendre comparables les scénarios entre les modèles de production excédentaire de biomasse et les modèles intégrés basés sur la longueur et l'âge comme Stock Synthèse. Dans tous les scénarios, le modèle semblait converger correctement, bien que l'inclusion de l'indice BAI ait empiré les diagnostics. Dans l'ensemble, les quantités de gestion estimées étaient comparables d'un scénario à l'autre.

Au cours de la réunion, le scénario cas de base JABBA du SCRS/2019/119 a été mis à jour en utilisant un prior r basé sur les résultats du scénario de Stock Synthèse de 2019. Le Groupe a décidé d'exclure les 2 scénarios qui utilisent les priors de 2016 (scénarios 1 et 3) car ils contiennent des informations dépassées sur la biologie du stock. Tous les scénarios présentés à la réunion sont énumérés au **tableau 11**.

Le Groupe s'est inquiété du fait que les priors pourraient avoir trop d'influence sur les résultats. Même le prior "non informatif" choisi pour le scénario 5 semblait avoir des informations en raison de sa forme log-normale. Le Groupe a donc recommandé de créer un nouveau scénario en utilisant le prior FishLife mais avec un CV augmenté (scénario 14). L'augmentation du CV de 0,3 à 0,6 a permis au modèle de s'adapter plus librement aux données et le modèle a convergé vers une valeur de r proche de celle estimée par Stock Synthèse (**figure 21**). Cela a donné au Groupe l'assurance que la valeur estimée pour r dans le modèle JABBA est cohérente avec les informations présentes dans l'évaluation intégrée. Toutefois, notant que ce scénario présentait une RMSE plus élevée dans l'ajustement à l'indice et un fort schéma rétrospectif (ce à quoi on peut s'attendre lorsque l'on donne plus de flexibilité au prior), le Groupe a choisi de ne pas utiliser un CV de 0,6 dans la sélection finale des scénarios acceptés. Le Groupe a discuté de la question de prendre les résultats d'un ajustement de modèle et de les utiliser comme données (comme c'est le cas pour le prior Stock Synthèse). Toutefois, il a estimé que la comparaison des résultats de JABBA obtenus en utilisant le prior FishLife avec le CV étendu avec les scénarios qui utilisent le prior Stock Synthèse s'est avéré un exercice utile pour vérifier que les résultats du modèle sont cohérents avec les données utilisées dans l'évaluation.

Suite à l'observation que K et r semblent fortement corrélés et que r est constamment estimé à une valeur inférieure à celle indiquée par le prior, une question a été posée sur l'existence d'un facteur inhérent à mbp et JABBA qui fait que ces modèles favorisent des valeurs inférieures de r . Le Groupe ne sait pas si cette tendance observée à favoriser des valeurs inférieures de r est une véritable propriété du modèle ou simplement un résultat des données. Le Groupe a recommandé d'essayer un scénario de sensibilité avec ASPIC, dont les propriétés sont bien étudiées, pour vérifier si le modèle donne des estimations similaires pour r . ASPIC n'est pas en mesure de contrôler l'estimation de r de la même manière que JABBA ou mbp, et lorsqu'il est utilisé avec les indices disponibles, il donne des estimations probablement faibles de r .

Concernant les indices, le Groupe s'est interrogé sur l'opportunité d'utiliser la CPUE échosondeur (BAI) dans un modèle de production car elle ne reflète que la dynamique des recrutements. Sur cette base, le Groupe a choisi de supprimer ce scénario et de tester plutôt l'impact de l'ajout de trois nouveaux indices : EUPSFS, LL R1 conjoint et LL R3 conjoint sur l'indice conjoint R2. Tous les autres indices, à l'exception de EUPSFS, ont montré l'absence de caractère aléatoire des valeurs résiduelles des séries temporelles (**figure 22**). Néanmoins, chaque fois que plus d'un indice a été utilisé, le conflit entre les indices s'est toujours traduit par une tendance positive dans les valeurs résiduelles au cours des premières années et une tendance négative dans les valeurs résiduelles au cours des années les plus récentes. Le Groupe a examiné les insuffisances de chaque indice. Les indices LL et PS présentent tous deux des insuffisances, telles que des changements dans le ciblage et des progrès technologiques qui sont difficiles à expliquer correctement. Mais, sur la base des diagnostics, la qualité de l'ajustement était meilleure lorsque l'on utilisait uniquement l'indice conjoint LL R2 (**figure 22**) ; le Groupe a donc décidé d'utiliser le scénario 6 comme cas de base et d'inclure les autres indices (sauf BAI) dans les analyses de sensibilité (scénario 13). Deux scénarios de sensibilité supplémentaires ont été sélectionnés pour mettre en contraste les résultats obtenus avec le prior Stock Synthèse par opposition au prior FishLife (scénarios 16 et 17).

Les scénarios JABBA utilisant l'indice palangrier vénézuélien (VEN LL) ont montré un mauvais ajustement à l'indice VEN LL, avec une tendance résiduelle dans l'ajustement de l'indice ainsi qu'une augmentation de la RMSE pour l'ajustement global du modèle. Le Groupe est convenu que les scénarios incluant l'indice VEN LL ne devraient pas être utilisés pour la matrice d'incertitude. Le Groupe a toutefois affirmé sa recommandation selon laquelle ces données devraient être incluses, si possible, dans le prochain développement d'un indice conjoint multinational LL CPUE.

Un autre problème commun à tous les scénarios était la tendance croissante observée dans l'erreur de processus au cours de la dernière décennie (**figure 23**). Dans les modèles état-espace, comme JABBA, l'erreur d'observation est prise en compte dans l'ajustement aux indices, mais la composante erreur de processus représente tous les autres processus qui ne sont pas directement contrôlés ou observés dans les données utilisées pour la modélisation (croissance, recrutement, capturabilité, capture, etc.). Le Groupe a noté que la tendance à la hausse de l'erreur de procédure s'est produite la même année où Stock Synthèse s'est vu imposer un changement de sélectivité. Si le changement de sélectivité est effectivement à l'origine de ce schéma dans l'erreur de processus, on pourrait tenter de résoudre ce problème dans le modèle de production en tenant compte d'une structure autorégressive dans q . Toutefois, cette question mérite d'être explorée plus avant, sa résolution dépassant le cadre de l'actuelle réunion d'évaluation.

Enfin, le Groupe a comparé les résultats de MPB et de JABBA. Bien que le modèle bayésien ait montré une meilleure convergence du modèle et de meilleurs diagnostics, les deux modèles ont donné lieu à des estimations de paramètres similaires, ce qui donne au Groupe confiance dans la dynamique de la population estimée.

4. Résultats de l'état des stocks

4.1 Synthèse des stocks

Après l'élaboration du cas de référence décrit à la section 3.1, le Groupe a déterminé les principaux "axes d'incertitude" pour élaborer la "grille d'incertitude". Les axes d'incertitude incluaient :

1. Utiliser/ne pas utiliser l'indice des juvéniles des bouées Echosounder (BAI).
2. Steepness (0,8 et 0,9)

Dans les scénarios préliminaires du modèle, le lambda sur la composition par taille (1, 0,5) et la mortalité naturelle (0,28, 0,35, 0,42) avaient également été inclus comme axes d'incertitude possibles, mais ils ont finalement été exclus de la grille d'incertitude finale pour les raisons indiquées à la section 3.1. En bref, la faible mortalité naturelle n'a pas donné de bons résultats diagnostiques et la mortalité élevée a produit des résultats qui semblaient biologiquement invraisemblables, bien que les analyses rétrospectives n'aient révélé aucun comportement inhabituel. Les résultats de la pondération de la composition par taille avec un lambda réglé à 1 ou 0,5 étaient presque identiques, mais le lambda 0,5 avait amélioré les performances du modèle. La grille d'incertitude finale de Stock Synthèse était composée des 4 combinaisons d'éléments ci-dessus. *Note : le cas de référence fait partie de la grille d'incertitude.* Les **tableaux 8 et 9** donne la liste complète des scénarios du modèle, des probabilités et de certains critères de diagnostic.

Performances diagnostiques pour les scénarios de Stock Synthèse

Tous les scénarios de la grille d'incertitude présentaient des composantes positives de Hesse définie et des composantes de gradient maximal inférieures à 0,0001. Les estimations des paramètres pour les modèles de la grille d'incertitude sont présentées au **tableau 12** et présentaient des erreurs-types relativement faibles, à l'exception de certains des paramètres spline, des paramètres Richards K et de la branche descendante du PS-Ouest, bien que certains des CV soient trompeurs puisque les paramètres eux-mêmes étaient estimés très près de zéro, ce qui gonflait le CV. De plus, il y avait relativement peu de paramètres fortement corrélés, à quelques notables exceptions près, soit K et le paramètre de croissance de Richards. Il n'y avait pas de paramètres faisant l'objet de limites dans les scénarios de la grille d'incertitude.

Une série complète d'évaluations diagnostiques (profils de vraisemblance, jitter, rétrospective, simulation rétrospective) a été réalisée pour chaque scénario du modèle. Les analyses jitter (n=50) ont indiqué que les modèles étaient stables (c.-à-d. que toutes les estimations de MLE se situaient dans une unité de vraisemblance ; **figure 24**). L'établissement du profil des paramètres clés (RO, steepness, sigmaR et M) pour le cas de référence a indiqué que RO était estimable (**figure 25**) mais que la steepness ne l'était pas (**figure 26**). En ce qui concerne RO, il y avait

un conflit entre les diverses composantes des données, où les données de prospection favorisaient une valeur plus élevée de RO, par rapport aux données de longueur. Toutefois, les données de prospection ont eu peu d'influence sur l'estimation du maximum de vraisemblance pour ce paramètre. Les profils de mortalité naturelle (M) à l'âge 5 ont indiqué que des valeurs de 0,35 et plus sont également probables (**figure 27**), mais que les valeurs inférieures à 0,35 ne sont pas soutenues. En raison de la corrélation assez élevée entre la steepness et RO, fixer certaines valeurs de steepness largement prédéterminées R0 (**figure 28**). Il était donc nécessaire de fixer la steepness. Sigma R semblait estimable (**figure 29**) à l'aide de la rampe de correction du biais de Methot et Taylor (2011). Il n'a donc pas été jugé nécessaire d'inclure différentes valeurs de sigmaR dans la grille d'incertitude.

Les analyses rétrospectives n'ont révélé aucune tendance marquée pour aucun modèle de grille d'incertitude (**figure 30**). La simulation rétrospective est une approche similaire qui peut être utilisée pour évaluer de multiples mesures de la capacité de prédiction. Dans une simulation rétrospective, un modèle est ajusté à la première partie d'une série temporelle, puis projeté sur la période omise dans l'ajustement original. La capacité de prédiction peut ensuite être évaluée en comparant les prédictions de la projection avec les observations (Kell *et al.*, 2016). Les résultats des simulations rétrospectives ont indiqué que les modèles de la grille d'incertitude avaient une dynamique de population capable de prédire les séries de CPUE utilisées (palangre conjointe zone 2, EU_PS_bancs libres) sauf pour l'indice de la bouée Echosounder (BAI) de l'albacore juvénile, qui ne peut faire l'objet d'une simulation rétrospective car aucune donnée dans ces simulations ne permet de prévoir les écarts de la relation stock-recrutement (**figure 31**).

Un diagnostic de modèle de production structuré par âge (ASPM) a également été effectué (**figure 32**). Cette analyse a servi à déterminer si les résultats de Stock Synthèse étaient conformes à la dynamique de la population du modèle de production structuré par âge. Les traitements pour cette analyse étaient les suivants : **cas de base** (le scénario du modèle Stock Synthèse), **aspm** : exécuter Stock Synthèse comme ASPM en utilisant les paramètres de sélectivité du modèle intégré, l'écart de recrutement n'est pas utilisé, **aspm_est** : identique à **aspm** mais écart de recrutement estimé, **aspm_fix** : identique à **aspm_est** mais avec écart fixe du recrutement du modèle intégré. Les résultats suggèrent que les scénarios de Stock Synthèse se comportent un peu comme ASPM lorsqu'ils sont structurés de la même façon.

Résultats du modèle

Les ajustements aux indices (**figures 33-36**) et la composition par taille agrégée par flottille (**figures 37-40**) ont été examinés et jugés acceptables. Les tendances de la biomasse totale, de la SSB, de F et du recrutement sont illustrées aux **figures 41 à 44** et aux **tableaux 13 et 14**. Les écarts de recrutement ont montré peu de tendance dans les valeurs résiduelles, bien que des recrutements très importants aient été notés, y compris un grand recrutement en 2017 dans les scénarios qui incluaient l'indice juvénile (EUPSFS). Les valeurs de sélectivité estimées du modèle sont présentées à la **figure 45**.

Les relations stock-recrutement estimées ont montré peu d'éléments de preuve d'une relation entre la SSB et les recrues (**figure 46**), mais le contraste entre les données était néanmoins insuffisant pour estimer la steepness à partir des profils (voir **figure 26**). Le recrutement par saison indique que la proportion la plus élevée de recrues serait née dans les saisons 1 et 2 (janvier-juin) et la plus faible dans la saison 4 (octobre-décembre) (**figure 47**). Les séries temporelles des nombres à l'âge montrent peu de preuves d'une structure de cohorte forte et d'une diminution de l'âge moyen dans la population au fil du temps (**figure 48**).

La production maximale équilibrée (PME) estimée en 2018 pour les modèles de la grille d'incertitude varie de 101.779 t à 120.468 t (**tableau 15**). Ces valeurs étaient semblables à celles indiquées dans l'évaluation de 2016 (123.139 t à 123.382 t). Les calculs des paramètres variables dans le temps montrent une augmentation à long terme de SSB_{PME} et une diminution générale à long terme de F_{PME} et de la PME (**figure 49**).

En général, les trajectoires estimées SSB/SSB_{PME} et F/F_{PME} ont montré des tendances très similaires pour tous les modèles de la grille d'incertitude de Stock Synthèse (**figure 50**). SSB/SSB_{PME} affiche une tendance à la baisse significative depuis les années 1960, et la valeur de SSB_{2018}/SSB_{PME} était la plus faible de la série temporelle, avec des valeurs allant de 1,17 à 1,39. Ces valeurs étaient généralement plus élevées que les niveaux de biomasse estimés dans les scénarios du modèle Stock Synthèse de 2016 (0,81 à 1,38). La mortalité par pêche (exploitation de la biomasse) a augmenté jusqu'à un maximum au début des années 1980 et 1990, puis a diminué jusqu'au milieu des années 2000 avant de remonter à des niveaux élevés en 2018 (**figure 50**). En 2018, la mortalité par pêche a atteint ou presque le niveau le plus élevé de la série temporelle. Les valeurs estimées de F_{2018}/F_{PME} variaient de 0,86 à 1,19.

Résultats combinés de la grille d'incertitude Stock Synthèse.

Un diagramme de Kobe a été élaboré à l'aide des résultats de Stock Synthèse à partir de tous les modèles de la grille d'incertitude. Selon les résultats de Stock Synthèse, l'estimation de SSB/SSB_{PME} indique que le stock de 2018 n'est pas surexploité (1,32 avec CI de 90% : 1,02-1,69 ; **figure 50**, en haut et **figure 51**). F/F_{PME} en 2018 a varié selon le scénario du modèle, mais suggère globalement que le stock était proche du seuil de surpêche (0,93 avec CI de 90% : 0,56-1,43 ; **figure 50**, en bas et **figure 51**). En 2018, la probabilité de faire l'objet de surpêche et d'être surexploité (rouge) était de 3,4%, la probabilité d'être surexploité mais de ne pas faire l'objet de surpêche (jaune) était de 0,5%, la probabilité de ne pas être surexploité mais de faire l'objet de surpêche (orange) était de 36,9% et la probabilité d'être ni surexploité ni de faire l'objet de surpêche (vert) était de 59,3%.

4.2 Modèles de production excédentaire (MPB)

Après que le Groupe a examiné le document SCRS/2019/115, les résultats mis à jour du MPB ont été fournis. Pour le MPB, le Groupe s'est mis d'accord sur un cas de référence utilisant deux indices d'abondance : l'indice palangrier conjoint de la région 02 et l'indice EU des senneurs en bancs libres (EUPSFS). 500 bootstraps ont été exécutés pour décrire l'incertitude statistique pour ce cas de référence. Le **tableau 16** montre les paramètres estimés et les points de référence basés sur la PME résumés par moyennes, médianes et intervalles de confiance de 90%.

La trajectoire de la biomasse estimée (**figure 52**, panneau supérieur) a montré une tendance à la baisse continue entre 1950 et le début des années 2000, et une légère tendance à la hausse par la suite (**tableau 17**). La mortalité par pêche a augmenté graduellement à partir de 1950 et a atteint sa valeur la plus élevée historique au début des années 2000 (**figure 52**, panneau inférieur ; **tableau 17**). Elle a progressivement diminué jusqu'à la fin des années 2000 et est restée stable ; toutefois, une légère hausse a été observée au cours de ces dernières années (2005-2018). L'analyse rétrospective (**figure 53**) montre que le modèle tend à surestimer la biomasse et à sous-estimer la mortalité par pêche à mesure qu'une nouvelle année de données est ajoutée. Les scénarios rétrospectifs ont été projetés en avant avec des observations de captures (diagnostic de simulation rétrospective) et les nouvelles tendances de la biomasse ont été comparées avec le cas de référence. Les résultats (**figure 54**) montrent une capacité de prédiction relativement bonne, comme l'indique la biomasse prédite se situant dans les intervalles de confiance de l'estimation bootstrap, sauf pour le cas rétrospectif remontant à 10 ans.

Les **figures 55** et **56** montrent la trajectoire estimée du stock sur un diagramme de Kobe et les distributions de densités marginales des bootstraps pour les estimations relatives de l'état du stock en 2018. La **figure 56** montre également les probabilités que le stock se trouve dans les différents quadrants du diagramme de Kobe. Selon les estimations du cas de référence-mpb, le stock d'albacore de l'Atlantique n'est pas actuellement surexploité et ne subit pas de surexploitation (zone verte du diagramme de Kobe) avec une probabilité de 56%.

4.3 Modèle bayésien de production excédentaire (JABBA)

Une fois que le Groupe a examiné le document SCRS/2019/125 et discuté de plusieurs scénarios supplémentaires (**tableau 11**), il a été convenu que les 4 scénarios suivants (cas de base, S2, S3 et S5) constituaient les cas de référence finaux pour JABBA.

- Cas de base : indice palangrier conjoint de la région 02 et utilisation de la distribution a priori de r à partir de la configuration de Stock Synthèse en 2019
- S2 : indice palangrier conjoint de la région 02 et utilisation de la distribution a priori de r à partir de Generic FishLife
- S3 : indice palangrier conjoint des régions 02 et 01 et senneurs EU en bancs libres (EUPSFS) et utilisation de la distribution a priori de r à partir de la configuration de Stock Synthèse en 2019
- S5 : indice palangrier conjoint des régions 02 et 01 et senneurs EU en bancs libres (EUPSFS) et utilisation de la distribution a priori de r à partir de Generic FishLife

Le Groupe a accepté d'exécuter deux scénarios de sensibilité (S6 et S7) basés sur les scénarios du cas de base et de S2 afin d'évaluer l'effet de l'indice de palangre vénézuélien fourni lors de la réunion d'évaluation du stock.

- Sensibilité S6 : Cas de base + indice palangrier vénézuélien
- Sensibilité S7 : S2 + indice palangrier vénézuélien

Les paramètres et valeurs estimés de la biomasse et de la mortalité par pêche pour tous les cas de référence sont présentés dans les **tableaux 18** et **19**. La trajectoire de B/B_{PME} dans le cas de base de référence a montré une tendance à la baisse continue entre 1950 et 2018 (**figure 57**, panneau droit). Au cours des années 2010, la tendance est devenue relativement stable mais a atteint son niveau le plus bas historique et est restée inférieure à B_{PME} (cas de base $B_{2018}/B_{PME} = 1,02$). La trajectoire de F/F_{PME} (**figure 57**, panneau gauche) montre une tendance générale à la hausse du début à la fin de la série temporelle, à l'exception de plusieurs années au milieu des années 2000. En 2016, F/F_{PME} a rapidement été portée à la valeur historique la plus élevée (1,02) et est restée proche de 1,0 par la suite, mais pas de surpêche ($F_{2018}/F_{PME} = 0,95$). Une analyse rétrospective portant sur huit années a également été examinée. Celle-ci n'a fait apparaître aucun schéma rétrospectif et des estimations très cohérentes entre les cas explorés (**figure 58**).

Tous les cas de référence ont généralement montré des tendances similaires dans B/B_{PME} et F/F_{PME} (**figure 59**), mais les valeurs ont montré deux schémas parallèles sauf B/K ; cas de base et S3, et S2 et S5 étaient très similaires. Les valeurs estimées de K dans le cas de base et S3 étaient supérieures à celles de S2 et S5 (**tableau 18**), en raison de l'hypothèse différente sur la distribution a priori de r (utilisation de la distribution de r à partir de la configuration de Stock Synthèse en 2019 ou de Generic FishLife). Ces différences ont produit des valeurs de B/B_{PME} plus élevées et des valeurs de F/F_{PME} plus faibles dans le cas de base et S3 par rapport à celles de S2 et S5.

Une simulation rétrospective (Kell *et al.*, 2016) a été réalisée pour les quatre cas de référence en effectuant une projection sur la période en omettant les 8 dernières années de la série temporelle et en comparant les modèles qui utilisaient la série temporelle complète (**figure 60**). La capacité de prédiction de l'indice palangrier conjoint pour la région 02 fonctionne mieux pour le cas de base que pour le scénario S2. Lorsque plusieurs CPUE ont été utilisées dans S3 et S5, le modèle ne prévoyait pas bien l'indice palangrier conjoint de la région 02, tandis que les projections pour les autres indices étaient plus performantes. Tous les indices prédits sont restés dans les intervalles de crédibilité de 95% des 10.000 itérations de MCMC.

Le Groupe a exploré les analyses de sensibilité incluant l'indice palangrier vénézuélien sur les scénarios S3 et S5 (Sensibilité S6 et S7). Le diagnostic des valeurs résiduelles (**figure 61**) et le caractère aléatoire de la série temporelle des valeurs résiduelles de CPUE (**figure 62**) ont montré une tendance et un schéma forts sur l'indice palangrier du Venezuela. La RMSE est passée de 9% dans le cas de base de référence à 47% avec cet indice. Etant donné que l'utilisation de l'indice vénézuélien n'a pas amélioré les modèles JABBA, le Groupe n'a pas recommandé son utilisation à ce stade. En revanche, le Groupe a recommandé que les données de l'indice palangrier du Venezuela soient incluses dans la méthode de standardisation de l'indice palangrier conjoint pour les pêcheries de l'Atlantique.

Le Groupe a examiné les trajectoires de B_{2018}/B_{PME} et F_{2018}/F_{PME} de chaque cas de référence JABBA (**figure 63**). Le Groupe était préoccupé du fait que certains des diagrammes de Kobe ne présentaient pas de schéma typique dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, l'état du stock passant d'un niveau sous-exploité à travers une période de pêche non durable à une phase surexploitée. Cela pourrait être lié aux changements de sélectivité au cours de la série temporelle, que les modèles de production excédentaire ne prennent généralement pas en compte. Ce schéma est plus sensible dans JABBA qui estime l'erreur de processus (voir la section 3.3), ce qui peut expliquer la distinction entre les modèles JABBA et MPB.

Les distributions a posteriori combinées de B_{2018}/B_{PME} et de F_{2018}/F_{PME} des quatre cas de référence JABBA (**figure 64**) ont prédit une probabilité de 48,9% que le stock reste surexploité et que la surpêche existe toujours (quadrant rouge), 42,6% qu'il soit dans le quadrant vert, 6% dans le quadrant jaune et 2,5% dans le quadrant orange (c'est-à-dire qu'il soit l'objet de surpêche mais pas surexploité).

4.4 Synthèse des résultats de l'évaluation

Données d'entrée et structure du modèle

Au cours de la réunion de préparation des données, le Groupe s'est mis d'accord sur les données à utiliser avec les deux plates-formes de modélisation jugées appropriées pour l'évaluation de l'état des stocks : les modèles de production (JABBA et MPV) et un modèle d'évaluation statistiquement intégré (Stock Synthèse). Un sous-ensemble de données d'entrée a dû être préparé/mis à jour après la réunion de préparation des données (par exemple, données de taille, de prise par flottille et indices d'abondance de VEN LL, des bouées (BAI) et des bancs libres de l'UE (EUPSFS)). Lors de la réunion de préparation des données, le Groupe s'est également mis d'accord sur les principaux axes d'incertitude associés aux différentes données d'entrée et structures des modèles : mortalité

naturelle, croissance, productivité des stocks (r ou steepness), sous-ensembles d'indices d'abondance, poids statistique des différentes données d'entrée.

Au cours de la réunion, le Groupe a examiné un premier ensemble de modèles ajustés pendant la période intersessions ainsi que les diagnostics appropriés (valeurs résiduelles de l'ajustement à chaque jeu de données, prédictions de simulations rétrospectives, analyse rétrospective, profils de vraisemblance pour chaque paramètre et donnée d'entrée, diagnostic ASPM pour Stock Synthèse, différences entre les distributions a posteriori et a priori pour les modèles bayésiens). Les scénarios de modèles qui ont été jugés avoir des diagnostics inappropriés ont été éliminés du jeu de données. L'échec des diagnostics de certains scénarios de modèles a également été utilisé pour réviser les axes d'incertitude et les spécifications finales des modèles.

Les scénarios des modèles de production suivants ont été retenus pour l'avis de gestion :

- JABBA avec indice palangrier conjoint de la zone tropicale (région 2), et distribution a priori de r conforme aux estimations de Stock Synthèse de 2019
- JABBA avec indice palangrier conjoint de la région 2 et distribution a priori de r basé sur les données d'entrée de FISHLIFE
- JABBA avec les indices palangriers conjoints de la région 2 et de la zone nord (région 1) et indice de senneurs sous bancs libres et distribution a priori de r conforme aux estimations de Stock Synthèse de 2019
- JABBA avec indice palangrier conjoint de la région 2 et de la région 1 et indice des senneurs sous bancs libres et distribution a priori de r basée sur les données d'entrée de FISHLIFE
- MPB avec indice palangrier conjoint de la région 2 et indice des senneurs sous bancs libres

On a retenu quatre scénarios du modèle Stock Synthèse pour l'avis de gestion, obtenus par la combinaison de deux valeurs de steepness et de deux jeux d'indices d'abondance :

- sans indice d'abondance de bouée (BAI) et avec une steepness de 0,8 (scénario 1)
- sans indice d'abondance de bouée et avec une steepness de 0,9 (scénario 2)
- avec indice d'abondance de bouée et avec une steepness de 0,8 (scénario 3)
- avec indice d'abondance de bouée et avec une steepness de 0,9 (scénario 4)

Toutes les autres spécifications de Stock Synthèse étaient les mêmes pour les quatre scénarios des modèles. Les spécifications les plus importantes de Stock Synthèse qui doivent être mises en évidence sont :

- la mortalité naturelle varie avec l'âge, et pour l'âge 5 est de 0,35
- le modèle de croissance de Richards a d'abord été estimé à l'aide de données sur la composition par âge et ses paramètres ont été fixés pour les scénarios finaux de Stock Synthèse.
- tous les modèles incluaient l'indice palangrier conjoint pour la région 2 et l'indice des senneurs sous bancs libres
- l'indice des bouées (BAI) a été utilisé comme indice d'abondance trimestriel pour les pêcheries sous DCP
- le poids statistique des données sur la composition par taille a été fixé à 0,5 pour tous les scénarios
- quelques modifications de la structure des flottilles convenues lors de la réunion de préparation des données, y compris l'ajout de nouvelles périodes de changement de sélectivité pour certaines flottilles
- éliminer certains jeux de données de taille de certaines pêcheries qui ne pouvaient être prises en compte dans la structure finale de la flottille du modèle
- les données ne sont pas suffisantes pour estimer les écarts de recrutement en 2018, la dernière année de l'évaluation.

État des stocks

La tendance de la biomasse estimée pour tous les modèles montre un déclin général continu de la biomasse au fil du temps. Les scénarios de Stock Synthèse suggèrent quelques périodes de fortes augmentations de la biomasse reproductrice associées à des épisodes de recrutement élevé. Ces recrutements très élevés n'ont eu lieu que trois fois entre 1960 et 2017. Les modèles de production montrent des augmentations beaucoup moins prononcées de la biomasse totale à des moments équivalents. Il convient toutefois de noter que, pour tous les modèles, il existe de grandes incertitudes quant à la valeur de la biomasse à tout moment de l'histoire, y compris en 2018 (**figure 65**). La plupart des scénarios du modèle conduisent à des biomasses à la fin de 2018 au-dessus du niveau qui produit la PME (**figure 66**).

Les estimations de la mortalité par pêche historique montrent des tendances similaires pour tous les modèles. Pour la plupart des scénarios des modèles, la mortalité par pêche a augmenté progressivement jusqu'au début des années 1980, elle a varié en niveau jusqu'au milieu des années 1990, puis a diminué progressivement jusqu'au milieu des années 2000. Depuis le milieu des années 2000, la mortalité par pêche a connu une tendance générale à la hausse avec des fluctuations jusqu'en 2018. Dans l'ensemble, les modèles estiment que la mortalité par pêche en 2018 était proche de la mortalité par pêche qui produirait la PME, la majorité des modèles estimant que la mortalité par pêche était inférieure à ce niveau. Encore une fois, pour tous les modèles, il existe de grandes incertitudes quant à la valeur de la mortalité par pêche à tout moment de l'histoire, y compris en 2018 (**figure 67**).

Il est important de noter que le modèle Stock Synthèse est le seul qui peut fournir des estimations du recrutement récent. Selon les estimations, les recrutements ne devraient pas s'écarter de la relation stock-recrutement pour 2018, en raison de la grande incertitude entourant les estimations de recrutement de la dernière année. L'estimation du recrutement en 2017 est également plus incertaine que pour les années précédentes, en partie parce qu'il n'existe pas de données sur la fréquence des tailles en 2018 pour corroborer ou contraster celle-ci. Les modèles de Stock Synthèse qui utilisent l'indice de bouées suggèrent un recrutement très élevé en 2017, alors que les modèles qui n'utilisent pas l'indice de bouées suggèrent que le recrutement en 2017 était supérieur à la moyenne mais pas particulièrement élevé. Les postulats alternatifs concernant le recrutement produisent certaines différences dans les estimations des tendances historiques et de l'état actuel, mais les différences les plus importantes se trouvent dans les projections, dont il sera question dans la prochaine section.

En examinant comment synthétiser l'avis de gestion (par exemple, l'état actuel [2018] des stocks), le Groupe a pris en compte un certain nombre de facteurs. D'une manière générale, Stock Synthèse peut être considéré comme un modèle plus approprié pour la situation observée dans les pêcheries d'albacore, où la sélectivité globale a évolué au fil du temps, principalement vers une augmentation de la probabilité de la capture des petits poissons. Les modèles de production excédentaire n'en tiennent pas compte. Cela a servi de base à l'élaboration de l'état final et de l'avis de projection pour le thon rouge en 2018 uniquement avec Stock Synthèse. Toutefois, dans le cadre de cette évaluation de l'albacore, les résultats de Stock Synthèse ont été jugés très sensibles aux données d'entrée et aux structures de modèle alternatives considérées. Le Groupe a estimé que les scénarios acceptés à partir des modèles de production excédentaire reflétaient des hypothèses différentes et raisonnables pour la dynamique de la population d'albacore et les a donc inclus dans l'avis de gestion.

Les quatre scénarios du modèle Stock Synthèse ont été considérés comme des hypothèses de recrutement et de steepness alternatives. De même, les scénarios de JABBA ont abordé différentes hypothèses sur les distributions a priori initiales de r , et sur les indices d'abondance qui représentaient la population. Enfin, le cas de base retenu pour MPB estimait des tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche qui variaient quelque peu de celles de JABBA. Le Groupe a décidé que, pour tenir compte de cette incertitude dans la dynamique de la population aux fins de l'élaboration de l'avis de gestion, il était préférable d'intégrer les résultats de tous les scénarios des modèles acceptés.

Le Groupe a décidé d'accorder la même importance aux résultats du modèle de production excédentaire et du modèle d'évaluation intégrée. Dans les modèles de production excédentaire, JABBA et MPB ont également reçu la même importance. Chaque scénario au sein d'une plate-forme de modélisation (JABBA et Stock Synthèse) a reçu le même poids. Tous les points de référence ont été calculés selon cette méthode de pondération. Une distribution des estimations pour chaque point de référence a été calculée en combinant le nombre suivant d'estimations aléatoires provenant des divers modèles : 100 pour chacun des quatre modèles JABBA, 400 pour le modèle MPB et 200 pour chaque modèle Stock Synthèse. Ceci a fourni un ensemble de 1.600 itérations. On a ensuite calculé la médiane, les centiles 5 et 95 à partir de chaque distribution.

Pour les résultats combinés (MPB, JABBA, SS) utilisés pour formuler l'avis de gestion, la médiane estimée de B_{2018}/B_{PME} est de 1,17 (0,75 ; 1,62) et la médiane estimée de F_{2018}/F_{PME} est de 0,96 (0,56 ; 1,50). La médiane estimée de la PME est de 127.558 t avec des intervalles de confiance à 90 % de 98.268 t et 267.350 t (**tableau 20**). La combinaison des résultats de tous les modèles permet d'estimer la probabilité que le stock se trouve dans chaque quadrant du diagramme de Kobe en 2018 (**figure 68**). Les probabilités correspondantes sont de 54% de se trouver dans le vert (n'étant pas surexploité et ne faisant pas l'objet de surpêche), 21% de se trouver dans l'orange (faisant l'objet de surpêche mais n'étant pas surexploité), 2% de se trouver dans le jaune (étant surexploité mais ne faisant l'objet de surpêche) et 22% de se trouver dans le rouge (étant surexploité et faisant l'objet de surpêche).

5. Projections

Le Groupe est convenu de projeter chacun des modèles (c'est-à-dire Stock Synthèse, MPB et JABBA) en utilisant les spécifications générales suivantes.

- Intervalle de projection : Le Groupe est convenu de faire des projections sur une période de 14 ans, de 2020 à 2033, ce qui correspond à deux générations d'albacore.
- Prise de 2019 : Fixée à 131.042 t, la même prise que celle estimée pour 2018.
- Des projections de prises constantes ont été faites à 0 t, et 60.000 - 150.000 t, par intervalles de 10.000 t : 11 scénarios de capture au total.

Pour la configuration de Stock Synthèse :

- Recrutement : Sur la base de l'estimation de la relation stock- recrutement sans écart de recrutement
- Sélectivité et allocations de la flottille : Il est nécessaire de spécifier le schéma de sélectivité pour les projections. Le schéma approprié est spécifique au modèle. Utiliser la moyenne des trois dernières années du modèle (2016-2018)

5.1 Stock Synthèse

Pour la grille d'incertitude de Stock Synthèse, l'incertitude statistique des projections de capture a été estimée en utilisant 2.500 itérations multivariées normales (MVN) pour chaque modèle de la grille (scénario 1 (cas de référence), scénario 2, scénario 3 et scénario 4) pour chaque scénario de capture constante. En raison du problème technique de l'approche MVN, les valeurs de F/F_{PME} supérieures à 4 ou B/B_{PME} inférieures à 0,2 ont été remplacées par 4 ou 0,2 (SCRS/2019/145). Les trajectoires de la biomasse et de la mortalité relatives par pêche en utilisant la médiane des itérations de MVN sont présentées à la **figure 69**. Les projections des scénarios 1, 2, 3 et 4 (**figure 69**) ont montré que la médiane des itérations MVN pourrait maintenir le stock au-dessus du niveau de B_{PME} et au-dessous du niveau de F_{PME} d'ici 2033 avec des prises constantes inférieures à 110.000 t, 120.000 t et 130.000 t, respectivement. Cependant, les projections des scénarios 1 et 2 indiquent clairement que des prises constantes supérieures à 140.000 t entraînent un effondrement de la population au cours des années suivantes.

5.2 MPB

Des projections de captures ont été effectuées à partir des 5.000 itérations élaborées à partir du cas de référence MPB. Les trajectoires déterministes de la biomasse et de la mortalité relatives par pêche sont illustrées à la **figure 70**. Les projections avec MPB (**figure 70**) ont montré que d'après la médiane des itérations de 5.000 bootstraps, des prises constantes inférieures à 130.000 t pourraient maintenir le stock à un niveau égal ou supérieur à B_{PME} et inférieur à F_{PME} jusqu'en 2033 compris.

5.3 JABBA

Des projections de capture à partir de 36.000 itérations de MCMC ont été effectuées pour chaque cas de référence JABBA (cas de base, S2, S3 et S5). Les trajectoires de la biomasse et de la mortalité relatives par pêche en utilisant la médiane des itérations de MCMC sont illustrées à la **figure 71**. Les projections avec JABBA dans le cas de base, S3 et S5 (**figure 71**) ont montré que d'après la médiane des itérations de MCMC, des prises constantes inférieures à 130.000 t pourraient rétablir (S5) ou maintenir le stock au niveau de B_{PME} ou au-dessus et en dessous de F_{PME} jusqu'en 2033 compris. Cependant, la projection avec S2 montre que le stock pourrait se rétablir au niveau de B_{PME} ou au-dessus et en dessous de F_{PME} d'ici à 2033 avec des prises constantes inférieures à 120.000 t.

5.4 Synthèse des projections

Les projections des prises combinées de 9 scénarios (JABBA (cas de base, S2, S3 et S5), MPB, Stock Synthèse (scénarios 1, 2, 3 et 4) ont été fournies avec des prises constantes de 0 t et de 60.000 à 150.000 t. La méthode utilisée pour combiner les résultats des projections est décrite à la section 4.4. Dans les résultats des projections des modèles Stock Synthèse et JABBA, certaines itérations ont été prédites avec des ratios de biomasse exceptionnellement faibles et des ratios de F extrêmement élevés, ce qui indique le potentiel d'effondrement du stock. Ainsi, la probabilité que la biomasse soit inférieure à 20% de la biomasse qui permet la PME a été calculée pour chaque année de projection et scénario de capture (**tableau 21**). La probabilité augmentait avec des niveaux de capture supérieurs et au cours des années projetées ultérieures. Les probabilités supérieures à 1% ou 10% ont été observées avec des prises constantes supérieures à 110.000 t ou 140.000 t, respectivement. La probabilité la

plus élevée était de 23,3% avec des prises constantes de 150.000 t en 2033. Il convient de noter que la référence choisie, à savoir 20% de la biomasse permettant la PME, a été choisie à des fins d'information et n'a pas été officiellement adoptée par le SCRS pour les thonidés tropicaux.

Les projections combinées montrent que des prises constantes de 120.000 t maintiendront une probabilité de plus de 50% d'être dans le quadrant vert d'ici 2033 (**figure 72** et **tableau 22** : matrice de Kobe II).

6. Recommandations

6.1 Gestion

D'après l'évaluation des stocks de 2019, on a estimé que la biomasse du stock d'albacore de l'Atlantique était supérieure à la biomasse qui peut permettre la PME sur une base continue (pas surexploité ; 1,17 B/B_{PME} en 2018), et que la mortalité par pêche actuelle était égale ou proche du seuil de surpêche (0,96 F/F_{PME} en 2018). Le Groupe a noté que les rapports de capture pour 2018 étaient incomplets, 42 % des prises totales estimées ayant été estimées en utilisant la moyenne des trois années précédentes par CPC et type d'engin. En outre, aucune donnée de taille pour 2018 n'était disponible au moment de l'évaluation. Cela pourrait ajouter de l'incertitude aux estimations de l'état des stocks de l'année terminale pour 2018, et le Groupe recommande que l'avis final du SCRS prenne en considération toute différence entre ces estimations actuelles et les prises déclarées en 2018 disponibles pour la réunion plénière.

Les résultats des projections indiquent que des niveaux de capture égaux ou inférieurs à 120.000 t devraient maintenir une biomasse saine du stock jusqu'en 2033. Toutefois, le Groupe a noté que les estimations les plus récentes des prises suggèrent que les prises globales ont dépassé 120.000 t tous les ans depuis 2015 ; le Groupe s'est dit très préoccupé par le fait que ces surconsommations dégraderont vraisemblablement davantage l'état du stock d'albacore si elles persistent. En outre, étant donné que des surconsommations importantes continuent de se produire, les mesures de conservation et de gestion actuelles semblent insuffisantes et le Comité recommande à la Commission de renforcer ces mesures.

La Commission devrait également être consciente du fait que l'augmentation des ponctions de petits albacores et l'augmentation des captures de thon obèse si ces captures sont effectuées sous DCP pourraient avoir des conséquences négatives sur la production durable à long terme et sur l'état des stocks. Si la Commission souhaite augmenter la production durable à long terme, le Comité continue de recommander l'adoption de mesures efficaces afin de réduire la mortalité par pêche des petits spécimens d'albacore et de thon obèse (p.ex. mortalité par pêche sous DCP et autres mortalités par pêche de petits albacores).

6.2 Recherche et statistiques

- Un certain nombre de questions liées aux rejets des flottilles palangrières du Taipei chinois, aux pratiques en cours et à leur impact sur l'indice palangrier conjoint ont été examinées lors de la réunion d'évaluation. **Le Groupe a recommandé que l'impact potentiel associé aux rejets dans l'indice palangrier conjoint soit étudié plus avant et que des révisions soient apportées comme cela a été fait pour l'évaluation du stock de thon obèse.**
- En 2018, aucun financement n'a été fourni pour effectuer des travaux sur la MSE pour l'albacore en 2019. Cependant, si la MSE doit être utilisée pour fournir un avis sur les thonidés tropicaux en 2022, il est temps de réactiver le processus. **Le Groupe a recommandé que le plan de travail sur la MSE soit révisé et demande un financement pour poursuivre le processus. Il a également été suggéré d'explorer d'autres sources de financement pour le travail.**
- **Le Groupe a recommandé d'évaluer les approches visant à améliorer les estimations de M et d'élaborer des grilles d'incertitude qui tiennent compte des corrélations entre les principaux paramètres biologiques, par exemple M et la steepness, afin de pouvoir identifier et éliminer les combinaisons biologiquement invraisemblables.**
- **Le Groupe a recommandé d'augmenter l'échantillonnage et la détermination de l'âge de l'albacore de petite taille (≤ 65 SFL, en particulier < 30 cm SFL) en utilisant le comptage quotidien des anneaux et le poids des otolithes pour mieux comprendre la dynamique de la croissance des premières années et le schéma de croissance initiale apparemment lent/en deux stances.**

- **Le Groupe a recommandé que le scientifique vénézuélien et le Secrétariat examinent les données de taille pour 2006 et les autres années, car des valeurs atypiques ont été identifiées pour cette année particulière dans plusieurs flottilles.**
- **Le Groupe a recommandé que les données de capture et d'effort du Venezuela provenant des pêcheries palangrières soient incluses, si possible, dans le prochain développement d'un indice palangrier conjoint multinational de CPUE.**
- Etant donné que les présentations sont une partie de plus en plus importante des réunions du SRCS, le Groupe a demandé que le SCRS discute des changements possibles au processus utilisé pour gérer et stocker ces présentations pendant la réunion plénière afin de :
 - améliorer la capacité des scientifiques d'accéder à de tels documents à l'avenir
 - bien référencer le matériel présenté
 - indiquer clairement aux auteurs des présentations si le matériel peut ou non être cité dans les rapports de l'ICCAT
- **Il a été recommandé que les scientifiques ghanéens fournissent au SCRS un examen des données disponibles dans le cadre du projet EMS, en les comparant aux données provenant des observateurs en mer et des échantillonneurs au port.**

7. Autres questions

Le Secrétariat de l'ICCAT a fourni un résumé des demandes actives de la Commission concernant les thonidés tropicaux (**appendice 5**). Au cours de la réunion, des informations ont été présentées et des discussions ont suivi concernant deux de ces demandes. Le texte qui suit est un résumé de ces discussions et est destiné à aider le Groupe à élaborer les réponses lors de la réunion de septembre du Groupe d'espèces.

Évaluer l'efficacité de la fermeture spatio-temporelle visée au paragraphe 13 pour la réduction des captures de thonidés tropicaux juvéniles. Rec. 16-01, paragraphe 15.

En 2018, le SCRS a recommandé que l'efficacité de fermetures plus longues et plus importantes soit évaluée.

Le SCRS/2019/107 présente une approche alternative pour gérer les pêcheries de senneurs ciblant les stocks de thonidés tropicaux, qui utilise les fermetures des pêcheries au lieu des limites de capture pour la pêche de senneurs. La durée des fermetures est estimée en fonction d'une réduction attendue des captures, grâce à un modèle qui utilise les données des pêcheries et les intrants des dernières évaluations des stocks de thonidés tropicaux. La proposition vise à fixer deux fermetures pour parvenir à la réduction d'activité recherchée, en permettant à chaque unité de pêche de choisir la fermeture pendant laquelle elle restera au port, de manière à ne pas compromettre l'approvisionnement du marché. L'approche est similaire à celle utilisée à l'IATTC, qui fait ses preuves depuis de nombreuses années.

Il est proposé que les fermetures totales sont plus efficaces que les TAC ou les fermetures spatio-temporelles parce qu'elles sont pleinement inclusives en termes d'unités de pêche et de stocks couverts (cibles et prises accessoires) ; qu'elles n'entraînent pas de déclarations erronées des captures et qu'elles ne sont pas compromises par des changements de ciblage ou de sélectivité par une redistribution des efforts ou des changements de configuration d'engins ou du mode de pêche. Les auteurs émettent l'hypothèse qu'elles seront plus efficaces pour atteindre les objectifs fixés par la Commission que les TAC basés sur les stocks, qui sont dépassés depuis plusieurs années à l'ICCAT tout comme à la CTOI.

Le modèle comprend un outil qui peut exprimer la réduction recherchée en termes du nombre de jours de fermeture requis et du nombre de fermetures qui pourraient être mises en œuvre pour atteindre cet objectif. En outre, le modèle est multi-espèces et peut être établi de manière à atteindre des objectifs pour les stocks cibles et les stocks de prises accessoires, évitant ainsi les effets préjudiciables que les TAC fixés sur les stocks individuels pourraient avoir sur les pêcheries multi-espèces.

Au cours de la discussion, il a été noté que dans le SCRS/2019/107, les prises de poissons immatures/matures par mode de pêche estimées par le modèle pour le thon obèse ne reflètent pas les valeurs calculées à partir des pêcheries actuelles.

Les auteurs soulignent que le but de l'analyse présentée était de démontrer l'outil et de montrer comment l'atteinte d'un objectif exprimé en pourcentage de réduction des prises de poissons immatures ou matures pourrait être évaluée avec un tel outil. Les auteurs ont l'intention de modifier les valeurs d'entrée afin de les aligner davantage sur les estimations actuelles pour les pêcheries de l'Atlantique et de présenter la nouvelle analyse à la prochaine session plénière du SCRS.

Divers points ont été discutés en ce qui concerne les hypothèses du modèle relatives au schéma de l'effort de pêche pendant les périodes d'ouverture de la pêche. Les auteurs ont supposé qu'il y avait peu de chances que l'effort augmente au cours de la période d'ouverture. On a fait valoir que les opérations actuelles de pêche à la senne sont déjà très efficaces et qu'il est peu probable que les navires augmentent leur efficacité en raccourcissant leurs périodes de débarquement ou en faisant coïncider leur entretien et leur réparation pendant la période de fermeture. L'une des contraintes à cet égard est le fait qu'il y a peu de sites disponibles pour l'entretien des navires. Toutefois, il a été noté que, dans le cas de la fermeture de l'IATTC, au moins une flottille a pu accroître l'effort en augmentant l'efficacité et en redistribuant les travaux d'entretien durant la période de fermeture.

Une autre question était de savoir s'il y aurait une certaine possibilité de redistribution de l'effort de pêche à la senne vers d'autres océans (Pacifique et/ou Indien) pendant ces fermetures. Les auteurs ont eu l'impression que cela serait peu probable compte tenu de la longueur des fermetures envisagées. Dans le Pacifique, cette répartition de l'effort de pêche de l'Est vers le Pacifique central est limitée par le manque de possibilités de pêche offertes par les pays du PNA pour accéder à leurs eaux. La plupart des ORGPt ont des restrictions de capacité qui pourraient limiter ces mouvements des senneurs. De toute évidence, il est difficile de prédire les effets que les nouvelles fermetures de l'Atlantique pourraient avoir sur le mouvement transocéanique de l'effort des senneurs. Toutes les ORGPt devraient être conscientes de ces effets possibles lorsqu'elles prennent la décision d'imposer de nouvelles fermetures prolongées et envisagent de renforcer les contraintes de capacité qui pèsent sur ces mouvements.

L'une des raisons pour lesquelles les prises ont récemment dépassé les TAC est que les CPC ont exercé leur droit de développer des flottilles de senneurs. On s'est demandé si les fermetures influeraient ou non sur cette tendance à l'avenir. Les auteurs ont répondu que l'incitation à se lancer dans la pêche ou à augmenter les prises des nouveaux venus/récents participants resterait, mais que les nouveaux venus devraient accepter d'être également assujettis aux fermetures de la pêche.

Les auteurs ont également souligné que ces fermetures devraient être réexaminées en permanence et que l'attribution des jours d'ouverture devrait être modifiée en fonction de l'état du ou des stocks.

Il a été souligné que l'analyse postule que les fermetures n'ont pas d'incidence sur la CPUE potentielle pendant la période d'ouverture, mais que cette hypothèse pourrait ne pas être exacte. Il est possible que l'accumulation de biomasse pendant les fermetures entraîne une augmentation de la CPUE une fois que la zone sera rouverte. Il a été discuté du fait que les fermetures saisonnières de l'IATTC n'ont pas montré d'augmentation substantielle de la CPUE après l'ouverture, bien qu'il faille noter que les navires de l'IATTC peuvent choisir la fermeture à respecter. Par conséquent, l'effort de pêche ne va jamais jusqu'à zéro pendant les fermetures, il est seulement réduit.

Un point important a été souligné : les fermetures sans une certaine mesure de contraintes de capacité ne sont pas susceptibles d'être bénéfiques en termes d'économie. Il a été entendu que la fermeture s'appliquerait également aux navires ravitailleurs. A l'IATTC, la capacité de l'effort de pêche est ajustée au moyen d'un multiplicateur qui est calculé chaque année et qui lie le nombre de jours de pêche de la fermeture à l'état des stocks. Un mécanisme possible pour contrôler la capacité pourrait consister à demander aux CPC d'informer l'ICCAT de toute augmentation proposée du nombre de navires de pêche avec suffisamment de temps pour que les jours d'ouverture autorisés puissent être recalculés. Ces fermetures devraient avoir des avantages en termes de réduction des prises accessoires, car on s'attend à ce qu'elles réduisent l'effort global des senneurs.

Il a été noté que le système actuel de TAC spécifiques aux stocks limite les flottilles pour lesquelles les espèces soumises à un TAC peuvent ne pas être l'objectif principal mais plutôt une prise accessoire. Récemment, les flottilles à petite échelle de certaines CPC ont dû arrêter la pêche parce que la limite nationale de capture de thon obèse avait été atteinte, alors qu'en fait le thon obèse n'était pas leur cible principale. Une autre limitation du système actuel est qu'il exige un suivi en temps réel des captures afin de ne pas dépasser les quotas. Un tel suivi n'est pas toujours efficace et repose en outre sur le suivi de la composition par espèces sur le lieu de débarquement, ce qui constitue un défi de taille.

Le Groupe a discuté du fait que de telles fermetures peuvent permettre d'atteindre un TAC. Le Groupe est convenu que cette analyse était instructive et qu'elle devrait être transmise au SCRS pour examen à la réunion de septembre.

Fournir des indicateurs des performances pour le listao, le thon obèse et l'albacore, dans la perspective d'élaborer des évaluations de la stratégie de gestion pour les thonidés tropicaux. Rec. 16-01, paragraphe 49 b)

La première phase d'un projet de recherche à l'appui du processus MSE sur les thonidés tropicaux s'est achevée en 2018, mais aucun autre financement n'a été fourni pour les deuxième et troisième phases. La phase 1 incluait :

- Élaboration du plan de travail
- Lancement de la conception et de la mise en œuvre de la MSE
- Participation à des ateliers
 - Evaluation du stock de thon obèse (16-20 juillet, Pasaia)
 - Sous-commission 1 (23-25 juillet, Bilbao)
 - Groupes d'espèces du SCRS (26-28 septembre, Madrid)
 - Atelier spécifique sur la MSE (décembre, Pasaia)
- Liaison avec les experts de l'ICCAT pour les méthodes d'évaluation des stocks, les incertitudes, les formats de données, etc.

Le plan de travail préliminaire élaboré pour les phases deux et trois comprend les éléments suivants :

- Développement de Stock Synthèse pour le listao de l'Est
- Conditionnement des OM
- Élaboration d'un modèle d'erreur d'observation
- Identification de possibles MP
- Statistiques de performance
- Simulations
- Évaluation des MP
- Synthèse et présentation des résultats
- Diffusion au SCRS, aux GT, à la Sous-commission 1 et à la Commission sur demande
- Publication des résultats de l'examen par les pairs

Le groupe a examiné une proposition (**figure 73**) pour les activités des phases deux et trois afin d'être prêt à mettre en œuvre le projet. L'estimation initiale des coûts de ces activités est de 250.000 euros. Les phases deux et trois de ce projet seraient achevées en 2020 et 2021.

Le Groupe a discuté de l'importance d'examiner ces activités étant donné la nécessité de maintenir l'élan des progrès en matière de MSE pour les thonidés tropicaux et de tirer parti du fait que 2019 marque le début d'un nouveau cycle budgétaire pour l'ICCAT. En outre, le SCRS prévoit de mener une évaluation du listao en 2020, de sorte qu'il serait approprié de travailler sur la MSE en 2020 et 2021 pour être en mesure de fournir un avis sur la MSE à la Commission d'ici 2022. Il a été souligné que le projet de budget soutenait les travaux techniques et scientifiques relatifs à la MSE et que, bien que les contributions des parties prenantes constituent une partie importante du processus, ce projet de budget n'apportait pas de soutien à ces activités. Il a été noté que le projet thonier ABNJ de la FAO et d'autres organismes de financement sont en train d'élaborer des activités à l'appui d'un renforcement plus large des capacités en matière de MSE.

Le Groupe a recommandé que cette liste proposée d'activités et le budget associé soient examinés par le SCRS pour être transmis à la Commission si nécessaire. Il a été rappelé au Groupe les avantages de la poursuite des discussions par la Commission concernant les objectifs de gestion opérationnelle pour les thonidés tropicaux. Plus ces objectifs sont spécifiques, plus il sera facile pour le Groupe technique sur la MSE d'élaborer et de calculer des indicateurs de performance au sein de la MSE. A cette fin, le calendrier et le plan de travail proposés devraient indiquer explicitement ce que l'on attend de la Commission.

11. Adoption du rapport et clôture

La majeure partie du rapport a été adoptée pendant la réunion, les sections 4.4, 5.3 et 5.4 sont en attente d'adoption. Le Groupe a convenu d'adopter ces sections par correspondance d'ici le 2 septembre 2019. Le Dr Cass-Calay a remercié le Ministère des pêches de Côte d'Ivoire pour avoir accueilli la réunion et lui avoir prêté un soutien logistique et technique, ainsi que pour avoir organisé des événements sociaux et pour l'attention prodiguée à tous les membres du Groupe. La séance a été levée.

Bibliographie

- Anon. 2019. Report of the 2019 ICCAT yellowfin tuna data preparatory meeting. Madrid, Spain, 22-26 April 2019.
- Diaha, N.C., Zudaire, I., Chassot, E., Barrigah, D.B., Irie, Y.D., Gbeazere, D.A., Kouadio, D., Pecoraro, C., Romeo, M.U., Murua, H., Amade, M.J., Dewals, P., and Bodin, N. 2016. Annual monitoring of reproductive traits of female yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(2):534-548.
- Francis R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can. J. Fish. Aqu. Sci. 68:1124-1138.
- Gascuel, D., Fonteneau, A. and Capisano, C. 1992. Modélisation d'une croissance en deux stances chez l'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique est. Aquatic Living Resources, 5(3), 155-172
- Hoyle S.D., Laretta M., Lee M.K., Matsumoto T., Sant'Ana R., and Yokoi H. 2019. Collaborative study of yellowfin tuna CPUE from multiple Atlantic Ocean longline fleets in 2019. SCRS/2019/081.
- Kell L., Kimoto A., Kitakado T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research 183: 119-127.
- Lorenzen K. 2005. Population dynamics and potential of fisheries stock enhancement: practical theory for assessment and policy analysis. Phil. Trans. R. Soc. B. 360:171-189.
- Merino G., Urtizberea A., Garcia D., Santiago J., Murua H. Harford W. Walter J. Jr. III and Gaertner D. 2018. Final report of the first phase of the project: Modelling approaches: support to ICCAT tropical tunas MSE process. AZTI Technalia, unpublished report.
- Methot Jr, R.D. and Wetzel, C.R., 2013. Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fisheries Research, 142, pp.86-99.
- Method Jr. R.D. and Taylor, I.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 68(10): 1744-1760.
- Winker, H.; Kerwath, S.; Bruyn, P. 2018. Developing surplus production model priors from a multivariate life history prediction model for IOTC billfish assessments with limited biological information. IOTC-2018-WPB16-14_Rev1.

INFORME DE LA REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE RABIL DE 2019

(Grand-Bassam, Cote d'Ivoire, 8 a 16 de julio de 2019)

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

La reunión se celebró en el Afrikland Hotel Grand-Bassam, Côte d'Ivoire del 8 al 16 de julio de 2019. La Dr. Shannon L. Cass-Calay (Estados Unidos), relatora del Grupo de especies de túnidos tropicales ("el Grupo") y presidenta de la reunión, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes. El Dr. Justin Amade y el catedrático Sr. Datté J. Yao (Côte d'Ivoire) dieron la bienvenida a los participantes y resaltaron la importancia de los trabajos que iba a realizar el Grupo para preparar el asesoramiento en materia de ordenación a la Comisión. El inspector general Dr. Diawara Siriman, representante del Ministerio de recursos animales y pesqueros, en la inauguración de la reunión, precisó que la salud de la industria atunera en Côte d'Ivoire que es la joya de la corona de la industria pesquera es primordial, ya que de ella depende el suministro de las empresas atuneras del país. El Grupo agradeció al Ministerio de Pesca y Recursos animales, al personal de apoyo y a los científicos de Côte d'Ivoire que hubiesen acogida la reunión y realizado las disposiciones logísticas necesarias para que fuera fructífera. La presidenta procedió a examinar el orden del día, que fue adoptado sin cambios (**Apéndice 1**).

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

Sección	Relatores
Punto 1	M. Ortiz
Punto 2	S. Cass-Calay, D. Die, A. Parma
Punto 3	L. Ailloud, A. Kimoto, S. Cass-Calay, M. Ortiz
Punto 4	F. Arocha, D. Die
Punto 5	A. Norelli
Punto 6	S. Cass-Calay, D. Die, A. Parma
Punto 7	S. Cass-Calay, D. Die, A. Parma
Punto 8	M. Ortiz

Y los siguientes participantes ejercieron la función de modeladores:

Modelo	Modelador
Stock Synthesis	J. Walter, A. Kimoto, K. Sato, T. Matsumoto, H. Yokio, H. Winker
JABBA	R. Sant'Ana
MPB	G. Merino

2. Resumen de los datos disponibles para la evaluación

2.1 Biología

Se realizó una presentación (SCRS_P_2019_037) sobre la composición por edad del rabil capturado en la isla Ascensión. Con frecuencia se observan rabiles grandes. Las capturas (n=341) fueron realizadas con caña y carrete y con arpón durante 2014-2017. Se observaron ejemplares de 50 a 192 cm y de 0 a 18 años (**Figura 1**). También se observó evidencia de crecimiento sexual dimórfico (**Figura 2**).

El Grupo determinó que la edad máxima del rabil observada en dicho estudio (18 años) era coherente con un estudio previo en el golfo de México y en la costa atlántica oeste estadounidense (SCRS/2019/025), que respalda también el cambio de la edad máxima de 11 a 18, que fue recomendado en la reunión de preparación de datos. Además, este estudio confirma también que ejemplares con edad 18 también están presentes fuera de Estados Unidos y más cerca de zonas donde la presión por pesca es más elevada (por ejemplo, el golfo de Guinea).

El Grupo discutió las observaciones de talla por edad disponibles de Ascensión, Estados Unidos y Sudáfrica, y señaló que la variabilidad en la talla por edad de los juveniles parece mayor que la variabilidad en la talla por edad de los peces mayores (**Figura 3**). El Grupo sugirió que la variabilidad inusual en la talla por edad de los juveniles podría ser un producto de la asignación de fecha de nacimiento. Por ejemplo, en el estudio de Estados Unidos, se supone que la fecha de nacimiento es el 1 de julio, pero el rabil nacido fuera de aguas de Estados Unidos puede haber sido muestreado en el estudio de Estados Unidos. Estos peces podrían tener fechas de nacimiento reales muy anteriores, lo que daría lugar a un error en la asignación de la edad. Los errores también podrían producirse debido a que la temporada de desove es prolongada, por lo que un pez nacido al inicio de la temporada de desove podría parecer mucho más grande con la misma edad asignada que un pez nacido tarde en la misma temporada de desove. No se aplicó una fecha de nacimiento supuesta a los datos de la isla de Ascensión. Por lo tanto, las edades de ese estudio son simplemente el número de anillos observados, y no se realizó ningún ajuste para tener en cuenta la fecha de nacimiento.

El Grupo también observó que estudios en varias áreas (Sudáfrica, Estados Unidos, isla Ascensión) sugieren patrones de crecimiento no similares (**Figura 3**), pero señaló que esto podría ser una función de la selectividad de pesca diferencial. El Grupo también discutió que había una fuerte bimodalidad en la composición por talla de los datos de Ascensión, y que estos datos incluían peces de más edad que eran más grandes, en promedio, que los muestreados en otras áreas. El Grupo llegó a la conclusión de que la bimodalidad se debía a que se utilizaban dos tipos de artes de muestreo (caña y carrete, y arpón). El Grupo también llegó a la conclusión de que la mayoría de los peces más grandes fueron capturados por pescadores con arpón que con frecuencia son los que más peces capturan con fines deportivos. Si esto crea un sesgo hacia peces más grandes por edad, podría explicar las diferencias observadas entre los datos de Estados Unidos y los de la isla Ascensión.

El Grupo acordó que el conjunto de datos de Ascensión era apropiado para su uso en evaluaciones de stock estructuradas por edad (por ejemplo, stock synthesis), pero recomendó que la asignación de edad para el conjunto de datos de Ascensión se ajustara para considerar la fecha de nacimiento a fin de maximizar la comparabilidad de los conjuntos de datos. Lamentablemente, no todas las muestras tenían este tipo de borde, por lo que no se pudo hacer el ajuste durante la reunión. En caso de que estos datos estuvieran disponibles, podría efectuarse el ajuste. Además, stock synthesis requiere que los datos de composición por edad se asignen a una flota o prospección. El Grupo constató que la estructura actual de la flota del modelo stock synthesis no incluye una flota comparable con la pesquería de arpón de Ascensión. Por lo tanto, el Grupo recomendó excluir los datos de pesca con arpón de las entradas del modelo stock synthesis. El Grupo acordó que se podría suponer que el arte de caña y carrete tiene una selectividad similar a la de las flotas palangreras.

Información del AOTTP

El Grupo solicitó un resumen de la información relativa al crecimiento del Programa de marcado de túnidos tropicales del océano Atlántico (AOTTP). Se presentaron dos análisis. El primer análisis fue desarrollado usando datos de rabiles recapturados liberados con tallas entre 40 y 90 cm, con calidad de datos de talla de «MEAS», y que pasaron de 46 a 74 días en el mar. A los peces se les asignó una edad supuesta de acuerdo con la ecuación de Von Bertalanffy ($L_{inf} = 155,7$; $k=0,443$, $t_0 = 0,0148$). La edad se calculó para el punto medio de la talla entre la talla de liberación y la talla de recaptura. Con el fin de visualizar los datos, se seleccionaron al azar 215 peces de las observaciones disponibles (**Figura 4**).

El segundo análisis similar (**Figura 5**) produjo una gráfica vectorial de los incrementos de crecimiento de los peces AOTTP medidos en el momento de la recuperación. Se estimó la edad relativa de cada pez en el momento del marcado a partir de la talla en el momento del marcado mediante la inversión de las ecuaciones de crecimiento de von Bertalanffy (panel superior) y Richards (panel inferior) usando parámetros estimados por stock synthesis. La edad en el momento de la recuperación se considera la edad en el momento del marcado más el tiempo pasado en libertad.

Los resultados indican que los peces marcados y liberados con una talla inferior a 65 cm tienden a crecer más lentamente que en la ecuación de von Bertalanffy ($L_{inf} = 155,7$; $k=0,443$, $t_0 = 0,0148$), mientras que los peces de más de 65 cm tienden a crecer más rápido (**Figura 4**). Los resultados sugieren que el crecimiento del rabil se estima mejor usando una función Richards que una función von Bertalanffy. Por lo tanto, el Grupo recomendó que los modelos estructurados por edad utilicen esa forma de función (**Figura 5b**).

2.2 Estimaciones de captura, esfuerzo, talla y CAS

La Secretaría informó sobre la labor en el periodo intersesiones realizada de conformidad con el plan de trabajo de la reunión de preparación de datos. La Tarea 1 captura nominal (NC) fue actualizada y proporcionada a los modeladores antes de la reunión. La captura total de YFT (**Tabla 1**) incluía las estimaciones de los túnidos tropicales de Ghana para 2012-2018 (SCRS/2019/124), los datos presentados por las CPC hasta el 26 de junio de 2019 y las capturas estimadas para 2018. Los informes de capturas de 2018 por CPC estaban incompletos, sólo aproximadamente un 58% del total (**Tabla 2**). En el caso de las CPC que no comunicaron captura en 2018, se calculó la captura estimada de YFT como el promedio de los tres años anteriores (2015-2017). En la **Tabla 3** y la **Figura 6** se presentan las capturas totales de YFT por arte principal de 1950-2018 utilizadas como valores de entrada para los modelos de evaluación de stock.

También se estimó la distribución de capturas (CatDis) para YFT, ampliando la distribución para que coincida con la distribución de la flota para Stock Synthesis. La **Tabla 6** muestra la estructura de la flota usada para el modelo Stock Synthesis, y la **Tabla 4** muestra la captura de cada una de las flotas estimada a partir de CatDis. La Secretaría también facilitó la composición de muestras de tallas para cada ID de flota basándose en los datos de talla de Tarea II. En el documento SCRS/2019/066 se proporcionan detalles y métodos para estimar las frecuencias de muestras de tallas 1968-2017, no se dispuso de información sobre tallas suficiente para 2018. Durante la reunión, la revisión de los ensayos y los diagnósticos preliminares se utilizó para corregir parte de la información sobre la talla de la flota; véase la sección 3.1.4 para más detalles. En la reunión se constató que los datos de talla de Venezuela incluidos en la base de datos de ICCAT para las flotas PS y BB de 2006 eran incorrectos y se actualizarán después de la reunión. Para esta evaluación se excluyeron estos datos de talla.

El documento SCRS/2019/118 presentaba las estimaciones de las capturas totales de túnidos tropicales de Ghana de las pesquerías de cerco y de cebo vivo de 2012 a 2018. Estas estimaciones incluían las capturas de rabil, la composición por talla (Tarea II SZ), y la captura y esfuerzo para los túnidos tropicales (TareaII CE). Las estimaciones se basan exclusivamente en la base de datos de AVDTH Ghana, ya que se concluyó que el muestreo y la cobertura de las dos principales flotas de Ghana son suficientes y apropiados para estimar la captura total, la composición de la captura, la distribución por tallas de la captura y la distribución de captura-esfuerzo desde 2012. Para estimar la captura, la captura-esfuerzo y la composición de la captura del programa de muestreo de Ghana, se utilizaron la composición por especies y el muestreo de tallas por flota/buque, año, mes, arte, modo de pesca y cuadrícula de lat-long 1x1. Las nuevas estimaciones de YFT fueron en general inferiores a las estimaciones previas presentadas para la evaluación de stock de patudo en 2018 (**Figura 2**). Las diferencias fueron el resultado del método utilizado para estimar la composición de la captura. Las estimaciones de 2018 se basaron en los datos de composición de la flota de la UE y Ghana, mientras que en 2019 sólo se utilizaron los datos de muestreo de Ghana.

En la presentación SCRS/P/2019/039 se revisaban las tendencias de las pesquerías de las flotas de cerco, palangre y cebo vivo de Venezuela para 1987-2018. La captura y esfuerzo de estas flotas han descendido desde las capturas máximas de principios de los años 90, pasando de unas 8.000 a 2.000 t en los últimos años, para los tres artes principales. Se constató que los principales caladeros se sitúan en la región del Caribe oriental, con alguna expansión hacia la zona de Guyana-Amazonas durante la década de 2010 solo para la flota de palangre. La distribución por tallas de la captura oscila entre 30 y 190 cm FL, con peces de mayor talla capturados por la flota palangrera, y de talla pequeña y mediana capturados por las flotas de cebo vivo y cerco.

El Grupo indicó que el muestreo en las tres flotas es realizado por observadores capacitados, ya que el muestreo de palangre es realizado por observadores a bordo, mientras que el de cerco y cebo vivo se realiza en puerto.

Se presentó el documento SCRS/2019/100 sobre las pesquerías de las islas Canarias de UE-España para 1975-2018. Durante la reunión de preparación de datos, el Grupo presentó y debatió el documento SCRS/2019/076 con información similar, por lo que el documento SCRS/2019/100 no se debatió en esta reunión.

2.3 Estimaciones de abundancia relativa

Se presentaron tres documentos que describen indicadores de abundancia (CPUE) que habían sido discutidos previamente durante la reunión de preparación de datos de rabil en abril de 2019. Los cambios realizados en estos documentos habían sido recomendados por el Grupo. Por lo tanto, estos documentos estuvieron disponibles en el periodo intersesiones para su examen y se presentaron en la reunión, pero no se debatieron en detalle. Estos documentos fueron los siguientes:

- SCRS/2019/066: Un índice de rabil en bancos libres para la flota de cerco de la UE (índice EUPSFS)
- SCRS/2019/075: Un índice de juveniles de rabil derivado de boyas de ecosonda (índice BAI).
- SCRS/2019/122: Índices regionales de abundancia del palangre japonés.

Se presentaron al Grupo dos nuevas series de abundancia, que resumen las series de CPUE de las pesquerías de palangre venezolanas y de Taipei Chino. Estos se describen a continuación. La **Tabla 5** y la **Figura 8** resumen la serie de CPUE revisada y nueva.

El documento SCRS/2019/123 describe un índice estandarizado de abundancia relativa para la pesquería de palangre venezolana durante el periodo 1991-2018. El índice se estimó utilizando modelos lineales generalizados y un enfoque delta lognormal. Se utilizaron dos fuentes de datos, el programa de observadores de palangre pelágico de Venezuela (1991-2011) y el Programa nacional de observadores (2012-2018). El índice mostraba valores relativamente constantes de 1992 a 2004, y luego se incrementó hasta alcanzar un valor máximo en 2007. A partir de entonces, el índice mostró una tendencia descendente hasta 2010, tras lo cual se mantiene estable en ese nivel (**Figura 8**).

El Grupo discutió algunos aspectos técnicos de la estandarización, lo que incluye el enfoque utilizado para modelar una serie de términos influyentes de interacción. En la estandarización actual, el Grupo observó que los términos de interacción anual se modelaron usando efectos fijos y recomendó que éstos se modelaran usando efectos aleatorios. En general, ICCAT ha recomendado el uso de efectos aleatorios porque produce intervalos de confianza ampliados que pueden representar mejor la incertidumbre científica. Este cambio en el cálculo del índice se llevó a cabo en esta reunión y el índice actualizado se muestra en la **Figura 9** y se proporcionó al equipo de modelado para su uso en análisis de sensibilidad. El Grupo también observó que hay algunos valores atípicos importantes en el componente lognormal. No se habían eliminado porque no había pruebas de que fueran erróneos.

El Grupo observó que las operaciones de la flota venezolana se han desplazado con el tiempo hacia el océano Atlántico, en aguas de la plataforma de Guyana (**Figura 10**) y recomendó que se elaboren índices regionales (es decir, regiones 1-3 utilizadas para el índice conjunto) para tener mejor en cuenta el movimiento de la flota en el tiempo.

El documento SCRS/2019/120 describe un desarrollo de índices estandarizados de abundancia de la pesquería de palangre de aguas distantes de Taipei Chino durante el periodo 1967-2018. Se desarrollaron índices de abundancia regionales de rabil por período usando modelos lineales generalizados. Se consideró todo el período (1967-2018) y tres períodos separados de 1967-1989, 1990-2005 y 2006-2018, con información sobre el tipo de operación (es decir, el número de anzuelos por cesta, HPB) disponible para el último período. Los índices estandarizados mostraron tendencias casi idénticas en el periodo completo y en los períodos separados. Sin embargo, las tendencias difirieron entre las regiones, especialmente a partir de 2010, con un aumento para el océano Atlántico occidental tropical, pero una ligera disminución en las aguas tropicales orientales (**Figura 11**).

El Grupo observó que la distribución espacial de esta pesquería es grande, y que el esfuerzo y la CPUE nominal han cambiado entre áreas con el tiempo (**Figura 12** y **13**), en gran parte debido a cambios en la especie objetivo (**Figura 14**). El autor señaló también que el aumento sustancial de la CPUE estandarizada a mediados de la década de 2000 podría haber sido el resultado de los reglamentos de ICCAT para limitar la captura de patudo, lo que provocó que algunos pescadores se centraran en el rabil (Sun et al. 2014) El Grupo notó también que hay cambios sustanciales en la composición por talla de la pesquería palangrera de Taipei Chino que podrían deberse, en parte, a cambios en la especie objetivo y en otras estrategias de pesca debido a las normas impuestas para limitar la captura de patudo.

Dado que el índice palangrero conjunto (SCRS/2019/081) ya incluía los datos a nivel operativo de las flotas palangreras de Taipei Chino, el grupo había recomendado el uso de los índices conjuntos en los modelos de evaluación de stock, en lugar de los índices desarrollados únicamente a partir de los datos de Taipei Chino.

Debido a cambios en la estrategia de pesca en función de la especie objetivo, en las regulaciones y en la comunicación de información, el Grupo expresó algunas preocupaciones sobre el uso de los datos de Taipei Chino en el desarrollo del índice de CPUE de palangre conjunto. Se presentaron datos al Grupo que indicaban un potencial descarte selectivo de las flotas palangreras de Taipei Chino después de 2004. Esta fecha corresponde a un cambio en las regulaciones nacionales y el ponente señaló que el cambio observado en la talla media de los peces podría deberse al descarte. El Grupo observó que los descartes no se incluyen en los cuadernos de pesca y que esto podría causar problemas a la hora de estandarizar el índice conjunto. Por ejemplo, podría haber problemas si la tasa de descartes cambia con el tiempo, y la selectividad del índice podría estar sesgada.

El Grupo pidió al autor que aclarara la información utilizada para elaborar el índice conjunto. El autor respondió a esta solicitud y tras un debate, el Grupo acordó utilizar los índices conjuntos de CPUE, tal y como se recomendó durante la reunión de preparación de datos. Sin embargo, el impacto potencial de los descartes sobre el índice de palangre conjunto justifica una investigación más profunda.

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

3.1 Stock Synthesis

3.1.1 Configuración del modelo y datos de entrada

Se realizó una evaluación inicial del stock de rabil del Atlántico utilizando Stock Synthesis 3.3 (Methot y Wetzel, 2013) antes de la Sesión de evaluación del stock de rabil de 2019, tal y como se acordó en la Reunión de preparación de datos de rabil de 2019. Las entradas de datos y supuestos completos para este modelo se describen en el SCRS/2019/121. Los datos de entrada del modelo se debatieron detenidamente en la reunión de preparación de de datos de 2019 (Anón. 2019).

Las principales hipótesis y configuraciones del modelo de referencia preliminar inicial fueron las siguientes. El modelo de referencia preliminar se construyó como un modelo con 4 temporadas y un marco temporal de 1950 a 2018. Las flotas se desglosaron para representar zonas de pesca homogéneas. Sin embargo, este modelo no incluye un movimiento explícito entre las áreas y, por lo tanto, funciona como un modelo no espacial de un área. El modelo comienza en 1950 y asume que el stock comienza en condiciones vírgenes o casi vírgenes.

3.1.2 Mortalidad natural

La mortalidad natural (M) se parametrizó por edad según Lorenzen (2005), escalándola a la curva de crecimiento (sección 3.1.3). Esto se realizó internamente en el modelo para que sea coherente con el tratamiento de crecimiento en el modelo asumiendo un valor de mortalidad natural de 0,35 asignado a la edad 5 (nivel de referencia de M), de un modo coherente con el estimador de M de Then et al. (2017), y asumiendo una edad máxima de 18. Este tratamiento difiere de la evaluación de 2016 donde el crecimiento se escaló externamente con una nivel de referencia $M=0,55$ basado en una edad máxima de 11 años y escalado de acuerdo con la talla por edad de Gascuel et al (1992). El vector resultante de M por edad se define del siguiente modo:

Edad	Edad 0	Edad 1	Edad 2	Edad 3	Edad 4	Edad 5	Edad 6	Edad 7	Edad 8	Edad 9+
M	1,3	0,66	0,48	0,4	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33

La mortalidad natural se incluyó inicialmente en la matriz de incertidumbre, y durante la reunión de preparación de los datos se propusieron dos valores alternativos, el vector M superior y el inferior (Anón. 2019). Sin embargo, estos valores fueron considerados muy bajos y altos para la dinámica de la biología del rabil, y durante la reunión el Grupo se restringió este rango a valores de 20% por encima y por debajo del nivel de referencia de M (0,28 y 0,42, respectivamente). Sin embargo, estos valores más extremos de M fueron eliminados de la matriz de incertidumbre final del modelo stock synthesis porque el escenario de M baja tuvo un desempeño diagnóstico deficiente, y el escenario M elevada produjo estimaciones del modelo que no eran coherentes con la biología conocida (es decir, la edad máxima) del rabil. La dificultad en el uso de la M baja y alta puede deberse en parte al hecho de que tanto la inclinación (h) como M se fijaron en stock synthesis. El Grupo decidió utilizar únicamente el valor de referencia de M (0,35) y recomendó que se realizaran análisis adicionales para determinar un rango apropiado de valores de M sobre la base de análisis de simulación y otra información biológica. Un perfil de verosimilitud de M sugirió que todos los valores de M mayores de 0,35 eran igualmente probables.

3.1.3 Crecimiento, relaciones morfométricas y reproducción

Tras una evaluación del crecimiento del rabil recapturado en el marco del AOTTP (Sección 2.1), el Grupo decidió usar una forma de función de Richards para el modelo de crecimiento, pero decidió fijar los parámetros en los valores estimados internamente por stock synthesis usando los datos de edad de Estados Unidos/golfo de México. Se fijaron parámetros para evitar introducir inestabilidad adicional en el modelo. El peso de rabil del Atlántico en kilogramos fue estimado a partir de la longitud recta a la horquilla en centímetros como:

$$WL = (2,1527 \times 10^{-5}) SFL^{2.976} \text{ (Caveriviere 1976)}$$

La fecundidad se modeló como una función directa del peso corporal de las hembras. La madurez a largo plazo se basó en Diaha et al. (2016), con un 50% de ejemplares maduros en 115 cm SFL. Se asumió que la ratio de sexos era de 50:50 machos-hembras. La fecha de nacimiento se ajustó al primer mes de cada temporada (enero, abril, julio, octubre).

Se estimó el crecimiento del rabil usando un muestreo reciente de otolitos (Golfo de México/Costa este de Estados Unidos), que incluía la validación de edad basada en técnicas de bomba de radiocarbono (ver sección 2.1 de Anón 2019 para más detalles). Una diferencia importante en la información biológica es el nuevo supuesto de edad máxima 18 para el rabil del Atlántico, comparado con los supuestos de evaluaciones previas en las que se suponía que la edad máxima 11. Esto tiene implicaciones importantes para la estimación de la mortalidad natural. El crecimiento se estimó internamente en Stock Synthesis utilizando los datos de edad de Estados Unidos/golfo de México, asumiendo un modelo de crecimiento de Richards, y una talla determinada en la talla mínima del muestreo de edad (0,38 años) de 25 cm SFL.

Con respecto al uso de los datos de edad para la edad por talla condicional, el Grupo originalmente propició su uso en el stock synthesis, pero los diagnósticos de los modelos fueron deficientes. Una curva de captura transversal aplicada a los datos de edad estimó Z en 0,45. El Grupo consideró que la Z experimentada por los peces grandes que se encuentran en el Golfo de México y en aguas frente a la costa este de Estados Unidos podría ser menor y posiblemente no representativa de la mayor parte de la población explotada. Por lo tanto, el Grupo optó por no utilizar los datos de edad para la edad por talla condicional.

3.1.4 Estructura de la flota

Para la evaluación de 2019, el modelo utilizó 25 flotas diferentes (**Tabla 6**). La estructura de la flota fue en gran medida la misma que en 2016, con algunas excepciones. Primero se asignó una nueva flota a la pesquería de línea de mano emergente en aguas del norte de Brasil. A continuación, se ajustaron las zonas de la flota palangrera para que coincidieran con las zonas geográficas del índice palangrero conjunto (SCRS/2019/121 **Figura 2**). Este cambio se aplica tanto a la captura por zona/flota como a la información de talla.

Durante la reunión, una revisión más detallada de la composición por talla de cada flota y de la información aportada por científicos familiarizados con las pesquerías, sugirió la necesidad de reestructurar algunas de las flotas. Estos cambios incluyen:

1. Flota 11_GhanaBBB_PS: El Grupo decidió establecer cuatro bloques temporales de selectividad: 1981-1987 (BB y PS mixto), 1988-1995 (sobre todo BB), 1996-2018 (BB y PS creciente mixto) y antes de 1981 la selectividad correspondería con la estimada para 1988-1995 (sobre todo BB). Para el bloque de tiempo más reciente 1996-2018, el Grupo recomendó eliminar los datos de composición por talla de 1996-2008 (recuadro azul en la **Figura 15**) en los que el muestreo para la pesquería de cerco en expansión estaba incompleto y probablemente no era representativo. Estas decisiones se basaron en la evaluación de los valores de entrada de la composición por tallas (**Figura 15**) y en los cambios en la fracción relativa de la captura desembarcada por BB versus PS (**Figura 16**).
2. Flota 12_BB_area2_Sdakar: El Grupo observó un aumento de peces grandes en la composición por talla de la flota en la última década (**Figura 17**, años recientes) y tras la inspección de los datos se dio cuenta de que dicho aumento estaba siendo causado por la pesquería HL sudafricana que se dirige a peces mucho más grandes que la pesquería BB. Por lo tanto, se tomó la decisión de transferir los datos de captura y talla de HL de Sudáfrica de la flota 12_BB_area2_Sdak a la flota 25_OTH_OTH.
3. Flota 13_BB_DAKAR_62_80 y Flota14_BB_DAKAR_81+: los valores atípicos claros estaban presentes en los datos de talla de BB de Venezuela (especialmente en 2006). El Grupo decidió eliminar todos los datos de talla de BB de Venezuela a la espera de una evaluación más exhaustiva de estos registros.
4. Flota 24_PS_WEST: Esta flota incluía PS de Estados Unidos y PS de Venezuela. Dado que la mayoría de las capturas de PS de Estados Unidos anteriores a 1990 tuvieron lugar en el Atlántico tropical oriental, el Grupo propuso transferir los datos de captura y talla de Estados Unidos anteriores a 1990 de la Flota 24_PS_WEST a la Flota 1_PS_ESFR2_6585 y a la Flota 2_PS_ESFR2_8690. Al igual que con BB, los valores atípicos claros estaban presentes en los datos de talla de 2006 del PS de Venezuela. Dado el escaso tiempo disponible para evaluar el problema, se tomó la decisión de eliminar los datos de talla de PS de Venezuela para 2006. El científico venezolano confirmó que su presentación original para 2006 para BB y PS era correcta, el Grupo recomendó que se comprobara y revisara la base de datos de ICCAT.
5. Flota 25_OTH_OTH: La composición por tallas de HL de Cabo Verde (originalmente asignada a la Flota 25_OTH_OTH) era similar a la de BB de Cabo Verde (incluida en la Flota 14_BB_DAKAR_81_18). Por lo tanto, el Grupo decidió transferir los datos de captura y talla de Cabo Verde de la Flota 25_OTH_OTH (línea

verde en la **Figura 18**) a la Flota 14_BB_DAKAR_81_18. Dado que esta flota es una flota que captura todo, la selectividad no está bien definida y se corre el riesgo de que el modelo interprete un pico ocasional en las capturas de peces de 50 cm como eventos de reclutamiento elevado cuando de hecho la presencia de estos peces está probablemente más vinculada con cambios internos en la dinámica de la flota y en la disponibilidad local. Por lo tanto, el Grupo recomendó que se redujera la influencia de estos datos utilizando una lambda mucho menor (0,001).

6. Flota 17_Japan_LL_TRO y Flota 20_Other_LLL_TRO: Estas flotas exhiben un cambio en la talla media a lo largo del tiempo. El Grupo discutió la posibilidad de que estos cambios en la selectividad puedan producirse por un aumento de los descartes o por cambios en la composición de la flota. Se propusieron bloques de tiempo basados en los gráficos de influencia de Hoyle et al. (2019) que indican un cambio sustancial en la composición de la flota, probablemente asociado con los cambios observados en la selectividad. Los bloques temporales de selectividad son los siguientes: 1950-1979 (calados de la fase inicial poco profundos), 1980-1991 (transición a calados más profundos y dirigidos al BET), 1992-2004 (calados profundos) y entre 2005 y 2018 para coincidir con el cambio aparente en la selectividad para dirigirse a BET más grandes. Se eliminó el periodo 2005-2018 de los datos de composición por talla de la pesquería palangrera de Taipei Chino debido a dificultades en la interpretación de la talla media creciente (véase la sección 2.3).
7. Flota 22_HL_Braz_N: La falta de datos de composición por talla para la pesquería HL BRA significa que se dispone de poca información sobre selectividad. El Grupo optó por estimar la selectividad de HL Brasil usando distribuciones previas derivadas de las estimaciones de marcado del AOTTP en lugar de calcar la de la flota 14_BB_DAKAR_81_18. Se eliminaron los datos de composición por talla de 1994 (en los que predominaban peces más grandes).

Estos cambios se tradujeron en una predicción mejor de las tallas medias y mejoraron los valores residuales de Pearson del ajuste a la composición por tallas.

3.1.5 Entradas de índices de abundancia

Un avance importante en esta evaluación fue el desarrollo de un índice palangrero conjunto que utiliza información de captura y esfuerzo de alta resolución de las principales flotas palangreras que operan en el Atlántico (Japón, Estados Unidos, Brasil, Corea y Taipei Chino). El índice se desarrolló para tres regiones: Atlántico norte, zona tropical y Atlántico sur, basándose en la distribución por tallas de las capturas de estas flotas. Este índice se vinculó con los datos de composición por tallas de la flota palangrera de Japón para estimar la selectividad, ya que esta flota representa la mayoría de la composición por talla en la región 2 después de eliminar los datos de Taipei Chino de 2005-2018 y porque ha tenido un muestreo de tallas continuo. Se utilizó un índice en el ensayo de referencia inicial de Stock Synthesis, índice de LL conjunto región 2 (SCRS/2019/121). Se aplicaron tres bloques de tiempo (sección 3.1.4) a la selectividad asumida para este índice a fin de tener en cuenta los cambios en la estrategia de pesca para dirigirse al patudo. Para obtener la variación interanual del índice conjunto se obtuvo la media geométrica de cada CV estacional y se utilizó como valor de entrada para el índice anual. Los índices fueron introducidos como valores anuales.

El índice asociado a las boyas (BAI) se modeló como vinculado a las respectivas flotas estacionales de PS DCP, lo que mejoró el ajuste al índice. El índice EUPSFS se vinculó a PS EU FSC 91 temporada 1, de donde proceden gran parte de las capturas. Los índices se introdujeron como índices anuales, excepto el índice BAI que mantuvo su información estacional, con una media de CV=0,2 para los índices LL y de 0,3 para los índices BAI y EUPSFS, aunque se permitió que variaran en función de la variabilidad interanual del error estándar estimado del índice.

El diagnóstico retrospectivo indicaba mejores predicciones de la tendencia de la CPUE cuando el modelo incluyó todos los índices de abundancia.

3.1.6 Composición por tallas

Los datos de composición por talla fueron procesados inicialmente por la Secretaría (SCRS/P/2018/46) para eliminar datos atípicos y lograr una estructura de flota generalmente homogénea. Después de eliminar los valores atípicos, no quedó ningún pez por encima de 220 cm en el conjunto de datos. Los datos de composición por tallas se estimaron siguiendo la misma estructura de la flota descrita (sección 3.2.4), y se actualizaron durante la reunión para reflejar también los cambios descritos en este documento en términos de reestructuración de la flota.

La composición por tallas se introdujo con un tamaño de muestra inicial igual a $\ln(N)$ para disminuir el peso de las muestras múltiples dentro de una combinación de flota, temporada y año. Los resultados preliminares indican que los datos de composición por tallas tienen una gran influencia en el ajuste y resultados del modelo. Durante la reunión, una nueva reducción de la composición por talla a $0,5 \cdot \ln(N)$ generó resultados similares, pero mostró mejoras en los ajustes y resultados de las pruebas de diagnóstico. Por lo tanto, se utilizó una λ de $0,5 \cdot \ln(N)$ para ponderar los datos de composición por tallas en todos los ensayos aceptados.

3.1.7 Parametrización del reclutamiento del stock

Se asumió una relación stock -reclutamiento Beverton-Holt para modelar el número de reclutas como una función de la biomasa del stock reproductor. El reclutamiento virgen (R_0) se estimó libremente y la inclinación (h) se fijó en un valor de 0,8 para el modelo de referencia preliminar y en 0,9 para la matriz de incertidumbre. El perfil de la inclinación indicaba que no había suficiente información en los datos para estimarlo libremente. La variación anual en el reclutamiento (SigmaR) fue estimada en los modelos de stock synthesis sobre la base de un perfil de verosimilitud que respaldaba la estimación. El reclutamiento anual total estimado se distribuyó entre las cuatro estaciones según las asignaciones estacionales estimadas en el modelo. Las desviaciones en el reclutamiento anual se estimaron entre 1979 y 2017. La corrección de sesgo lognormal ($-0,5\sigma^2$) para la media de la relación stock reclutamiento se aplicó durante el período 1972 a 2017 aplicando la rampa de corrección de sesgo recomendada a cada modelo según Methot y Taylor, (2011).

Durante la reunión, los análisis mostraron que el ajuste del modelo de referencia tendía a producir picos de reclutamiento inusualmente grandes en 2017 y 2018, debido principalmente a la información del índice BAI que se trata como un índice de reclutamiento. Constatando que no hay datos de composición por tallas de 2018 en este modelo para corroborar o contrastar estas estimaciones de reclutamiento altas, el Grupo decidió fijar las estimaciones de reclutamiento de 2018 a la curva de reclutamiento del stock en lugar de estimarlas. No estimar la desviación del reclutamiento para 2018 mejoró sustancialmente los diagnósticos del modelo de referencia.

3.1.8 Selectividad

Se estimó la selectividad basada en la talla para las flotas. La **Tabla 7** describe las formas de función elegidas y los bloques de tiempo impuestos a cada flota.

3.1.9 Ponderación de datos

Se realizaron los ajustes de la varianza de los valores de entrada de forma iterativa con arreglo a las recomendaciones en Francis (2011).

3.1.10 Diagnósticos

El Grupo debatió los modelos iniciales (SCRS/2019/121, ensayos 1-23) presentados por los autores y se propusieron, llevaron a cabo y debatieron varios ensayos adicionales de modelos (**Tabla 8**). Se realizó un conjunto de diagnósticos para evaluar el desempeño del modelo, incluyendo ajustes a los índices de abundancia, valores residuales de composición por talla, análisis retrospectivo, simulación retroactiva, perfiles de verosimilitud, análisis del modelo de producción estructurado por edad (ASPM), análisis de fluctuaciones y análisis de sensibilidad en parámetros influyentes. Los detalles de estos ensayos se presentan en la **Tabla 8** y en las siguientes presentaciones: YFT stock synthesis 2019_Parte I. valores de entrada y diagnósticos, YFT stock synthesis 2019_Parte II desarrollo de matriz de referencia y ensayos de sensibilidad, YFT stock Synthesis 2019_Parte III desarrollo de matriz de referencia V3. Los diagnósticos de los ensayos preliminares están disponibles en la presentación SCRS/P/2019/043. El diagnóstico de los ensayos aceptados se describe en la sección 4.1.

3.1.11 Caso base y ensayos de sensibilidad

La lista de ensayos aceptados se detalla en la **Tabla 9**. Las siguientes características fueron comunes en todos los ensayos: la función de crecimiento de Richards se fijó en los valores de los parámetros estimados internamente por stock synthesis utilizando datos de edad de US/GOM, no se utilizaron datos de edad por talla condicionales, M se escaló de acuerdo con la curva de crecimiento utilizando $M_{\text{age } 5}=0,35$, no se estimaron las desviaciones de reclutamiento para 2018, y se utilizó una λ de 0,5 para reducir los datos de composición por talla. Los ensayos de sensibilidad comprobaron la influencia de h (0,8 versus 0,9) y el índice BAI (incluyendo versus excluyendo el índice).

3.2 Modelo de producción excedente (MPB)

El documento SCRS/2019/115 presentaba los resultados preliminares del ajustar del modelo de producción de biomasa mpb (Kell, 2016) a los datos de YFT utilizando los datos de captura y el índice LL R2 conjunto para 1979-2018 (ensayo 1). La actualización de los datos a partir de lo que se disponía en la reunión de preparación de datos de 2019 con los datos de captura más recientes facilitados por la Secretaría dio lugar a cambios notables en la percepción del estado del stock. En general, el modelo tuvo dificultades para converger y los diagnósticos fueron relativamente deficientes.

El Grupo expresó su preocupación por el hecho de que el modelo parece inestable. El modelo encontró una solución sólo cuando se impusieron restricciones estrictas al espacio de búsqueda para r (tasa de crecimiento intrínseco) y K (capacidad de transporte), y cuando el modelo encontró una solución, dicha solución no correspondía al mínimo en el perfil de verosimilitud, lo que sugiere una convergencia deficiente (**Figura 19**).

El Grupo discutió los siguientes puntos: a) mpb tiene dificultades a la hora de explicar la captura observada dada la disminución continua en la CPUE, b) hay componentes de dinámica de poblaciones y de selectividad que un modelo de biomasa sencillamente no puede incorporar.

Sin restricciones, el modelo tiende a ir a valores de tasas de crecimiento intrínseco r que son extremadamente bajos. Por lo tanto, es necesario imponer algún nivel de restricción a los parámetros. Sin embargo, el Grupo consideró que era más defendible desde un punto de vista biológico restringir K en el lado izquierdo y dejar r sin restricciones, y esperaba que esto mejorara la estimación de r (**Tabla 10**, ensayo 2). El Grupo también recomendó liberar el parámetro B_0 como una posible solución para mejorar el ajuste (**Tabla 10**, ensayo 3). La liberación de B_0 casi no tuvo impacto. Otra propuesta para mejorar el ajuste fue incluir el índice EUPSFS. Añadir el índice PS dio lugar a una ligera mejora en el patrón de valores residuales de los índices para los años más recientes, y mostró más estabilidad en el análisis jackknife (**Figura 20**), con casi ningún cambio en los análisis retrospectivos y la simulación retroactiva. El Grupo preguntó si las estimaciones de r y K cambian mucho retrospectivamente. El resultado no mostró ningún cambio en el patrón retrospectivo para r , con un ligero cambio para K y RMS. El índice LL región 1 se añadió posteriormente para ver si mejoraba aún más el ajuste, pero el modelo no pudo converger.

Finalmente, el Grupo llegó a un acuerdo sobre un caso de referencia (ensayo 2) utilizando dos índices: LL R2 conjunto y EUPSFS, ya que este era el escenario con los mejores diagnósticos.

3.3 Modelo bayesiano de producción excedente - JABBA

En el documento SCRS/2019/125 se presentaron los resultados de JABBA, un modelo bayesiano de producción excedente. Se presentaron cuatro escenarios: a) caso base (LL R2 conjunto con distribución previa de r de stock synthesis 2016), b) ensayo 1 (LL R2 conjunto con distribución previa de r de Fishlife), c) ensayo 2 (LL R2 + BAI conjunto con distribución previa de r de stock synthesis 2016), d) ensayo 3 (conjunto LL R2 + BAI con distribución previa de r de FishLife). La distribución previa de r de FishLife se refiere a una distribución previa estimada utilizando los parámetros biológicos disponibles en la base de datos FishLife (www.fishbase.se/yellowfin_tuna) y los datos de composición por tallas utilizados en Stock Synthesis en un enfoque de modelo para derivar parámetros de biomasa excedente a partir del modelo de dinámica de población estructurado por edad (Winker *et al.*, 2018). Este enfoque ha sido utilizado previamente en otras evaluaciones de ICCAT y de las OROP, con el objetivo de poder comparar las series de los modelos de producción excedentes de biomasa y los modelos integrados basados en la talla y la edad, tales como Stock Synthesis. En todos los escenarios, el modelo pareció converger adecuadamente, aunque la inclusión del índice BAI empeoró los diagnósticos. En general, las cantidades de ordenación estimadas fueron comparables entre los diferentes ensayos.

Durante la reunión, se actualizó el ensayo del caso base de JABBA del SCRS/2019/119 utilizando una distribución previa de r basada en los resultados de ensayo stock synthesis de 2019. El Grupo decidió excluir los dos escenarios que utilizan distribuciones previas de 2016 (ensayos 1 y 3), ya que contienen información obsoleta sobre la biología del stock. Todos los ensayos presentados en la reunión se enumeran en la **Tabla 11**.

El Grupo expresó su preocupación por el hecho de que las distribuciones previas pudieran tener demasiada influencia en los resultados. Incluso la distribución previa no informativa elegida para el ensayo 5 parecía tener información debido a su forma lognormal. Por lo tanto, el Grupo recomendó crear un nuevo ensayo utilizando la distribución previa de FishLife pero con un CV mayor (ensayo 14). El aumento del CV de 0,3 a 0,6 permitió el modelo adaptarse con más libertad a los datos, y el modelo convergió en un valor de r cercano al estimado por stock synthesis (**Figura 21**). Esto dio al Grupo la seguridad de que el valor estimado para r en el modelo JABBA

es coherente con la información presente en la evaluación integrada. Sin embargo, tras constatar que este ensayo tenía un error cuadrático medio (RMSE) más elevado en el ajuste al índice y un fuerte patrón retrospectivo (previsible cuando se confiere más flexibilidad a la distribución previa), el Grupo optó por no utilizar un CV de 0,6 en la selección final de ensayos aceptados. El Grupo discutió la cuestión de considerar los resultados de un ajuste de modelo y usarlos como datos (como en el caso de la distribución previa stock synthesis). Sin embargo, consideró que comparar los resultados de JABBA utilizando la distribución previa de FishLife con el CV ampliado con los ensayos que utilizan la distribución previa de stock synthesis fue un ejercicio valioso para comprobar que los resultados del modelo son coherentes con los datos que se utilizan en la evaluación.

Tras la observación de que K y r parecen estar altamente correlacionados y que r se estima constantemente en un valor inferior al indicado por la distribución previa, se planteó la cuestión de si hay un factor inherente en mbp y JABBA que hace que estos modelos favorezcan valores más bajos de r . El Grupo no sabe si esta propensión observada a favorecer valores más bajos de r es una propiedad real del modelo o simplemente un resultado de los datos. El Grupo recomendó probar un ensayo de sensibilidad con ASPIC, cuyas propiedades están bien estudiadas, para comprobar si el modelo genera estimaciones similares para r . ASPIC no es capaz de controlar la estimación de r de la misma manera que JABBA o mbp, y cuando se utiliza con los índices disponibles produce estimaciones improbablemente bajas de r .

Con respecto a los índices, el Grupo cuestionó la conveniencia de utilizar la CPUE de ecosonda (BAI) en un modelo de producción, ya que refleja sólo la dinámica de los reclutas. Sobre esta base, el Grupo decidió eliminar este ensayo y, en su lugar, probar el impacto de añadir tres nuevos índices: EUPSFS, LL R1 conjunto y LL R3 conjunto al índice R2 conjunto. Todos los demás índices, a excepción del de EUPSFS, mostraron evidencia de falta de aleatoriedad de los valores residuales de las series temporales (**Figura 22**). No obstante, cada vez que se utiliza más de un índice, el conflicto entre índices se traduce sistemáticamente en una tendencia positiva de los valores residuales en los primeros años, y en una tendencia negativa de los valores residuales en los años más recientes. El Grupo debatió las deficiencias de cada índice. Tanto los índices LL como PS tienen deficiencias, como cambios en la estrategia de pesca en función de la especie objetivo, y avances tecnológicos que son difíciles de incorporar adecuadamente. Pero, basándose en el diagnóstico, la calidad del ajuste fue mejor cuando se utilizó sólo el índice LL R2 conjunto (**Figura 22**), por lo que el Grupo decidió utilizar el escenario 6 como caso base e incluir los otros índices (excepto para BAI) en los análisis de sensibilidad (ensayo 13). Se seleccionaron dos ensayos de sensibilidad adicionales para comparar los resultados obtenidos con la distribución previa stock synthesis frente a la distribución previa FishLife (ensayos 16 y 17).

Los ensayos JABBA que utilizan el índice de palangre de Venezuela (VEN LL) mostraron un ajuste deficiente al índice VEN LL, con una tendencia residual en el ajuste del índice, así como un incremento en el RMSE para el ajuste del modelo general. El Grupo acordó que los ensayos que incluyen el índice VEN LL no deberían utilizarse para la matriz de incertidumbre. Sin embargo, el Grupo reiteró su recomendación en cuanto a que estos datos deberían incluirse, si es posible, en el próximo desarrollo de un índice conjunto multinacional de CPUE LL.

Otra cuestión común a todos los ensayos fue la creciente tendencia observada en el error de proceso en la última década (**Figura 23**). En los modelos de estado-espacio, como JABBA, el error de observación se incorpora en el ajuste a los índices, pero el componente de error de proceso representa todos los demás procesos que no están directamente controlados u observados en los datos utilizados para la modelación (por ejemplo, crecimiento, reclutamiento, capturabilidad, captura, etc.). El Grupo observó que la tendencia creciente en el error de proceso se produjo el mismo año en que se impuso un cambio de selectividad al stock synthesis. Si el cambio en la selectividad está causando realmente este patrón en el error de proceso, se podría intentar resolverlo en el modelo de producción teniendo en cuenta alguna estructura autorregresiva en q . Aunque esta cuestión merece ser explorada más a fondo, su resolución está fuera del alcance de la actual reunión de evaluación.

Por último, el Grupo comparó los resultados de mbp y JABBA. Aunque el modelo bayesiano mostró una mejor convergencia y diagnóstico del modelo, ambos generaron estimaciones de parámetros similares, dando al Grupo seguridad en lo que concierne a la dinámica de población objeto estimada.

4. Resultados del estado del stock

4.1 Stock Synthesis

Tras el desarrollo del caso de referencia descrito en la Sección 3.1, el Grupo determinó los «ejes de incertidumbre» principales para desarrollar la «matriz de incertidumbre». Los ejes de incertidumbre incluían:

1. Utilización/no utilización del índice de juveniles obtenido a partir de datos de boyas con ecosonda (BAI)
2. Inclinación (0,8 y 0,9)

En los ensayos preliminares del modelo, lambda en la composición por tallas (1, 0,5) y la mortalidad natural (0,28; 0,35 y 0,42) también se incluyeron como posibles ejes de incertidumbre, pero finalmente se excluyeron de la matriz de incertidumbre final por las razones indicadas en la sección 3.1. En resumen, la baja mortalidad natural tuvo un desempeño diagnóstico deficiente, y la elevada mortalidad produjo resultados que parecían biológicamente no plausibles, aunque el análisis retrospectivo y la simulación retroactiva no revelaron conductas poco usuales. Los resultados de ponderar la composición por tallas con lambda establecido en 1 o 0,5 fueron prácticamente idénticos, pero lambda 0,5 generaba un mejor desempeño del modelo. La matriz de incertidumbre final de stock synthesis estuvo compuesta por cuatro combinaciones de los puntos anteriores. *Nota: el caso de referencia forma parte de la matriz de incertidumbre.* La lista completa de los ensayos del modelo, las verosimilitudes y algunos criterios diagnósticos se incluyen las **Tablas 8 y 9**.

Desempeño diagnóstico de los ensayos de Stock Synthesis

Todos los ensayos de la matriz de incertidumbre tienen componentes hessianos positivos definidos y de gradiente máximo inferiores a 0,0001. Las estimaciones de los parámetros para los modelos de la matriz de incertidumbre se muestran en la **Tabla 12** y tuvieron errores estándar relativamente bajos excepto algunos de los parámetros spline, los parámetros de K de Richards y la rama descendente del PS-West, aunque algunos de los CV son engañosos ya que se estimó que los parámetros en sí mismos eran muy cercanos a cero, inflando el CV. Además, había relativamente pocos parámetros altamente correlacionados, con algunas excepciones notables, como K y el parámetro de crecimiento de Richards. No había parámetros sujetos a límites en los ensayos de la matriz de incertidumbre.

Se realizó un conjunto completo de evaluaciones diagnósticas (perfiles de verosimilitud, fluctuaciones, retrospectivas, simulaciones retroactivas) para cada ensayo del modelo. Los análisis de fluctuaciones (n=50) indicaron que los modelos eran estables (es decir, que todas las estimaciones de MLE estaban dentro de una unidad de verosimilitud; **Figura 24**). El perfil de los parámetros clave (R0, inclinación, sigmaR y M) para el caso de referencia indicó que R0 era estimable (**Figura 25**) pero que la inclinación no lo era (**Figura 26**). Con respecto a R0, hubo conflicto entre los diversos componentes de los datos, donde los datos de la prospección propiciaron un valor mayor de R0, en relación con los datos de talla. Sin embargo, los datos de la prospección tuvieron poca influencia en la estimación de la verosimilitud máxima para ese parámetro. Los perfiles de mortalidad natural (M) en la edad 5 indican que los valores de 0,35 y más son igualmente probables (**Figura 27**), pero que los valores por debajo de 0,35 no cuentan con respaldo. Debido a la correlación bastante alta entre la inclinación y R0, la fijación de ciertos valores de inclinación predeterminó en gran medida R0 (**Figura 28**). Por lo tanto, era necesario fijar la inclinación. Sigma R parecía estimable (**Figura 29**) usando la rampa de corrección de sesgo de Methot y Taylor. Por lo tanto, se consideró innecesario incluir diferentes valores de sigmaR como parte de la matriz de incertidumbre.

Los análisis retrospectivos no mostraron un patrón fuerte para ningún modelo de matriz de incertidumbre (**Figura 30**). La simulación retrospectiva es un enfoque similar que puede ser utilizado para evaluar múltiples medidas de capacidad de predicción. En una simulación retroactiva, un modelo se ajusta a la primera parte de una serie de tiempo, y luego se proyecta durante el período omitido en el ajuste original. La capacidad de predicción puede ser evaluada comparando las predicciones de la proyección con las observaciones (Kell et al. 2016). Los resultados de la simulación retroactiva indicaron que los modelos de matriz de incertidumbre tenían dinámicas de población capaces de predecir las series de CPUE usadas (LL Area 2 conjunto, UE_PS_Banco libre) excepto el índice de boya con ecosonda (BAI) de rabil juvenil, que no puede ser objeto de una simulación retrospectiva porque no hay datos en dicha simulación para predecir desviaciones de la relación stock-reclutamiento (**Figura 31**).

También se realizó un diagnóstico del modelo de producción estructurado por edad (ASPM) (**Figura 32**). Este análisis se utilizó para determinar si los resultados de stock synthesis eran coherentes con la dinámica de población del modelo de producción estructurado por edad. Los tratamientos para este análisis fueron: **caso base** (el ensayo del modelo stock synthesis); **aspm**: ejecución de stock synthesis como ASPM utilizando los parámetros de selectividad del modelo integrado, no se utiliza la desviación del reclutamiento; **aspm_est**: igual que aspm pero desviación estimada del reclutamiento; **aspm_fix**: igual que aspm_est pero con desviación fija del reclutamiento del modelo integrado. Los resultados sugieren que los ensayos de stock synthesis se comportan de forma muy parecida a ASPM cuando se estructuran de forma similar.

Resultados del modelo

Se examinaron los ajustes a los índices (**Figuras 33–36**) y la composición por tallas agregada por flota (**Figuras 37 – 40**) y se consideraron aceptables. Las tendencias de la biomasa total, SSB, F y reclutamiento se muestran en las **Figuras 41 a 44** y en las **Tablas 13 y 14**. Las desviaciones del reclutamiento mostraron pocas tendencias en los valores residuales, aunque se detectaron algunos eventos de reclutamiento muy grandes, lo que incluye un gran evento de reclutamiento en 2017 en los ensayos que incluían el índice juvenil (EUPSFS). Los valores de selectividad estimados por el modelo se muestran en la **Figura 45**.

Las relaciones stock reclutamiento estimadas muestran poca evidencia de una relación entre la SSB y los reclutas (**Figura 46**) y no hubo suficiente contraste en los datos para estimar la inclinación a partir de los perfiles (véase la **Figura 26**). El reclutamiento por temporada indica que se estima que la fracción más grande de reclutas nació en las temporadas 1 y 2 (enero-junio) y la más pequeña en la temporada 4 (oct-dic) (**Figura 47**). La serie temporal de números por edad muestra poca evidencia de una estructura de cohortes fuerte y una disminución en la edad media de la población en el tiempo (**Figura 48**).

El rendimiento máximo sostenible estimado (RMS) en 2018, para los modelos de matriz de incertidumbre oscilan entre 101.779 y 120.468 t (**Tabla 15**). Estos valores fueron similares a los comunicados en la evaluación de 2016 (123.139 a 123.382 t). Los cálculos de los niveles de referencia variables en el tiempo muestran un aumento a largo plazo en SSB_{RMS} y un descenso general a largo plazo de F_{RMS} y RMS (**Figura 49**).

En general, las trayectorias estimadas de SSB/SSB_{RMS} y F/F_{RMS} mostraron tendencias muy similares en todos los modelos de matriz de incertidumbre de stock synthesis (**Figura 50**). La SSB/SSB_{RMS} mostraba una tendencia decreciente significativa desde los sesenta y el valor de SSB_{2018}/SSB_{RMS} fue el más bajo en la serie temporal, con valores que oscilaron entre 1,17 y 1,39. Estos valores fueron generalmente más elevados que los niveles de biomasa estimados en los ensayos de modelo de stock synthesis de 2016 (0,81 a 1,38). La mortalidad por pesca (explotación de biomasa) se incrementó hasta un máximo a comienzos de la década los ochenta y en los noventa, y descendió después hasta mediados de los 2000 antes de incrementarse de nuevo hasta niveles elevados en 2018 (**Figura 50**). La mortalidad por pesca en 2018 se situaba en o cerca del nivel más elevado de la serie temporal. Los valores estimados de F_{2018}/F_{RMS} oscilaron entre 0,86 y 1,19.

Resultados combinados de la matriz de incertidumbre de stock synthesis

Se desarrolló un gráfico de Kobe utilizando los resultados de stock synthesis de todos los modelos de matriz de incertidumbre. Con arreglo a los resultados de stock synthesis, la SSB/SSB_{RMS} estimada indica que el stock de 2018 no está sobrepescado (1,32 con CI de 90%: 1,02-1,69; **Figura 50**, arriba y **Figura 51**). La F/F_{RMS} en 2018 varió en función del escenario del modelo, pero en conjunto sugirió que el stock está cerca del umbral de sobrepesca (0,93 con CI de 90%: 0,56-1,43; **Figura 50**, abajo y **Figura 51**). En 2018, la probabilidad de estar experimentando sobrepesca y de estar sobrepescado (rojo) era del 3,4%, la probabilidad de estar sobrepescado, pero no experimentando sobrepesca (amarillo) era del 0,5%, la probabilidad de no estar sobrepescado pero estar experimentando sobrepesca (naranja) era del 36,9% y la probabilidad de no estar sobrepescado ni experimentando sobrepesca (verde) era del 59,3%.

4.2 Modelo de producción excedente (MPB)

Después de que el Grupo debatiera el documento SCRS/2019/115, se presentaron los resultados del MPB actualizado. Para MPB, el Grupo acordó un caso de referencia utilizando dos índices de abundancia: el índice conjunto de palangre Región de región02 y el índice de cerco UE en bancos libres (EUPSFS). Se realizaron 500 bootstraps para caracterizar la incertidumbre estadística de este caso de referencia. La **Tabla 16** muestra los parámetros estimados y los niveles de referencia basados en el RMS resumidos por medias, medianas e intervalos de confianza del 90 %.

La trayectoria de la biomasa estimada (**Figura 52**, panel superior) mostró una tendencia continua a la baja desde 1950 hasta principios de la década de 2000, y una tendencia ligeramente creciente posteriormente (**Tabla 17**). La mortalidad por pesca aumentó gradualmente a partir de 1950 y alcanzó su valor máximo histórico a principios de la década de 2000 (**Figura 52**, panel inferior, **Tabla 17**). Descendió gradualmente a finales de la década de 2000 y se mantuvo estable, sin embargo, se ha observado un cierto incremento en los años recientes (2005-2018). El análisis retrospectivo (**Figura 53**) muestra un patrón en el que el modelo tiende a sobrestimar la biomasa y subestimar la mortalidad por pesca a medida que se añade un nuevo año de datos. Los ensayos retrospectivos se proyectaron hacia adelante con observaciones de captura (diagnóstico retrospectivo) y se compararon las nuevas

tendencias de la biomasa con el caso de referencia. Los resultados (**Figura 54**) muestran una capacidad de predicción relativamente buena, tal y como indicaba la biomasa predicha encuadrada dentro de los intervalos de confianza de la estimación de bootstrap, excepto para el caso retrospectivo que se remonta 10 años.

En las **Figuras 55** y **56** se muestra la trayectoria estimada del stock en un diagrama de Kobe y la distribución de densidad marginal del bootstrap de las estimaciones relativas del estado del stock en 2018. La **Figura 56** también muestra las probabilidades de que el stock se encuentre en los diferentes cuadrantes del diagrama de Kobe. Según las estimaciones del caso de referencia MPB, el stock de rabil del Atlántico no está actualmente sobrepescado y ni experimentando sobrepesca (área verde del diagrama de Kobe) con una probabilidad del 56 %.

4.3 Modelo bayesiano de producción excedente (JABBA)

Después de que el Grupo revisara el documento SCRS/2019/125 y discutiera varios escenarios adicionales (**Tabla 11**), se acordó que los cuatro escenarios siguientes (caso base, S2, S3 y S5) constituirían los casos de referencia finales para JABBA.

- Caso base: Índice de palangre conjunto Región 02, y utilización de la distribución previa de r de la configuración stock synthesis en 2019.
- S2: Índice de palangre conjunto Región 02, y utilización de la distribución previa de r de Generic FishLife.
- S3: Índice de palangre conjunto Regiones 02 y 01 y cerqueros UE en banco libre (EUPSFS), y utilización de la distribución previa de r de la configuración stock synthesis en 2019.
- S5: Índice de palangre conjunto Regiones 02 y 01 y cerqueros UE en banco libre (EUPSFS), y uso de la distribución previa de r de Generic FishLife

El Grupo acordó realizar dos ensayos de sensibilidad (S6 y S7) basados en los escenarios de caso base y S2 para evaluar el efecto del índice de palangre venezolano proporcionado durante la reunión de evaluación de stock:

- Sensibilidad S6: Caso base + índice de palangre venezolano
- Sensibilidad S7: S2 + índice de palangre venezolano

Los parámetros y valores estimados de biomasa y mortalidad por pesca para todos los casos de referencia se muestran en las **Tablas 18** y **19**. La trayectoria del B/B_{RMS} en el caso base de referencia mostró una tendencia descendente continua desde 1950 hasta 2018 (**Figura 57**, panel derecho). En la década de 2010, la tendencia se volvió relativamente plana, pero se alcanzó el nivel más bajo de la historia y se mantuvo por debajo de B_{RMS} (caso base $B_{2018}/B_{RMS} = 1,02$). La trayectoria de F/F_{RMS} (**Figura 57** panel izquierdo) mostró una tendencia general al aumento desde el comienzo de la serie temporal hasta el final de esta, excepto varios años a mediados de la década de 2000. La F/F_{RMS} en 2016 se incrementó rápidamente hasta alcanzar el valor histórico más alto (1,02), y se mantuvo cerca de 1,0 después, pero sin sobrepesca ($F_{2018}/F_{RMS} = 0,95$). También se examinó un análisis retrospectivo que abarcaba ocho años que no mostró patrones retrospectivos y las estimaciones fueron muy consistentes entre los casos explorados (**Figura 58**).

Todos los casos de referencia mostraron, en general, tendencias similares en B/B_{RMS} y F/F_{RMS} (**Figura 59**), pero los valores mostraron dos patrones paralelos, con la excepción de B/K ; el caso base y S3 por un lado; y S2 y S5 por otro, fueron muy similares. Los valores estimados de K en el caso base y S3 fueron mayores que los de S2 y S5 (**Tabla 18**), debido a los diferentes supuestos sobre la distribución previa de r (utilización de la distribución previa de r en la configuración stock synthesis en 2019 o de Generic FishLife). Estas diferencias produjeron valores de B/B_{RMS} más altos y valores de F/F_{RMS} más bajos en el caso base y S3 en comparación con los de S2 y S5.

Para los cuatro casos de referencia se llevó a cabo una simulación retrospectiva (Kell *et al.*, 2016) proyectando el período omitido de últimos ocho años de la serie temporal y realizando una comparación con los modelos que utilizaron la serie temporal completa (**Figura 60**). La capacidad de predicción del índice de palangre conjunto Región 02 produjo mejores resultados para el caso base que para el ensayo S2. Cuando se usaron varias CPUE en S3 y S5, el modelo no predijo adecuadamente el índice de palangre conjunto Región 02, mientras que las proyecciones para los otros índices tuvieron mejores resultados. Todos los índices predichos se inscribieron en los intervalos de confianza del 95 % para 10.000 iteraciones MCMC.

El Grupo exploró los análisis de sensibilidad incluyendo el índice de palangre venezolano en los ensayos S3 y S5 (sensibilidad S6 y S7). El diagnóstico de valores residuales (**Figura 61**) y la aleatoriedad de las series temporales de valores residuales de CPUE (**Figura 62**) mostraron una fuerte tendencia y patrón en el índice de palangre venezolano. El RMSE aumentó, pasando del 9 % en el caso base de referencia al 47 % con este índice. Dado que el uso del índice venezolano no mejoró los modelos JABBA, el Grupo no recomendó su uso en ese momento. En su lugar, el Grupo recomendó que se incluyeran los datos del índice de palangre de Venezuela en el método de estandarización del índice de palangre conjunto para las pesquerías del Atlántico.

El Grupo revisó las trayectorias de B_{2018}/B_{RMS} y F_{2018}/F_{RMS} del cada caso de referencia de JABBA (**Figura 63**). Al Grupo le preocupaba que algunas de los diagramas de Kobe no mostraran un patrón típico en sentido contrario a las agujas del reloj, ya que el estado del stock pasaba de un nivel de subexplotación, atravesando un periodo de pesca no sostenible, hasta la fase de sobreexplotación. Esto podría estar relacionado con los cambios en la selectividad a lo largo de las series temporales, que los modelos de producción excedente no suelen tener en cuenta. Este patrón es más sensible en JABBA, que estima el error de proceso (ver Sección 3.3), lo que puede explicar la distinción entre los modelos JABBA y MPB.

Las distribuciones a posteriori combinadas de B_{2018}/B_{RMS} y F_{2018}/F_{RMS} de los cuatro casos de referencia de JABBA (**Figura 64**) predijeron un 48,9 % de probabilidad de que el stock siga estando sobrepescado y de que la sobrepesca se siga produciendo (cuadrante rojo), mientras que la posibilidad de que se sitúe en el cuadrante verde es del 42,6 %, en el amarillo del 6 % y en el naranja del 2,5 % (es decir, sobrepesca, pero no sobrepescado).

4.4 Síntesis de los resultados de la evaluación

Datos de entrada y estructura del modelo

Durante la reunión de preparación de datos, el Grupo llegó a un acuerdo sobre los datos de entrada que se utilizarán con las dos plataformas de modelación que se consideran apropiadas para la evaluación del estado del stock: los modelos de producción (JABBA y MPV) y un modelo de evaluación estadísticamente integrado (Stock Synthesis). Un subconjunto de los datos de entrada tuvo que ser preparado/actualizado después de la reunión de preparación de los datos (por ejemplo, captura por flota, datos de talla e índices de abundancia VEN LL, de boyas (BAI) y de bancos libres de la UE (EUPSFS)). En la reunión de preparación de datos, el Grupo también acordó los principales ejes de incertidumbre asociados con los diferentes datos de entradas y estructuras de los modelos: mortalidad natural, crecimiento, productividad del stock (r o inclinación), subconjuntos de índices de abundancia, peso estadístico de los diferentes datos de entrada.

Durante la reunión, el Grupo investigó un conjunto inicial de modelos ajustados durante el periodo intersesiones junto con los diagnósticos apropiados (valores residuales del ajuste a cada conjunto de datos, predicciones de simulaciones retrospectivas, análisis retrospectivos, perfiles de verosimilitud para cada parámetro y datos de entrada, diagnóstico ASPM para stock synthesis, diferencias entre las distribuciones previas y a posteriori para los modelos bayesianos). Se eliminaron del conjunto de datos los ensayos de modelos que se consideraron que tenían diagnósticos inapropiados. El diagnóstico fallido de algunos ensayos del modelo se utilizó también para revisar los ejes de incertidumbre y las especificaciones finales del modelo.

Los siguientes ensayos del modelo de producción se consideraron para el asesoramiento de ordenación:

- JABBA con el índice de palangre conjunto de la zona tropical (región 2) y la distribución previa para r coherentes con las estimaciones de Stock Synthesis de 2019.
- JABBA con el índice de palangre conjunto de la región 2 y la distribución previa de r basada en los datos de entrada de FISHLIFE
- JABBA con índices de palangre conjuntos de la región 2 y la zona norte (región 1) e índice de cerco en bancos libres, y distribución previa de r coherente con las estimaciones de Stock Synthesis de 2019.
- JABBA con índice de palangre conjunto de la región 2 y la región 1 e índice de cerco en bancos libres y distribución previa de r basada en datos de FISHLIFE.
- MPB con índice de palangre conjunto de la región 2 e índice de cerco en bancos libres

Se utilizaron cuatro ensayos de modelo de Stock Synthesis para el asesoramiento de ordenación, obtenidos mediante la combinación de dos valores de inclinación y dos conjuntos de índices de abundancia:

- sin índice de abundancia de boyas (BAI) y con inclinación 0,8 (ensayo 1)

- sin índice de abundancia de boyas y con inclinación 0,9 (ensayo 2)
- con índice de abundancia de boyas y con inclinación 0,8 (ensayo 3)
- con índice de abundancia de boyas y con inclinación 0,9 (ensayo 4)

Todas las demás especificaciones de stock synthesis fueron las mismas para los cuatro ensayos del modelo. Las especificaciones más importantes de Stock Synthesis que cabe destacar son las siguientes:

- La mortalidad natural cambia con la edad, y para la edad 5 es 0,35.
- El modelo de crecimiento de Richard se estimó inicialmente con datos de composición por edad y sus parámetros se fijaron para los ensayos stock synthesis finales.
- Todos los modelos incluían el índice de palangre conjunto para la región 2 y el índice de cerco en bancos libres.
- Se usó el índice de boyas (BAI) como índice trimestral de abundancia para las pesquerías sobre DPC
- El peso estadístico de los datos de composición por talla se fijó en 0,5 para todos los ensayos
- Introducción de algunos cambios en la estructura de las flotas acordados durante la reunión de preparación de datos, incluida la adición de nuevos períodos de cambio en la selectividad para algunas flotas
- Eliminación de algunos conjuntos de datos de talla para ciertas pesquerías que no podían integrarse en la estructura final de la flota del modelo
- Los datos no son suficientes para estimar las desviaciones del reclutamiento en 2018, el último año de evaluación.

Estado del stock

La tendencia en la biomasa estimada para todos los modelos muestra una disminución general continua de la biomasa a lo largo del tiempo. Los ensayos de stock synthesis sugieren unos pocos períodos de grandes aumentos en la biomasa reproductora asociados con episodios de alto reclutamiento. Dichos reclutamientos muy elevados solo se han producido tres veces en el periodo que va de 1960 a 2017. Los modelos de producción muestran unos incrementos mucho menos pronunciados en la biomasa total en momentos equivalentes. Cabe señalar, sin embargo, que para todos los modelos existen grandes incertidumbres en el valor de la biomasa en cualquier momento de la historia, lo que incluye 2018 (**Figura 65**). La mayoría de los ensayos del modelo dan lugar a biomazas a finales de 2018 por encima del nivel que produce el RMS (**Figura 66**).

Las estimaciones de la mortalidad por pesca histórica muestran tendencias similares para todos los modelos. En la mayoría de los ensayos de los modelos, la mortalidad por pesca aumentó progresivamente hasta principios de los años ochenta, variando su nivel hasta mediados de los noventa, tras lo cual disminuyó gradualmente hasta mediados de la década de 2000. Desde mediados de la década de 2000, la mortalidad por pesca ha mostrado una tendencia general creciente, con fluctuaciones hasta 2018. En general, los modelos estiman que la mortalidad por pesca en 2018 fue cercana a la mortalidad por pesca que produciría el RMS, y la mayoría de los modelos estiman que la mortalidad por pesca está por debajo de ese nivel. Una vez más, para todos los modelos existen grandes incertidumbres sobre el valor de la mortalidad por pesca en cualquier momento de la historia, incluido el año 2018 (**Figura 67**).

Es importante señalar que el modelo stock synthesis es el único que puede proporcionar estimaciones del reclutamiento reciente. Según las estimaciones, el reclutamiento no se aparta de la relación stock-reclutamiento para 2018, debido a la gran incertidumbre en las estimaciones de reclutamiento del año terminal. La estimación del reclutamiento en 2017 es también más incierta que en años anteriores, en parte porque no hay datos de frecuencias de tallas de 2018 para corroborarla o contrastarla. Los modelos de stock synthesis que usan el índice de boyas sugieren un reclutamiento muy alto en 2017, mientras que los modelos que no usan el índice de boyas sugieren que el reclutamiento en 2017 fue superior al promedio, pero no particularmente alto. Los supuestos alternativos sobre el reclutamiento producen algunas diferencias en las estimaciones de las tendencias históricas y del estado actual, pero las mayores diferencias se observan en las proyecciones, que se debaten la siguiente sección.

Al considerar cómo sintetizar el asesoramiento de ordenación (por ejemplo, el estado actual [2018] del stock), el Grupo consideró una serie de factores. En general, se puede considerar que stock synthesis es un modelo más apropiado para la situación observada en las pesquerías de YFT, en las que la selectividad global ha evolucionado con el tiempo, principalmente hacia un aumento de la probabilidad de capturar peces pequeños. Los modelos de

producción excedente no tienen esto en cuenta. Esta fue la base para desarrollar el estado final y el asesoramiento de proyección para BET en 2018 sólo con stock synthesis. Sin embargo, en esta evaluación de rabil, se consideró que los resultados de stock synthesis eran muy sensibles a los datos de entrada y a las estructuras de modelos alternativos considerados. El Grupo consideró que los ensayos aceptados de modelos de producción excedente reflejaban hipótesis diferentes y razonables para la dinámica de la población de rabil y, por lo tanto, se incluyeron en el asesoramiento de ordenación.

Se consideró que los cuatro ensayos del modelo de stock synthesis representaban un reclutamiento alternativo e hipótesis de inclinación. De la misma manera, los ensayos de JABBA abordaron diferentes hipótesis sobre las distribuciones previas iniciales de r , y sobre qué índices de abundancia representaban a la población. Finalmente, el caso base seleccionado para MPB estimó las tendencias de biomasa y mortalidad por pesca que presentaban alguna variación con respecto a JABBA. El Grupo decidió que, con el fin de captar dicha incertidumbre en la dinámica de la población para desarrollar el asesoramiento en materia de ordenación, era mejor incorporar los resultados de todos los ensayos del modelo aceptados.

El Grupo decidió asignar el mismo peso a los resultados del modelo de producción excedente que a los del modelo de evaluación integrado. En lo que concierne a los modelos de producción excedente, se asignó el mismo peso a JABBA y a MPB. Dentro de cada plataforma de modelación (JABBA y stock synthesis), se asignó el mismo peso a todos los ensayos. Todos los niveles de referencia se calcularon siguiendo este esquema de modelación. Se calculó una distribución de las estimaciones de cada nivel de referencia combinando el siguiente número de estimaciones aleatorias de los diferentes modelos: 100 para cada uno de los cuatro modelos JABBA, 400 para el modelo MPB y 200 para cada modelo stock synthesis. Esto proporcionó un conjunto de 1.600 iteraciones. La mediana, así como los percentiles 5 y 95 se calcularon a partir de cada distribución.

Para los resultados combinados (MPB, JABBA, SS) utilizados para elaborar el asesoramiento de ordenación, la mediana estimada de B_{2018}/B_{RMS} se situó en 1,17 (0,75, 1,62) y la mediana estimada de F_{2018}/F_{RMS} en 0,96 (0,56, 1,50). Se estimó una mediana de RMS de 127.558 t con intervalos de confianza del 90 % de 98.268 y 267.350 t (**Tabla 20**). La combinación de los resultados de todos los modelos proporciona una forma de estimar la probabilidad de que el stock se encuentre en cada cuadrante del diagrama de Kobe en 2018 (**Figura 68**). Las probabilidades correspondientes son del 54 % de situarse en el cuadrante verde (no sobrepescado ni objeto de sobrepesca), 21 % de situarse en el naranja (objeto de sobrepesca, pero no sobrepescado), 2 % de situarse en el amarillo (sobrepescado pero no objeto de sobrepesca) y 22% de situarse en el rojo (sobrepescado y objeto de sobrepesca).

5. Proyecciones

El Grupo acordó proyectar cada uno de los modelos (es decir, stock synthesis, MPB y JABBA) utilizando las siguientes especificaciones generales:

- Intervalo de proyección: El Grupo acordó hacer proyecciones con un intervalo de 14 años, 2020-2033, que corresponde a dos generaciones de rabil.
- Captura de 2019: Se fijó en 131.042 t, la misma captura estimada para 2018.
- Se hicieron proyecciones de capturas constantes de 0 t, y 60.000 - 150.000 t, con intervalos de 10.000 t: 11 escenarios de captura en total.
-

Para la configuración stock synthesis:

- Reclutamiento: Basado en la relación stock-reclutamiento estimada sin desviaciones de reclutamiento
- Selectividad y asignación de flotas: Es necesario especificar el patrón de selectividad para las proyecciones. El patrón adecuado es específico del modelo. Utilización del promedio de los tres últimos años del modelo (2016-2018)

5.1 Stock synthesis

Para la matriz de incertidumbre de stock synthesis, la incertidumbre estadística de las proyecciones de captura se estimó utilizando 2.500 iteraciones de multivariantes normales (MVN) para cada modelo de la matriz (ensayo 1 (caso de referencia), ensayo 2, ensayo 3 y ensayo 4) para cada escenario de captura constante. Debido al problema técnico del enfoque MVN, los valores de F/F_{RMS} superiores a 4 y de B/B_{RMS} inferiores a 0,2 fueron sustituidos por 4 o 0,2 (SCRS/2019/145). En la **Figura 69** se muestran las trayectorias de la biomasa y la mortalidad por pesca relativas utilizando la mediana de las iteraciones MVN. Las proyecciones de los ensayos 1, 2, 3 y 4 (**Figura 69**) mostraban que la mediana de las iteraciones MVN podría mantener el stock por encima del nivel de B_{RMS} y por debajo de F_{RMS} desde ahora hasta 2033 con capturas constantes inferiores a 110.000 t, 120.000 t, y 130.000 t, respectivamente. Sin embargo, las proyecciones en los ensayos 1 y 2 indican claramente que una captura constante superior a 140.000 t provocaría una caída de la población en años posteriores.

5.2 MPB

Se realizaron proyecciones de capturas de las 5000 iteraciones desarrolladas a partir del caso de referencia MPB. En la **Figura 70** se ilustran las trayectorias determinísticas de la biomasa y la mortalidad por pesca relativas. Las proyecciones con MPB (**Figura 70**) mostraban que, de acuerdo con la mediana de las iteraciones de 5000 bootstrap, capturas constantes inferiores a 130.000 t podrían mantener el stock en o por encima del nivel de B_{RMS} y por debajo de F_{RMS} desde ahora hasta 203.

5.3 JABBA

Se realizaron proyecciones de captura de 36.000 iteraciones de MCMC para cada caso de referencia de JABBA (caso base, S2, S3 y S5). En la **Figura 71** se ilustran las trayectorias de la biomasa y de la mortalidad por pesca relativas utilizando la mediana de las iteraciones MCMC. Las proyecciones con JABBA en el caso base, en S3 y en S5 (**Figura 71**) mostraban que, de acuerdo con la mediana de las iteraciones de MCMC, capturas constantes inferiores a 130.000 t podrían lograr la recuperación (S5) o el mantenimiento del estado del stock hasta un nivel igual o superior al de B_{RMS} e inferior al de F_{RMS} desde ahora hasta 2033. Sin embargo, la proyección con S2 mostraba que el stock podría recuperarse hasta un nivel igual o superior a B_{RMS} e inferior a F_{RMS} desde ahora hasta 2033 con capturas constantes inferiores a 120.000 t.

5.4 Síntesis de las proyecciones

Se facilitaron las proyecciones de captura combinadas entre los 9 ensayos (caso base, S2, S3 y S5), MPB, y Stock Synthesis (ensayos 1, 2, 3 y 4) con capturas constantes que oscilaban entre 0 t, 60.000 t y 150.000 t. El método utilizado para combinar los resultados de la proyección se describe en la sección 4.4. En los resultados de las proyecciones de los modelos Stock Synthesis y JABBA, se predijeron algunas iteraciones con ratios de biomasa excepcionalmente pequeñas y ratios de F extremadamente elevadas, lo que indica el potencial de que el stock colapse. Por tanto, la probabilidad de que la biomasa sean inferior al 20 % de la biomasa que permite el RMS se calculó para cada año de la proyección y cada escenario de captura (**Tabla 21**). La probabilidad aumentaba con niveles de captura más altos y en los últimos años proyectados. Se observaron probabilidades de más del 1% o el 10% con capturas constantes de más de 110.000 t o 140.000, respectivamente. La probabilidad más elevada fue del 23,3%, con una captura constante de 150.000 t en 2033. Cabe señalar que la referencia elegida, el 20% de la biomasa que permite el RMS, se eligió con fines informativos y no ha sido adoptada formalmente por el SCRS para los tónicos tropicales.

Las proyecciones combinadas muestran que la captura constante de 120.000 t mantendrá más del 50% de probabilidades de encontrarse en el cuadrante verde antes de 2033 (**Figura 72** y **Tabla 22**: Matriz de Kobe II).

6. Recomendaciones

6.1 Ordenación

Basándose en la evaluación del stock de 2019, se estimó que la biomasa del stock de rabil del Atlántico se encontraba por encima de la biomasa que puede permitir el RMS de forma continua (no sobrepescado, 1,17 B/B_{RMS} en 2018) y que la actual mortalidad por pesca se encontraba en o cerca del umbral de sobrepesca (0,96 F/F_{RMS} en 2018). El Grupo indicó que los informes de captura para 2018 era incompletos, estimándose el 42% de la captura total estimada utilizando la media de los tres años previos por CPC y tipo de arte. Además, en el momento de la

evaluación no se disponía de datos de talla para 2018. Esto podría añadir incertidumbre a las estimaciones del estado del stock del año terminal para 2018 y el Grupo recomienda que el asesoramiento final del SCRS tenga en cuenta cualquier diferencia entre estas estimaciones actuales y las capturas declaradas para 2018 disponibles en las sesiones plenarias.

Los resultados de las proyecciones indicaban que niveles de captura de 120.000 t o inferiores mantendrían la biomasa del stock en buen estado hasta 2033 inclusive. Sin embargo, el Grupo indicó que las estimaciones de captura más recientes sugieren que las capturas totales han superado las 120.000 t cada año desde 2015, y el Grupo manifestó su preocupación por el hecho de que estos excesos de captura se prevé que degraden aun más el stock de rabil si continúan produciéndose. Además, dado que se siguen produciendo importantes excesos de captura, las medidas existentes de conservación y ordenación parecen ser insuficientes, y el Comité recomienda que la Comisión refuerce dichas medidas.

La Comisión debería ser consciente de que mayores capturas de rabil pequeño, y mayores capturas de patudo, si se realizan en DCP, podrían tener consecuencias negativas a largo plazo en el estado del stock y en el rendimiento sostenible. 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 rabil y patudo pequeños (por ejemplo, la relacionada con los DCP y otros tipos de mortalidad por pesca del rabil pequeño).

6.2 Investigación y estadísticas

- Durante la reunión de evaluación se debatieron una serie de cuestiones relacionadas con los descartes de las flotas palangreras de Taipei Chino, las prácticas actuales y su impacto en el índice de palangre conjunto. El Grupo recomendó que el impacto potencial asociado con los descartes en el índice palangrero conjunto sea investigado más a fondo y que se hagan revisiones como las que se hicieron para la evaluación del stock de patudo.
- En 2018, no se facilitó financiación alguna para realizar el trabajo de MSE de rabil de 2019. Sin embargo, si se va a utilizar la MSE para proporcionar asesoramiento sobre tónidos tropicales en 2022, es hora de reactivar el proceso. El Grupo recomendó que se revisara el plan de trabajo de MSE y solicitó financiación para continuar el proceso. También se sugirió que se estudiaran otras fuentes de financiación para el trabajo.
- El Grupo recomendó la evaluación de enfoques para mejorar las estimaciones de M y para desarrollar matrices de incertidumbre que consideren las correlaciones entre los parámetros biológicos clave, por ejemplo, M y la inclinación, de tal modo que puedan identificarse y eliminarse las combinaciones biológicamente no plausibles
- El Grupo recomendó que se incrementen las actividades de muestreo y determinación de la edad para los rabiles pequeños (≤ 65 SFL, especialmente < 30 cm SFL) utilizando recuentos diarios de anillos y peso de otolitos para comprender mejor la dinámica del crecimiento en los años iniciales, y el patrón aparente en el crecimiento en dos estanzas/lento en la fase inicial.
- El Grupo recomendó que el científico venezolano y la Secretaría revisen los datos de talla para 2006 y otros años, ya que se identificaron valores atípicos para este año en particular en varias flotas.
- El Grupo recomendó que si es posible se incluyan los datos de captura y esfuerzo de Venezuela de las pesquerías palangreras en el próximo desarrollo de un índice conjunto multinacional de CPUE de palangre.
- Dado que las presentaciones son una parte cada vez más importante de las reuniones del SCRS, el Grupo solicitó que el SCRS debata posibles cambios en el proceso utilizado para la gestión y archivo de dichas presentaciones durante la reunión plenaria, con el fin de:
 - mejorar la capacidad de los científicos a la hora de acceder a dicho material en el futuro
 - Referenciar adecuadamente el material presentado
 - dejar claro a los autores de las presentaciones si el material puede o no ser citado en los informes de ICCAT
- Se recomendó que los científicos de Ghana proporcionasen al SCRS una revisión de los datos disponibles a través del proyecto EMS, comparándolos con los datos procedentes de observadores en el mar y muestreadores en puerto.

7. Otros asuntos

La Secretaría de ICCAT presentó un resumen de las solicitudes activas de la Comisión en relación con los túnidos tropicales (**Apéndice 5**). Durante la reunión se presentó información y se debatieron dos de estas solicitudes. El siguiente texto es un resumen de estas discusiones y tiene por objeto ayudar al Grupo a desarrollar las respuestas durante la reunión de septiembre del Grupo de especies.

Evaluación de la eficacia de la veda espacio-temporal establecida en el párrafo 13 para reducir las capturas de túnidos tropicales juveniles Rec. 16-01, párrafo 15

En 2018, el SCRS recomendó que se evalúe la eficacia de vedas más largas y extensas.

En el documento SCRS 2019/107 se presentaba un enfoque alternativo para gestionar las pesquerías de cerco de los stocks de túnidos tropicales, que utilizan vedas de pesca en lugar de límites de captura para la pesquería de cerco. La duración de las vedas se estima en función de una reducción prevista de la captura, mediante un modelo que utiliza datos de pesca y valores de entrada de las últimas evaluaciones de stocks de túnidos tropicales. La propuesta consiste en establecer dos vedas para conseguir la reducción de actividad que se pretende, permitiendo que cada unidad pesquera seleccione la veda durante la cual permanecerá en puerto, de tal forma que no se vea comprometido el suministro al mercado. El enfoque es similar al utilizado en la IATTC, que ha dado buenos resultados durante varios años.

Se propone que las vedas totales sean más eficaces que los TAC, o vedas espacio-temporales, porque: son totalmente inclusivas en términos de las unidades de pesca y stocks cubiertos (objetivo y captura fortuita); no dan lugar a una comunicación errónea de las capturas; y no se ven socavadas por cambios en la especie objetivo o en la selectividad debidos a la redistribución del esfuerzo o por cambios en la configuración de los artes o en el modo de pesca. Los autores aventuraron la hipótesis de que a la hora de lograr las metas establecidas por la Comisión serán más efectivas que los TAC basados en stocks, que durante muchos años se han sobrepasado tanto en ICCAT como en la IOTC.

El modelo incluye una herramienta que puede expresar la reducción que se pretende en términos del número de días de veda requeridos y el número de vedas que se podrían implementar para lograr ese objetivo. Además, el modelo es multiespecífico y puede establecerse para alcanzar los objetivos tanto para los stocks objetivo como para los de captura fortuita, evitando los efectos perjudiciales que pueden tener los TAC establecidos para stocks individuales sobre las pesquerías multiespecíficas.

Durante el debate, se indicó que en el documento SCRS/2019/107 las capturas de peces inmaduros/maduros por modo de pesca estimadas por el modelo para el patudo no reflejaban los valores calculados a partir de las pesquerías actuales.

Los autores señalaron que el propósito del análisis presentado era mostrar la herramienta y cómo con dicha herramienta se puede evaluar el logro de cualquier objetivo expresado como porcentaje de reducción en la captura de peces inmaduros/maduros. Los autores tienen la intención de modificar los valores de entrada para que se ajusten más a las estimaciones actuales de las pesquerías atlánticas, y presentarán el nuevo análisis en la próxima reunión plenaria del SCRS.

Se debatieron varios puntos sobre los supuestos del modelo en relación con el patrón de esfuerzo durante los períodos de pesca abiertos. Los autores partieron del supuesto de que había pocas posibilidades de que el esfuerzo aumentara en el período abierto. Se argumentó que las actuales operaciones de cerco ya son muy eficientes y que resultará difícil que los buques aumenten su eficiencia al acortarse los períodos en los que desembarcan o si se planifica su mantenimiento y reparación para que coincidan con el período de veda. Una de las limitaciones de esto último lo constituye el hecho de que hay pocos lugares disponibles para el mantenimiento de los buques. Sin embargo, se indicó que en el caso de la veda de la IATTC al menos una flota pudo incrementar el esfuerzo aumentando la eficiencia y reprogramando el periodo de mantenimiento para que coincida con el período de veda.

Otra pregunta que se planteó fue si habría alguna posibilidad de redistribución del esfuerzo de cerco a otros océanos (Pacífico y/o Índico) durante dichas vedas. La percepción de los autores fue que esto sería poco probable dada la duración de las vedas consideradas. En el caso del Pacífico, esa redistribución del esfuerzo del Pacífico oriental al Pacífico central se ve limitada por la falta de oportunidades de pesca que ofrecen los países PNA en lo que concierne al acceso a sus aguas. La mayoría de las OROP tienen restricciones de capacidad que podrían limitar dicho movimiento de los cerqueros. Claramente, es difícil predecir qué efectos pueden tener las nuevas vedas

atlánticas en el movimiento transoceánico del esfuerzo de los cerqueros. Todas las OROP de túnidos deberían ser conscientes de estos posibles efectos al tomar sus decisiones de imponer nuevas vedas largas y deberían considerar el reforzamiento de las restricciones de capacidad con respecto a dichos movimientos.

Una de las razones por las que las capturas han superado los TAC en los últimos tiempos es que las CPC han ejercido su derecho a desarrollar flotas de cerco. Se preguntó si las vedas afectarían o no a este patrón en el futuro. Los autores respondieron que el incentivo para ingresar a la pesquería o incrementar la captura de nuevos/recién llegados se mantendría, sin embargo, los nuevos participantes tendrían que aceptar que también estarían sujetos a las vedas.

Los autores también señalaron que dichas vedas tendrían que ser revisadas continuamente y que la asignación de días abiertos debería cambiarse en respuesta a las condiciones del stock o stocks.

Se señaló que el análisis asume que las vedas no afectan a la CPUE potencial en el período abierto, pero que dicho supuesto puede no ser correcto. Es posible que la acumulación de biomasa durante las vedas pueda dar lugar a un aumento de la CPUE al reabrirse la zona. Se debatió el hecho de que las vedas estacionales de la IATTC no han mostrado ninguna prueba de aumentos sustanciales de CPUE después de la apertura, aunque cabe señalar que los buques de la IATTC pueden elegir qué veda van a cumplir. Por lo tanto, el esfuerzo pesquero nunca llega a cero durante las vedas, sólo se reduce.

Un punto importante que se recalcó fue que es poco probable que las vedas sin alguna medida de restricción de capacidad sean beneficiosas desde el punto de vista económico. Se entiende que la veda se aplicará también a los buques auxiliares. En la IATTC se ajusta la capacidad de esfuerzo con un multiplicador que se calcula cada año y vincula el número de días de pesca de la veda con el estado de los stocks. Un posible mecanismo para controlar la capacidad podría ser exigir a las CPC que informen a ICCAT de cualquier incremento propuesto en el número de buques pesqueros con tiempo suficiente para que se puedan volver a calcular los días de apertura permitidos. Estas vedas deberían tener beneficios en términos de reducción de la captura fortuita porque se prevé que reduzcan el esfuerzo global de los cerqueros.

Se señaló que el sistema actual de TAC específicos de los stocks establece limitaciones para las flotas para las que las especies sujetas a un TAC pueden no ser el objetivo principal, sino más bien una captura fortuita. Recientemente, las flotas artesanales de pequeña escala de algunas CPC han tenido que dejar de pescar porque se ha alcanzado el límite nacional de captura de patudo, cuando en realidad el patudo no era su objetivo principal. Otra limitación del sistema actual es que requiere un seguimiento en tiempo real de las capturas para no que no se superen las cuotas. Este tipo de seguimiento no siempre es efectivo, además se basa en el seguimiento de la composición por especies en el lugar del desembarque, lo que constituye un desafío constante.

El Grupo debatió la cuestión de si tales vedas pueden ayudar a lograr un TAC. El Grupo acordó que este análisis era informativo y que debería transmitirse al SCRS para su consideración en la reunión de septiembre.

Proporcionar indicadores del desempeño para el listado, patudo y rabil, con la perspectiva de desarrollar evaluaciones de estrategias de ordenación para los túnidos tropicales. Rec. 16-01, párrafo 49(b)

La primera fase de un proyecto de investigación en apoyo del proceso de MSE para los túnidos tropicales se completó en 2018, pero no se proporcionó financiación adicional para las fases segunda y tercera. La fase uno incluía:

- Desarrollar el plan de trabajo
- Iniciar el diseño y la implementación de la MSE
- Participar en talleres
 - Evaluación de stock de patudo (16-20 de julio, Pasaia)
 - Subcomisión 1 (23-25 julio Bilbao)
 - Grupos de especies del SCRS (26-28 de septiembre, Madrid)
 - Taller específico (diciembre, Pasaia)
- Contactar con los expertos de ICCAT para conocer los métodos de evaluación de stocks, las incertidumbres, los formatos de datos, etc.

El plan de trabajo preliminar desarrollado para las fases dos y tres incluye:

- Desarrollar stock synthesis para el stock oriental de listado
- Condicionar los OM
- Desarrollar un modelo de error de observación
- Identificar MP candidatos
- Estadísticas de desempeño
- Simulaciones
- Evaluar los procedimientos de ordenación
- Resumir y presentar los resultados
- Difusión al SCRS, Grupos de especies, Subcomisión 1 y Comisión si se solicita
- Publicación de revisión por pares de los resultados

El grupo revisó una propuesta (**Figura 73**) para las actividades de las fases dos y tres con el fin de estar preparados para implementar el proyecto. La estimación inicial del coste de estas actividades es de 250.000 euros. Las fases dos y tres de dicho proyecto se completarán durante 2020 y 2021.

El Grupo debatió la importancia de considerar estas actividades dada la necesidad de mantener el impulso dado a la MSE para los túnidos tropicales, y aprovechar que 2019 es el inicio de un nuevo ciclo presupuestario para ICCAT. Además, el SCRS prevé realizar una evaluación de stock de listado en 2020, de tal modo que sería apropiado trabajar en la MSE en 2020 y 2021 para poder facilitar asesoramiento sobre MSE a la Comisión en 2022. Se indicó que el presupuesto propuesto respalda el trabajo científico y técnico relacionado con la MSE, y aunque las aportaciones de las partes interesadas constituyen una parte importante del proceso, este presupuesto propuesto no prevé respaldo para este tipo de actividades. Se señaló que el proyecto ABNJ túnidos de FAO y otras agencias de financiación están desarrollando actividades para respaldar una ampliación de la creación de capacidad en lo que concierne a la MSE.

El Grupo recomendó que esta propuesta de lista de actividades y su presupuesto asociado sean considerados por el SCRS para su presentación a la Comisión cuando sea necesario. Se recordó al Grupo los beneficios de debates continuos con la Comisión sobre los objetivos de ordenación operativos para los túnidos tropicales. Cuanto más específicos sean estos objetivos, más sencillo le resultará al Grupo de trabajo técnico para la MSE desarrollar y calcular indicadores del desempeño en el marco de la MSE. A este efecto, el calendario y plan de trabajo propuesto debería indicar explícitamente qué aportación se espera de la Comisión.

8. Adopción del informe y clausura

La mayor parte del informe fue adoptado durante la reunión, las secciones 4.4, 5.3 y 5.4 están pendientes de adopción. El Grupo acordó adoptar estas secciones por correspondencia a más tardar el 2 de septiembre de 2019. La Dra. Cass-Calay expresó su agradecimiento al Ministerio de pesca de Côte d'Ivoire por acoger la reunión y por la organización logística y el respaldo técnico a la reunión, así como por sus atenciones y eventos sociales a los que asistió el Grupo. La reunión fue clausurada.

Referencias

- Anon. 2019. Report of the 2019 ICCAT yellowfin tuna data preparatory meeting. Madrid, Spain, 22-26 April 2019.
- Diaha, N.C., Zudaire, I., Chassot, E., Barrigah, D.B., Irie, Y.D., Gbeazere, D.A., Kouadio, D., Pecoraro, C., Romeo, M.U., Murua, H., Amande, M.J., Dewals, P., and Bodin, N. 2016. Annual monitoring of reproductive traits of female yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(2):534-548.
- Francis R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can. J. Fish. Aqu. Sci. 68:1124-1138.
- Gascuel, D., Fonteneau, A. and Capisano, C. 1992. Modélisation d'une croissance en deux stances chez l'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique est. Aquatic Living Resources, 5(3), 155-172
- Hoyle S.D., Laretta M., Lee M.K., Matsumoto T., Sant'Ana R., and Yokoi H. 2019. Collaborative study of yellowfin tuna CPUE from multiple Atlantic Ocean longline fleets in 2019. SCRS/2019/081.
- Kell L., Kimoto A., Kitakado T. 2016. Evaluation of the prediction skill of stock assessment using hindcasting. Fisheries Research 183: 119-127.
- Lorenzen K. 2005. Population dynamics and potential of fisheries stock enhancement: practical theory for assessment and policy analysis. Phil. Trans. R. Soc. B. 360:171-189.
- Merino G., Urtizbera A., Garcia D., Santiago J., Murua H. Harford W. Walter J. Jr. III and Gaertner D. 2018. Final report of the first phase of the project: Modelling approaches: support to ICCAT tropical tunas MSE process. AZTI Technalia, unpublished report.
- Methot Jr, R.D. and Wetzel, C.R., 2013. Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fisheries Research, 142, pp.86-99.
- Method Jr. R.D. and Taylor, I.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 68(10): 1744-1760.
- Winker, H.; Kerwath, S.; Bruyn, P. 2018. Developing surplus production model priors from a multivariate life history prediction model for IOTC billfish assessments with limited biological information. IOTC-2018-WPB16-14_Rev1.

TABLEAUX

Tableau 1. Prise nominale finale de la tâche I (TINC) de l'albacore par région, engin principal, pavillon et année.

Tableau 2. Prises déclarées de YFT (déclaration des CPC) et estimations des prises totales de 2018 en utilisant les 3 années précédentes (moyenne 2015-2018).

Tableau 3. Total des prises nominales de YFT 1950-2018 utilisé comme intrant pour l'évaluation des stocks de 2019. 2018 est une combinaison des prises déclarées par les CPC et des estimations du Groupe.

Tableau 4. Capture de YFT par numéro d'identification (ID) de la flottille pour saisir dans le modèle Stock Synthèse. Voir le tableau 6 pour la définition de la structure et des détails sur l'ID de la flottille.

Tableau 5. Indices d'abondance annuels recommandés pour le cas de référence de l'évaluation du stock d'albacore de l'Atlantique. Ce tableau reflète les révisions réalisées à l'issue de la réunion de préparation des données.

Tableau 6. Définition de la structure des flottilles par Stock Synthèse pour l'évaluation du stock de YFT de 2019 pour obtenir la composition par taille et de la capture.

Tableau 7. Description des formes de sélectivité, des blocs temporels et des décisions relatives aux données pour les scénarios acceptés. Les blocs temporels sont décrits comme les années de début et de fin des blocs.

Tableau 8. Description des scénarios de référence et de sensibilité effectués avant et pendant la réunion d'évaluation des stocks de 2019. Les scénarios 29 et suivants utilisent les décisions relatives aux données énumérées à la section 3.2.4.

Tableau 9. Caractéristiques des scénarios de référence et de sensibilité d'après le modèle Stock Synthèse utilisé pour la grille d'incertitude et l'avis de gestion.

Tableau 10. Liste des scénarios réalisés dans MPB.

Tableau 11. Liste des scénarios réalisés dans JABBA. Les scénarios 1 à 4 ont été présentés dans le document SCRS qui a été soumis. Tous les autres scénarios ont été exécutés pendant la réunion d'évaluation. Les modèles en gras ont été utilisés pour les projections et l'état des stocks.

Tableau 12. Estimations des paramètres de Stock Synthèse pour le scénario 1 de référence du modèle. La plupart des estimations des paramètres sont similaires. Les écarts de recrutement ne sont pas indiqués par souci de concision.

Tableau 13. Estimations de SSB par rapport à SSB_{PME} et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} entre 1951 et 2018 d'après les scénarios 1-4 de la grille de Stock Synthèse. Les intervalles de confiance sont de 95% et sont basés sur les erreurs standard de Hesse.

Tableau 14. Estimations de SSB de 1950 à 2018 d'après les scénarios 1-4 de la grille de Stock Synthèse. Les intervalles de confiance sont de 95% et sont basés sur les erreurs standard de Hesse.

Tableau 15. Les scénarios 1-4 de la grille de Stock Synthèse ont estimé des points de référence pour le stock d'albacore de l'Atlantique.

Tableau 16. Points de référence basés sur la PME, état des stocks et paramètres estimés du modèle pour le cas de référence- MPB pour l'albacore de l'Atlantique.

Tableau 17. Estimations par le cas de référence MPB de la biomasse, de la mortalité par pêche, de la biomasse par rapport à B_{PME} et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} entre 1950 et 2018 pour l'albacore de l'Atlantique.

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 cas de référence de JABBA pour le stock d'albacore de l'Atlantique.

Tableau 19. Estimations de la biomasse, de la mortalité par pêche, de la biomasse par rapport à B_{PME} et de la mortalité par pêche par rapport à F_{PME} entre 1950 et 2018 d'après les cas de référence de JABBA (a : cas de base, b : S2, c : S3 et d : S5) pour l'albacore de l'Atlantique avec des intervalles de confiance de 95 %.

Tableau 20. Estimations combinées des points de référence du stock d'albacore de l'Atlantique à partir de la grille d'incertitude.

Tableau 21. Probabilités estimées que les niveaux de la biomasse du stock d'albacore de l'Atlantique soient < 20% de B_{PME} dans les projections combinées de JABBA (cas de base, S2, S3 et S5), MPB, Stock Synthèse (scénarios 1-4) dans une année donnée pour un niveau de capture donné (0, 60.000 - 150.000 t). Ce résultat a servi à élaborer l'avis de gestion du stock d'albacore de l'Atlantique.

Tableau 22. Probabilités estimées que le stock d'albacore de l'Atlantique (a) se situe en dessous de F_{PME} (absence de surpêche), (b) au-dessus de B_{PME} (non surexploité) et (c) au-dessus de B_{PME} et en-dessous de F_{PME} (zone verte) dans une année donnée pour un niveau de capture donné (0, 60.000 - 150.000 t) sur la base des projections combinées de JABBA (cas de base, S2, S3 et S5), MPB et Stock Synthèse (scénarios 1-4). Ce résultat a servi à élaborer l'avis de gestion du stock d'albacore de l'Atlantique.

TABLAS

Tabla 1. Captura nominal final de Tarea I de rabil (TINC, t) por región, arte principal, pabellón y año.

Tabla 2. Capturas declaradas de rabil (declaración de CPC) y estimaciones de la captura total de 2018 utilizando los 3 años anteriores (media 2015-2018).

Tabla 3. Captura nominal total de rabil (1950-2018) utilizada como dato de entrada para evaluación del stock de 2019. 2018 es una combinación de las capturas declaradas por las CPC y las estimaciones del grupo.

Tabla 4. Captura de rabil por ID de flota para su introducción en el modelo Stock Synthesis. Véase la **Tabla 6** para la definición de la estructura y detalles del ID de la flota.

Tabla 5. Índices de abundancia anual recomendados para el caso de referencia de la evaluación del stock de rabil del Atlántico. Esta tabla refleja las revisiones realizadas tras la reunión de preparación de datos.

Tabla 6. Definición de la estructura de flota de Stock Synthesis para la evaluación del stock de rabil de 2019 para la composición de la captura y la talla.

Tabla 7. Descripción de las formas de la selectividad, los bloques temporales y las decisiones sobre datos para los ensayos aceptados. Los bloques temporales se describen como los años iniciales y finales para los bloques.

Tabla 8. Descripción de los ensayos de referencia y de sensibilidad realizados antes y durante la reunión de evaluación de stock. Los ensayos 29 y superiores usan las decisiones sobre datos enumeradas en la sección 3.2.4.

Tabla 9. Características de los ensayos de referencia y de sensibilidad del modelo Stock Synthesis utilizados para la matriz de incertidumbre y el asesoramiento en materia de ordenación.

Tabla 10. Lista de ensayos realizados en MPB.

Tabla 11. Lista de ensayos realizados en JABBA. Los ensayos 1-4 se presentaron en el documento SCRS presentado. Todos los demás ensayos se realizaron durante la reunión de evaluación. Los modelos en **negrita** se utilizaron para las proyecciones y el estado del stock.

Tabla 12. Estimaciones de los parámetros de Stock Synthesis para el ensayo 1 de referencia del modelo. La mayoría de las estimaciones de parámetros son similares. No se muestran las desviaciones del reclutamiento en aras de la brevedad.

Tabla 13. Estimaciones de SSB relativa a SSB_{RMS} y de la mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} entre 1951 y 2018 a partir de los ensayos 1-4 de la matriz de SS. Los intervalos de confianza son del 95% y se basan en errores estándar hessianos.

Tabla 14. Estimaciones de SSB en 1950-2018 a partir de los ensayos 1-4 de la matriz de Stock Synthesis. Los intervalos de confianza son del 95% y se basan en errores estándar hessianos.

Tabla 15. Elementos de referencia estimados de los ensayos 1-4 de la matriz de Stock Synthesis para el stock de rabil del Atlántico.

Tabla 16. Elementos de referencia basados en RMS, estado del stock y parámetros estimados del modelo para el caso de referencia de MPB para el rabil del Atlántico.

Tabla 17. Estimaciones del caso de referencia de MPB de biomasa, mortalidad por pesca, biomasa con respecto a B_{RMS} y mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} entre 1950 y 2018 para el rabil del Atlántico.

Tabla 18. Resumen, incluidos los elementos de referencia basados en RMS, de los cuantiles posteriores que denotan la mediana y los intervalos de confianza del 95% de las estimaciones de los parámetros para los casos de

referencia de JABBA para el stock de rabil del Atlántico.

Tabla 19. Estimaciones de biomasa, mortalidad por pesca, biomasa con respecto a B_{RMS} y mortalidad por pesca con respecto a F_{RMS} entre 1950 y 2018 de los casos de referencia de JABBA (a: caso base, b: S2, c: S3 y d: S5) para el rabil del Atlántico con intervalos de confianza del 95%.

Tabla 20. Estimaciones combinadas de los elementos de referencia del stock de rabil del Atlántico a partir de la matriz de incertidumbre.

Tabla 21. Probabilidades estimadas de que la biomasa de stock de rabil del Atlántico alcance niveles $<20\%$ de B_{RMS} en las proyecciones combinadas de JABBA (caso base, S2, S3 y S5), MPB y Stock Synthesis (ensayos 1-4) en un año determinado para un nivel determinado de captura (0, 60.000 – 150.000 t). Este resultado se utilizó para elaborar el asesoramiento en materia de ordenación para el stock de rabil del Atlántico.

Tabla 22. Probabilidades estimadas de que el stock de rabil del Atlántico se encuentre (a) por debajo de F_{RMS} (no se está produciendo sobrepesca), (b) por encima de B_{RMS} (no está sobrepescado) y (c) por encima de B_{RMS} y por debajo de F_{RMS} (zona verde) en un año determinado para un nivel de captura determinado (0, 60.000-150.000 t), basándose en las proyecciones combinadas de JABBA (caso base, S2, S3 y S5), MPB y Stock Synthesis (ensayos 1-4). Este resultado se utilizó para elaborar el asesoramiento en materia de ordenación para el stock de rabil del Atlántico.

FIGURES

Figure 1. Composition par taille des YFT échantillonnés au large de l'île de l'Ascension, par sexe.

Figure 2. Composition par taille des YFT échantillonnés au large de l'île de l'Ascension, par sexe. Certaines preuves d'une croissance spécifique au sexe sont notées. Aucun ajustement n'a été apporté au comptage des anneaux pour les données de l'Ascension.

Figure 3. Taille par âge des YFT échantillonnés au large de l'île de l'Ascension, des États-Unis et de l'Afrique du Sud (AOTTP), par sexe. Aucun ajustement n'a été apporté au comptage des anneaux pour les données de l'Ascension.

Figure 4. Ajustement à une fonction de croissance de von Bertalanffy postulée pour les albacores recapturés inclus dans la base de données de l'AOTTP.

Figure 5. Graphique vectoriel des incréments de croissance des poissons mesurés lors de la récupération dans le cadre de l'AOTTP. L'âge relatif de chaque poisson au moment du marquage a été estimé à partir de la taille au moment du marquage en inversant les équations de croissance de von Bertalanffy (panneau supérieur) et de Richards (panneau inférieur) au moyen de paramètres estimés par SS. L'âge au moment de la récupération est alors considéré comme l'âge au moment du marquage plus le temps passé en liberté. Chaque trajectoire de croissance (indiquée en gris) commence sur la courbe ajustée (indiquée en rouge).

Figure 6. Capture totale d'albacore entre 1950-2018 par groupe d'engin de pêche principal. La prise de 2018 est préliminaire.

Figure 7. Comparaison des estimations des captures d'albacore réalisées par les pêcheries tropicales de senneurs et de canneurs ghanéens pour 2018 (2006-2017) et l'évaluation du stock d'albacore de 2019 (2012-2018).

Figure 8. Indices d'abondance annuels recommandés pour le cas de référence de l'évaluation du stock d'albacore de l'Atlantique. Cette figure reflète les révisions réalisées à l'issue de la réunion de préparation des données.

Figure 9. CPUE échelonnée nominale (triangles bleus) et standardisée (cercles rouges) en nombre d'albacores capturés par la flottille palangrière vénézuélienne pendant la période 1991-2018. Les lignes en pointillés indiquent des intervalles de confiance de 95%.

Figure 10. Répartition spatiale des CPUE nominales d'albacore (nombre de poissons/1000 hameçons) capturés par la flottille palangrière pélagique vénézuélienne de 1991 à 2018.

Figure 11. Indices d'abondance de la pêcherie palangrière du Taipei chinois opérant en eaux lointaines. CPUE nominale (cercles ouverts) et standardisée (lignes pleines) de l'albacore par période 1967-2018 (lignes noires), 1967-1989, 1990-2005 (lignes bleues) et 2006-2018 (lignes rouges). L'information sur les hameçons par panier était disponible pour cette dernière période. Les zones ombrées représentent les intervalles de confiance de 95% pour l'ensemble de la période (1967-2018).

Figure 12. Distribution de l'effort de pêche (millions d'hameçons) pour la pêcherie palangrière thonière du Taipei chinois opérant en eaux lointaines pour les périodes 1967-1989, 1990-2005, 2006-2018 et 1967-2018.

Figure 13. Distribution de la CPUE nominale (nombre de poissons capturés pour 1000 hameçons) pour l'albacore capturé par la pêcherie palangrière thonière du Taipei chinois opérant en eaux lointaines pour les périodes 1967-1989, 1990-2005, 2006-2018 et 1967-2018.

Figure 14. Ratios de capture du germon (ALB), du thon obèse (BET) et de l'albacore (YFT) par zone pour la pêcherie palangrière thonière du Taipei chinois opérant en eaux lointaines. Les changements du ratio de capture sont généralement le résultat d'un changement de ciblage.

Figure 15. Données de composition par taille saisies pour la flottille 11 Ghana BB_PS.

Figure 16. Distribution de la capture entre PS et BB de la flottille 11 Ghana BB_PS.

Figure 17. Données de composition par taille saisies pour la flottille 12 BB_area2_Sdak avant la suppression des données de taille de l'Afrique du Sud.

Figure 18. Capture dans la flottille 25 other par pays avant la suppression des données de Cabo Verde.

Figure 19. Profils de vraisemblance pour r et K résultant du scénario 1 du modèle mpb (en haut) par rapport au scénario 2 (en bas).

Figure 20. Améliorations dans le jackknife entre le scénario 1 (en haut) et le scénario 2 (en bas) de mpb. Chaque point représente le changement de l'estimation du paramètre résultant de la suppression des données de l'année en question.

Figure 21. Distributions a priori et a posteriori pour K et r résultant de JABBA en utilisant un prior SS3 2019 (scénario 6, en haut), FishLife prior avec un $CV = 0,3$ (scénario 2, au milieu), FishLife prior avec un $CV = 0,6$ (scénario 14, en bas).

Figure 22. Test diagnostique, évaluation quantitative du caractère aléatoire de la série temporelle des valeurs résiduelles de CPUE par flottille pour les scénarios 6, 1, 16, 13, 18, 17 (de haut à gauche en bas à droite). Les panneaux verts n'indiquent aucune preuve de l'absence de caractère aléatoire des valeurs résiduelles des séries temporelles ($p > 0,05$) alors que les panneaux rouges indiquent le contraire. La zone ombrée intérieure montre trois erreurs types de la moyenne globale et les cercles rouges identifient une année spécifique avec des valeurs résiduelles supérieures à cette valeur seuil (règle $3x$ sigma).

Figure 23. Ecart de l'erreur de processus (médiane : ligne continue) pour les 4 scénarios de référence : (de haut à gauche vers le bas à droite) scénarios 6, 16, 13, 17. La zone ombrée en gris représente des intervalles de confiance de 95%.

Figure 24. Analyses jitter pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 25. Profil de vraisemblance de R_0 pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 26. Profil de vraisemblance de la steepness (h) pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 27. Profil de vraisemblance de la mortalité naturelle (M) pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 28. Forte corrélation entre steepness et R_0 . Le fait de fixer certaines valeurs de steepness a largement prédéterminé R_0 , c'est pourquoi tandis que R_0 était estimé dans le modèle, la steepness a été fixée.

Figure 29. Profil de vraisemblance de la variance annuelle du recrutement (SigmarR) du cas de référence.

Figure 30. Analyses rétrospectives sur les modèles Stock Synthèse.

Figure 31. Analyses de simulation rétrospective pour les scénarios du modèle Stock Synthèse.

Figure 32. Analyse du modèle de production structuré par âge (ASPM) pour le modèle Stock Synthèse. Note : bc : cas de base (modèle intégré), aspm : en utilisant les paramètres de sélectivité du modèle intégré, l'écart de recrutement n'est pas utilisé, aspm_est : en utilisant les paramètres de sélectivité du modèle intégré, mais l'écart de recrutement est estimé, aspm_fix : en utilisant les paramètres de sélectivité et l'écart de recrutement du modèle intégré).

Figure 33. Ajustements appliqués aux indices d'abondance du scénario 1 de Stock Synthèse.

Figure 34. Ajustements appliqués aux indices d'abondance du scénario 2 de Stock Synthèse.

Figure 35. Ajustements appliqués aux indices d'abondance du scénario 3 de Stock Synthèse (suite à la page suivante).

Figure 36. Ajustements appliqués aux indices d'abondance du scénario 4 de Stock Synthèse (suite à la page suivante).

Figure 37. Ajustements appliqués à la composition par taille, agrégée par flottille pour le scénario 1 de Stock Synthèse.

Figure 38. Ajustements appliqués à la composition par taille, agrégée par flottille pour le scénario 2 de Stock Synthèse.

Figure 39. Ajustements appliqués à la composition par taille, agrégée par flottille pour le scénario 3 de Stock Synthèse.

Figure 40. Ajustements appliqués à la composition par taille, agrégée par flottille pour le scénario 4 de Stock Synthèse.

Figure 41. Tendances de la biomasse reproductrice, de la biomasse totale, de la mortalité par pêche et du recrutement pour le scénario 1 du modèle Stock Synthèse.

Figure 42. Tendances de la biomasse reproductrice, de la biomasse totale, de la mortalité par pêche et du recrutement pour le scénario 2 du modèle Stock Synthèse.

Figure 43. Tendances de la biomasse reproductrice, de la biomasse totale, de la mortalité par pêche et du recrutement pour le scénario 3 du modèle Stock Synthèse.

Figure 44. Tendances de la biomasse reproductrice, de la biomasse totale, de la mortalité par pêche et du recrutement pour le scénario 4 du modèle Stock Synthèse.

Figure 45. Le modèle a estimé les valeurs de sélectivité par numéro d'identification de la flottille pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 46. Les relations stock-recrutement estimées ont montré peu de signes d'une relation entre la SSB et les recrutements pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 47. Le recrutement par saison pour les scénarios de Stock Synthèse indique que la proportion la plus élevée de recrues serait née dans les saisons 1 et 2 (janvier-juin) et la plus faible dans la saison 4 (octobre-décembre).

Figure 48. Les séries temporelles des nombres à l'âge des scénarios de Stock Synthèse montrent peu de signe d'une structure de cohorte forte et une diminution de l'âge moyen dans la population au fil du temps.

Figure 49. SSB_{PME} , F_{PME} et PME dynamiques pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 50. SSB/SSB_{PME} et F/F_{PME} dynamiques pour les scénarios de Stock Synthèse.

Figure 51. Estimation de la biomasse et de la mortalité par pêche en 2018 par rapport à B_{PME} et F_{PME} en utilisant 2500 itérations de MVN à partir des scénarios de Stock Synthèse pour le stock d'albacore de l'Atlantique.

Figure 52. Trajectoires de la biomasse (t) et de F pour le cas de référence de l'albacore de l'Atlantique à partir de MPB. Les lignes vertes et rouges montrent l'ajustement du modèle et la médiane de 500 itérations de bootstrap, respectivement. Les zones ombrées représentent l'intervalle de confiance de 95%.

Figure 53. Analyse rétrospective. Trajectoires de B/B_{PME} et de F/F_{PME} pour le cas de référence et l'analyse rétrospective de l'albacore de l'Atlantique. Les lignes noires, rouges, vertes, bleues et bleu ciel indiquent le cas de référence et les années rétrospectives -1, -3, -5 et -10, respectivement. Les zones ombrées représentent l'intervalle de confiance de 95%.

Figure 54. Projection en avant de la biomasse relative des scénarios rétrospectifs pour le modèle MPB par rapport au cas de référence (2018 SA, année terminale de l'évaluation des stocks), y compris les limites de confiance de 80 % (zone ombrée).

Figure 55. Médiane estimée de la tendance historique de l'albacore de l'Atlantique au moyen du cas de référence-MPB (ligne noire). 500 bootstraps pour 2018 de la biomasse et de la mortalité par pêche par rapport à B_{PME} et F_{PME} . Panneau supérieur droit : Probabilités estimées que le stock se trouve en 2018 dans chacun des quadrants du diagramme de Kobe estimées à partir de 500 itérations de bootstrap.

Figure 56. Estimation de la biomasse et de la mortalité par pêche en 2018 par rapport à B_{PME} et F_{PME} en utilisant 500 itérations de bootstrap à partir de MPB pour le stock d'albacore de l'Atlantique montrant la densité marginale des estimations.

Figure 57. Trajectoires de B/B_{PME} et F/F_{PME} prédites à partir des distributions a posteriori du cas de base de référence de JABBA pour le stock d'albacore de l'Atlantique. Les zones ombrées en gris représentent l'intervalle de confiance de 95%.

Figure 58. Analyse rétrospective de la biomasse du stock (t), de la fonction de production excédentaire (maximum = PME), B/B_{PME} et F/F_{PME} indiquée pour le cas de base de référence de JABBA. L'étiquette « référence » indique les ajustements du modèle et les CI de 95% associés. L'étiquette de l'année numérique indique les résultats rétrospectifs, en excluant séquentiellement les données de CPUE jusqu'en 2011.

Figure 59. Tendances de la biomasse et de la mortalité par pêche (panneaux supérieurs), de la biomasse par rapport à K (B/K) et de la courbe de production excédentaire (panneaux du milieu) et 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 inférieurs) pour chaque scénario du cas de base de référence de JABBA (noir), S2 (rouge), S3 (vert), et S5 (bleu) de l'albacore de l'Atlantique.

Figure 60. Les indices d'abondance prédits (non ajustés) pour les périodes de simulation rétrospective de 8 ans ajustées pour les quatre cas de référence de JABBA (a : cas de base, b : S2, c : S3, et d : S5) pour le stock d'albacore de l'Atlantique. Les CPUE moyennes prédites et les intervalles de confiance de 95% sont indiqués par des lignes noires avec des zones ombrées en gris et des lignes rouges avec des zones ombrées en rouge pour les années ajustées et les années de simulation rétrospective, respectivement.

Figure 61. Diagrammes de diagnostic des valeurs résiduelles de JABBA pour l'analyse de sensibilité de l'indice de palangre vénézuélien examiné pour chaque scénario pour l'albacore de l'Atlantique. Les diagrammes en boîte à moustaches indiquent la médiane et les quantiles de toutes les valeurs résiduelles disponibles pour une année donnée, et les lignes noires pleines indiquent un lissage loess de toutes les valeurs résiduelles.

Figure 62. Tests de scénario pour évaluer quantitativement le test de diagnostic du caractère aléatoire pour la série temporelle des valeurs résiduelles de CPUE par flottille pour chaque scénario. Les panneaux rouges indiquent l'absence de caractère aléatoire pour les valeurs résiduelles de la série temporelle ($p < 0,05$) alors que les panneaux verts indiquent le contraire. La zone ombrée intérieure montre trois erreurs types de la moyenne globale et les cercles rouges identifient une année spécifique avec des valeurs résiduelles supérieures à cette valeur seuil (règle $3 \times \sigma$).

Figure 63. Diagramme de phase de Kobe de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour l'année d'évaluation terminale 2018 pour le stock d'albacore de l'Atlantique de chaque cas de référence de JABBA (cas de base, S2, S3 et S5) montrant la densité marginale des estimations de 10.000 itérations MCMC. La probabilité que les points de l'année terminale se situent dans chaque quadrant est indiquée dans la légende de la figure.

Figure 64. Diagramme de phase de Kobe combiné de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour l'année d'évaluation terminale 2018 pour le stock d'albacore de l'Atlantique de tous les cas de référence de JABBA (gris : cas de base, jaune : S2, vert : S3, et bleu : S5) montrant la densité marginale des estimations de 10.000 itérations MCMC dans chaque modèle. La probabilité que les points de l'année terminale se situent dans chaque quadrant est indiquée dans la légende de la figure.

Figure 65. Estimations de la biomasse totale obtenues pour tous les scénarios du modèle utilisés pour élaborer l'avis de gestion.

Figure 66. Estimations de la biomasse relative B/B_{PME} obtenues pour tous les scénarios du modèle utilisés pour élaborer l'avis de gestion.

Figure 67. Estimations de la mortalité par pêche relative F/F_{PME} obtenues pour tous les scénarios du modèle utilisés pour élaborer l'avis de gestion.

Figure 68. Diagramme de Kobe estimé à partir de la combinaison des scénarios des modèles Stock Synthèse, JABBA et MPB choisis pour élaborer l'avis de gestion.

Figure 69. Tendances de la biomasse (panneau de gauche, B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche (panneau de droite, F/F_{PME}) relatives projetées du stock d'albacore de l'Atlantique sous différents scénarios de TAC (0, 60.000 – 150.000 t) à partir des scénarios de la grille d'incertitude de SS3 (cas de référence, modèle 2, modèle 3 et modèle 4). Chaque ligne représente la médiane des 10.000 itérations MVN par année projetée.

Figure 70. Tendances de la biomasse (panneau de gauche, B/B_{PME}) et de la mortalité par pêche (panneau de droite, F/F_{PME}) relatives projetées du stock d'albacore de l'Atlantique sous différents scénarios de TAC (0, 60.000 – 150.000 t) du cas de référence de MPB. Chaque ligne représente la médiane des 500 itérations par bootstrap par année projetée.

Figure 71. Tendencias de la biomasa (panel de izquierda, B/B_{PME}) y de la mortalidad por pesca (panel de derecha, F/F_{PME}) relativas proyectadas del stock de albacore del Atlántico bajo diferentes escenarios de TAC (0, 60.000 – 150.000 t) de los casos de referencia de JABBA (caso de base, S2, S3 y S5). Cada línea representa la mediana de 36.000 iteraciones MCMC por año proyectado.

Figure 72. Tendencias de la biomasa (panel de izquierda, B/B_{PME}) y de la mortalidad por pesca (panel de derecha, F/F_{PME}) relativas proyectadas del stock de albacore del Atlántico bajo diferentes escenarios de TAC (0, 60.000 – 150.000 t) a partir de JABBA, MPB y SS3 a la ayuda de 9 escenarios (JABBA (caso de base, S2, S3 y S5), MPB, Stock Síntesis (escenarios 1-4)). Cada línea representa la mediana de 20.000 iteraciones por año proyectado. Este resultado sirvió para elaborar el informe de gestión del stock de albacore del Atlántico.

Figure 73. Calendario y lista de actividades propuestas para las fases dos y tres del proyecto de investigación con apoyo de la MSE para los tónicos tropicales.

FIGURAS

Figura 1. Composición por tallas de rabil muestreados en aguas de isla Ascensión, por género.

Figura 2. Tallas por edad de rabil muestreados en aguas de isla Ascensión, por género. Se observa alguna evidencia de crecimiento específico del sexo. No se hizo ningún ajuste para el recuento de anillos en los datos de Ascensión.

Figura 3. Tallas por edad de rabil muestreados en aguas de isla Ascensión, Estados Unidos y Sudáfrica (AOTTP) por género. No se hizo ningún ajuste para el recuento de anillos en los datos de Ascensión.

Figura 4. Ajuste a una función de crecimiento asumida von Bertalanffy para rabil recapturados incluidos en la base de datos del AOTTP-ICCAT.

Figura 5. Gráfico vectorial de los incrementos de crecimiento de los peces medidos en el momento de la recuperación en el marco del AOTTP. Se estimó la edad relativa de cada pez en el momento del marcado a partir de la talla en el momento del marcado mediante la inversión de las ecuaciones de crecimiento de von Bertalanffy (panel superior) y Richards (panel inferior) usando parámetros estimados por SS. La edad en el momento de la recuperación se considera la edad en el momento del marcado más el tiempo pasado en libertad. Cada trayectoria de crecimiento (en gris) se inicia en la curva ajustada (en rojo).

Figura 6. Captura total de rabil (1950-2018) por principal grupo de artes pesqueros. La captura de 2018 es preliminar.

Figura 7. Comparación de las estimaciones de captura de rabil de las pesquerías tropicales de Ghana de cerco y cebo vivo para 2018 (2006-2017) y de la evaluación del stock de rabil de 2019 (2012-2018).

Figura 8. Índices de abundancia anual recomendados para el caso de referencia de la evaluación del stock de rabil del Atlántico. Esta figura refleja las revisiones realizadas tras la reunión de preparación de datos.

Figura 9. CPUE escalada nominal (triángulos azules) y estandarizada (círculos rojos) en números del rabil capturado por la flota palangrera venezolana durante 1991-2018. Las líneas discontinuas representan intervalos de confianza del 95%.

Figura 10. Distribución espacial de la CPUE nominal de rabil (número de ejemplares/1000 anzuelos) capturado por la flota palangrera venezolana durante 1991-2018.

Figura 11. Índices de abundancia de la pesquería atunera de palangre de aguas distantes de Taipei Chino. CPUE nominal (círculos vacíos) y estandarizada (líneas sólidas) de rabil por periodo: 1967-2018 (líneas negras), 1967-1989, 1990-2005 (líneas azules) y 2006-2018 (líneas rojas). La información sobre anzuelos por cesta estaba disponible para el último periodo. Las zonas sombreadas representan los intervalos de confianza del 95% para todo el periodo (1967-2018).

Figura 12. Distribuciones del esfuerzo pesquero (millones de anzuelos) para la pesquería atunera de palangre de aguas distantes de Taipei Chino para los periodos 1967-1989, 1990-2005, 2006-2018 y 1967-2018.

Figura 13. Distribución de la CPUE nominal (número de ejemplares capturados por 1000 anzuelos) para el rabil capturado en la pesquería atunera de palangre de aguas distantes de Taipei Chino para los periodos 1967-1989, 1990-2005, 2006-2018 y 1967-2018.

Figura 14. Ratios de captura de atún blanco (ALB), patudo (BET) y rabil (YFT) por área para la pesquería atunera de palangre de aguas distantes de Taipei Chino. Los cambios en la ratio de captura son, generalmente, el resultado de un cambio en la especie objetivo.

Figura 15. Datos de entrada de composición por tallas para la Flota 11 Ghana BB_PS.

Figura 16. Distribución de la captura entre cerco y cebo vivo de la Flota 11 Ghana BB_PS.

Figura 17. Datos de entrada de composición por tallas para la Flota 12 BB_area2_Sdak antes de eliminar los datos de talla de Sudáfrica.

Figura 18. Captura en la Flota 25 other por país antes de eliminar los datos de Cabo Verde.

Figura 19. Perfiles de verosimilitud para r y K del ensayo 1 del modelo MPB (arriba) frente a los del ensayo 2 (abajo).

Figura 20. Mejoras en el jackknife entre el ensayo 1 (arriba) y el ensayo 2 (abajo) del MPB. Cada punto representa el cambio en la estimación del parámetro que se produce al eliminar los datos de ese año.

Figura 21. Distribuciones a priori y a posteriori para K y r de JABBA utilizando una distribución a priori de SS3 de 2019 (ensayo 6 arriba), una distribución a priori de FishLife con un $CV = 0,3$ (ensayo 2, medio), una distribución a priori de FishLife con un $CV = 0,6$ (ensayo 14 abajo).

Figura 22. Prueba de diagnóstico, evaluación cuantitativa de la aleatoriedad de la serie temporal de valores residuales de la CPUE por flota para los ensayos 6, 1, 16, 13, 18 y 17 (desde arriba a la izquierda hasta abajo a la derecha). Los paneles verdes indican que no hay evidencias de la falta de aleatoriedad de los valores residuales de la serie temporal ($p > 0,05$) mientras que los paneles rojos indican lo contrario. La zona sombreada interior muestra tres errores estándar de la media global y los círculos rojos identifican un año específico con valores residuales superiores a este valor umbral (norma 3σ).

Figura 23. Desviaciones del error de proceso (mediana: línea continua) para los cuatro ensayos de referencia: (desde arriba a la izquierda hasta abajo a la derecha) ensayos 6, 16, 13, 17. La zona sombreada en gris indica intervalos de credibilidad del 95 %.

Figura 24. Análisis de fluctuaciones para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 25. Perfil de verosimilitud de R_0 para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 26. Perfil de verosimilitud de la inclinación (h) para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 27. Perfil de verosimilitud de la mortalidad natural (M) para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 28. Elevada correlación entre la inclinación y R_0 . Fijar ciertos valores de la inclinación predeterminaba enormemente R_0 , por lo tanto, aunque R_0 fue estimada en el modelo, la inclinación fue fijada.

Figura 29. Perfil de verosimilitud de la varianza anual en el reclutamiento (ΣR) a partir del caso de referencia.

Figura 30. Análisis retrospectivos en los modelos Stock Synthesis.

Figura 31. Análisis de simulación retrospectiva para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 32. Análisis del Modelo de producción estructurado por edad (ASPM) para el modelo Stock Synthesis. Nota: bc: caso base (modelo integrado), aspm: utilizando los parámetros de selectividad del modelo integrado, la desviación del reclutamiento no se utiliza, aspm_est: utilizando los parámetros de selectividad del modelo integrado, pero la desviación del reclutamiento estimado, aspm_fix: utilizando los parámetros de selectividad y la desviación del reclutamiento del modelo integrado).

Figura 33. Ajustes a los índices de abundancia para el ensayo 1 de Stock Synthesis.

Figura 34. Ajustes a los índices de abundancia para el ensayo 2 de Stock Synthesis.

Figura 35. Ajustes a los índices de abundancia para el ensayo 3 de Stock Synthesis (continúa en la página siguiente).

Figura 36. Ajustes a los índices de abundancia para el ensayo 4 de Stock Synthesis (continúa en la página siguiente).

Figura 37. Ajustes a la composición por tallas, agregada por flota para el ensayo 1 de Stock Synthesis.

Figura 38. Ajustes a la composición por tallas, agregada por flota para el ensayo 2 de Stock Synthesis.

Figura 39. Ajustes a la composición por tallas, agregada por flota para el ensayo 3 de Stock Synthesis.

Figura 40. Ajustes a la composición por tallas, agregada por flota para el ensayo 4 de Stock Synthesis.

Figura 41. Tendencias en la biomasa reproductora, la biomasa total, la mortalidad por pesca y el reclutamiento para el ensayo 1 de Stock Synthesis.

Figura 42. Tendencias en la biomasa reproductora, la biomasa total, la mortalidad por pesca y el reclutamiento para el ensayo 2 de Stock Synthesis.

Figura 43. Tendencias en la biomasa reproductora, la biomasa total, la mortalidad por pesca y el reclutamiento para el ensayo 3 de Stock Synthesis.

Figura 44. Tendencias en la biomasa reproductora, la biomasa total, la mortalidad por pesca y el reclutamiento para el ensayo 4 de Stock Synthesis.

Figura 45. Valores de selectividad estimados por el modelo por ID de flota para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 46. Las relaciones stock reclutamiento estimadas muestran pocas evidencias de una relación entre SSB y los reclutas para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 47. El reclutamiento por temporada para los ensayos de Stock Synthesis indica que la fracción más alta de reclutas se estima que nació en las temporadas 1 y 2 (enero-junio) y la más baja en la temporada 4 (oct-dic).

Figura 48. La serie temporal de los números por edad de los ensayos de Stock Synthesis muestra pocas evidencias de una estructura de cohortes fuerte y un descenso en la edad media de la población a lo largo del tiempo.

Figura 49. SSB_{RMS} , F_{RMS} y RMS dinámicos para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 50. SSB/SSB_{RMS} y F/F_{RMS} dinámicos para los ensayos de Stock Synthesis.

Figura 51. Estimación de la biomasa y la mortalidad por pesca de 2018 respecto a B_{RMS} y F_{RMS} utilizando 2500 iteraciones MVN a partir de los ensayos de Stock Synthesis para el stock de rabil del Atlántico.

Figura 52. Trayectorias de la biomasa (t) y F para el caso de referencia del rabil del Atlántico de MPB. Las líneas verdes y rojas muestran el ajuste del modelo y la mediana de 500 iteraciones de bootstrap, respectivamente. Las zonas sombreadas representan el intervalo de confianza del 95%.

Figura 53. Análisis retrospectivo. Trayectorias de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} del rabil del Atlántico para el caso de referencia y el análisis retrospectivo. Las líneas negras, rojas, verdes, azules y azules claro muestran el caso de referencia, y los años retrospectivos -1, -3, -5 y -10, respectivamente. Las zonas sombreadas representan el intervalo de confianza del 95%.

Figura 54. Proyección hacia adelante de la biomasa relativa a partir de los ensayos retrospectivos para el modelo MPB comparada con el caso de referencia (2018 SA, año terminal de la evaluación de stock) incluidos los límites de confianza del 80 % (zona sombreada).

Figura 55. Mediana estimada de la tendencia histórica del rabil del Atlántico utilizando el caso de referencia de MPB (línea negra). 500 bootstraps para 2018 de la biomasa y la mortalidad por pesca relativas a B_{RMS} y F_{RMS} . Panel superior derecho: probabilidades estimadas de que en 2018 el stock se encuentre en cada uno de los cuadrantes del diagrama de Kobe a partir de 500 iteraciones por bootstrap.

Figura 56. Estimación de la biomasa y la mortalidad por pesca de 2018 respecto a B_{RMS} y F_{RMS} utilizando 500 iteraciones de bootstrap a partir del MPB para el stock de rabil del Atlántico mostrando la densidad marginal de las estimaciones.

Figura 57. Trayectorias de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} predichas a partir de las distribuciones a posteriori del caso base de referencia de JABBA para el rabil del Atlántico. Las zonas sombreadas en gris representan el intervalo de confianza del 95%.

Figura 58. Se muestra el análisis retrospectivo para la biomasa del stock (t), función de producción excedente (máximo = RMS), B/B_{RMS} y F/F_{RMS} para el caso base de referencia de JABBA. «Referencia» indica los ajustes del modelo y los intervalos de confianza del 95% asociados. El año numérico indica los resultados retrospectivos, excluyendo secuencialmente los datos de CPUE remontándose a 2011.

Figura 59. Tendencias en la biomasa y la mortalidad por pesca (paneles superiores), biomasa relativa a K (B/K) y curva de producción excedente (paneles medios) y biomasa relativa a B_{RMS} (B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca relativa a F_{RMS} (F/F_{RMS}) (paneles inferiores) para cada escenario del caso de referencia de JABBA (negro), S2 (rojo), S3 (verde) y S5 (azul) para el rabil del Atlántico.

Figura 60. Índices de abundancia predichos (no ajustados) para los periodos de 8 años retrospectivos ajustados para los cuatro casos de referencia de JABBA (a: caso base, b: S2, c: S3 y d: S5) para el stock de rabil del Atlántico. La CPUE media predicha y los intervalos de confianza del 95% están indicados por líneas negras en la zona sombreada en gris y las líneas rojas con zonas sombreadas en rojo para los años ajustados y de simulación retrospectiva, respectivamente.

Figura 61. Diagramas de diagnósticos de los valores residuales de JABBA para el análisis de sensibilidad del índice de palangre venezolano examinado para cada escenario para el rabil del Atlántico. Los diagramas de caja indican la mediana y los cuantiles de todos los valores residuales disponibles para cualquier año determinado y las líneas negras continuas indican un alisado Loess en todos los valores residuales.

Figura 62. Pruebas de los ensayos para evaluar cuantitativamente la prueba de diagnóstico de la aleatoriedad para la serie temporal de valores residuales de CPUE por flota para cada escenario. Los paneles rojos indican la falta de aleatoriedad de los valores residuales de la serie temporal ($p < 0,05$) mientras que los paneles verdes indican lo contrario. La zona sombreada interior muestra tres errores estándar de la media global y los círculos rojos identifican un año específico con valores residuales superiores a este valor umbral (norma $3x$ sigma).

Figura 63. Diagrama de fase de Kobe de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} para el año terminal de la evaluación (2018) para el stock de rabil del Atlántico a partir de cada caso de referencia de JABBA (caso base, S2, S3 y S5) mostrando la densidad marginal de las estimaciones a partir de 10000 iteraciones MCMC. La probabilidad de que los puntos del año terminal recaigan dentro de cada cuadrante se indica en la leyenda de la figura.

Figura 64. Diagrama de fase de Kobe combinado de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} para el año terminal de la evaluación (2018) para el stock de rabil del Atlántico a partir de todos los casos de referencia de JABBA (gris: caso base, amarillo: S2, verde: S3, y azul: S5) mostrando la densidad marginal de las estimaciones a partir de 10000 iteraciones MCMC en cada modelo. La probabilidad de que los puntos del año terminal recaigan dentro de cada cuadrante se indica en la leyenda de la figura.

Figura 65. Estimaciones de la biomasa total obtenida para todos los ensayos del modelo utilizados para desarrollar el asesoramiento de ordenación.

Figura 66. Estimaciones de la biomasa relativa, B/B_{RMS} , obtenida para todos los ensayos del modelo utilizados para desarrollar el asesoramiento de ordenación.

Figura 67. Estimaciones de la mortalidad por pesca relativa, F/F_{RMS} , obtenida para todos los ensayos del modelo utilizados para desarrollar el asesoramiento de ordenación.

Figura 68. Diagrama de Kobe estimado a partir de la combinación de ensayos de los modelos Stock Synthesis, JABBA y MPB elegidos para elaborar el asesoramiento en materia de ordenación.

Figura 69. Tendencias de la biomasa (panel izquierdo, B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (panel derecho, F/F_{RMS}) relativas proyectadas del stock de rabil del Atlántico con diferentes escenarios de TAC (0,60000 – 150000 t) a partir de los ensayos de la matriz de incertidumbre de SS3 (caso de referencia, Modelo 1, Modelo 3 y Modelo 4). Cada línea representa la mediana de 10000 iteraciones MVN por año proyectado.

Figura 70. Tendencias de la biomasa (panel izquierdo, B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (panel derecho, F/F_{RMS}) relativas proyectadas del stock de rabil del Atlántico con diferentes escenarios de TAC (0,60000 – 150000 t) a partir del caso de referencia de MPB. Cada línea representa la mediana de 500 iteraciones bootstrap por año proyectado.

Figura 71. Tendencias de la biomasa (panel izquierdo, B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (panel derecho, F/F_{RMS}) relativas proyectadas del stock de rabil del Atlántico con diferentes escenarios de TAC (0,60000 – 150000 t) a partir de los casos de referencia de JABBA (caso base, S2, S3 y S5). Cada línea representa la mediana de 36000 iteraciones MCMC por año proyectado.

Figura 72. Tendencias de la biomasa (panel izquierdo, B/B_{RMS}) y mortalidad por pesca (panel derecho, F/F_{RMS}) relativas proyectadas del stock de rabil del Atlántico con diferentes escenarios de TAC (0, 60.000 – 150.000 t) a partir de JABBA, MPB y SS3 utilizando 9 ensayos (JABBA (caso base, S2, S3 y S5), MPB y Stock Synthesis (ensayos 1-4)). Cada línea representa la mediana de 20000 iteraciones por año proyectado. Este resultado se utilizó para elaborar el asesoramiento en materia de ordenación para el stock de rabil del Atlántico.

Figura 73. Calendario y lista de actividades propuestas para las fases dos y tres del proyecto de investigación para respaldar la MSE para los tñidos tropicales.

APPENDICES

Appendice 1. Ordre du jour

Appendice 2. Liste des participants.

Appendice 3. Listes des documents et des présentations.

Appendice 4. Résumés des documents SCRS.

Appendice 5. Résumé des demandes actives de la Commission et des réponses antérieures du SCRS en ce qui concerne les thonidés tropicaux.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día.

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista de documentos y presentaciones.

Apéndice 4. Resúmenes de documentos SCRS presentados

Apéndice 5. Resumen de peticiones activas de la Comisión y respuestas previas del SCRS para los túnidos tropicales.

Table 1 (continuation). Final YFT Task I nominal catch (TINC, t) by region, major gear, flag and year.

Catch type	Area	Flag	1983	1984	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										
		TOTAL	156,031	165,291	165,429	154,451	156,827	146,827	146,088	136,076	124,465	101,504	107,521	103,770	103,444	104,977	104,317	104,513	106,154	112,115	115,429	114,772	122,500	115,355	106,057	100,885	100,451	111,805	117,505	118,041	111,971	114,937	106,318	127,572	117,312	114,043	114,000	111,042										
ATF			138,327	138,026	125,302	76,658	104,011	108,093	118,728	101,481	125,544	106,013	106,026	104,978	104,702	125,514	109,404	106,312	104,978	113,594	107,420	97,588	97,588	79,613	76,264	93,745	99,311	97,189	94,878	91,652	82,448	88,947	102,180	104,079	100,047	100,137												
Landings	ATF	Bait boat	10,028	13,231	11,507	18,186	16,186	16,216	16,713	16,034	12,216	19,025	17,891	15,095	18,467	15,446	11,570	11,401	12,639	14,261	16,508	9,965	14,028	11,488	10,099	11,773	9,770	12,836	12,914	9,553	8,861	9,370	12,382	9,178	6,803	9,450	9,354	10,065	8,065	7,221								
		Longline	18,385	10,456	6,143	8,146	9,520	5,779	6,829	8,958	7,966	5,960	5,743	9,079	14,676	11,839	10,740	13,972	13,961	11,588	7,576	5,884	9,388	11,537	7,206	7,244	13,437	8,562	7,443	5,193	6,298	5,337	5,637	4,742	4,940	4,980	4,389	4,604										
		Other surf.	4,783	3,051	3,700	2,157	1,136	2,157	1,808	2,168	2,027	1,811	2,722	1,519	1,399	1,607	1,688	1,688	1,770	1,971	1,465	2,301	1,951	1,624	2,309	2,061	2,110	2,844	1,951	1,498	1,940	1,688	1,351	1,891	2,979	1,500	1,096	2,470	2,150									
		Purse seine	115,022	112,061	105,504	51,482	86,300	85,806	87,583	71,420	102,486	128,020	97,549	89,830	92,120	90,776	87,732	87,737	78,334	82,401	72,079	70,787	89,151	85,808	74,702	57,728	55,429	54,152	47,526	71,123	76,674	78,102	71,975	71,973	66,076	71,803	84,898	94,971	83,847	84,611								
ATW		Bait boat	1,987	2,920	3,603	3,698	3,478	2,421	3,648	5,823	4,718	3,509	6,276	6,388	7,094	5,937	4,560	4,275	5,551	5,364	6,793	5,570	4,009	3,764	3,808	3,887	3,609	3,204	3,966	3,331	3,408	2,211	3,299	1,602	513	743	3,216	966	941									
		Longline	11,425	10,036	6,454	10,184	11,281	15,743	14,638	19,863	17,853	19,749	14,967	18,442	13,675	12,246	11,560	12,605	11,896	12,426	13,756	16,163	15,696	11,926	10,166	18,165	18,171	15,463	16,098	13,773	14,650	14,882	11,963	14,913	11,864	8,339	8,803	11,456	10,408	10,519								
		Other surf.	1,140	1,172	2,511	748	5,082	5,888	5,330	2,875	2,587	1,464	2,157	1,635	2,606	5,485	4,907	5,207	4,453	3,826	4,400	4,338	5,107	3,763	6,445	5,084	4,838	5,667	3,418	1,392	1,417	1,895	2,381	1,754	6,336	11,878	13,510	15,078	19,347	16,241								
		Purse seine	2,822	22,152	25,780	23,203	20,994	9,822	6,655	6,034	15,487	6,800	24,454	11,189	16,081	23,030	11,520	9,157	6,523	7,870	13,942	7,066	4,607	3,217	2,634	4,442	2,341	1,957	1,170	2,722	2,556	3,292	3,835	2,581	2,332	5,334	4,129	3,112										
ATF		Longline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
		Purse seine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		Other surf.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
ATW		Longline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Purse seine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Other surf.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Angola	959	1,467	788	237	350	59	51	246	67	292	510	441	211	137	216	78	70	115	170	35	34	34	34	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
		Bahia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Cape Verde	5,281	3,500	4,341	2,820	1,901	3,326	2,675	2,468	2,870	2,136	1,932	1,527	1,622	1,949	1,908	1,118	1,781	1,421	1,663	1,851	1,684	1,953	1,868	3,236	6,019	5,648	4,568	7,905	6,638	5,856	6,602	4,603	7,513	4,507	7,023	6,990	2,756	5,498								
		China PR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Congo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Cuba	9,670	8,051	1,343	891	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU/Denmark	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		EU/Egypt	51,428	54,164	51,946	40,049	66,874	61,978	66,099	50,167	63,649	68,603	51,464	49,502	40,403	40,612	38,278	34,479	24,550	31,137	19,947	24,681	31,105	31,409	24,884	21,414	15,795	11,806	13,584	24,409	32,793	25,960	21,626	18,854	11,878	14,225	21,094	19,246	12,108	10,712								
		EU/Egypt	44,787	36,205	38,164	5,934	10,323	16,953	16,620	20,210	30,602	45,572	34,788	33,964	36,064	35,468	28,367	33,819	29,966	30,739	31,246	29,789	32,211	32,753	32,429	23,949	22,672	18,940	11,310	16,115	18,923	20,280	22,037	18,506	20,291	21,087	19,443	16,198	25,811	24,580								
		EU/India	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU/Jamaica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU/Japan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU/Mexico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU/Poland	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		EU/Russia	208	981	1,133	1,527	36	395	278	188	182	179	328	195	128	126	211	288	176	267	177	194	4	6	4	5	16	274	865	300	990	537	452	355	315	60	76	112	67									

Table 2. YFT reported catches (Report CPC) and estimates for 2018 total catch using the 3 prior years (2015-2018 average).

Catch	Est 3 yr Avg	Report CPC	Total
Flag	2018	2018	
Barbados	263		
Belize	4,588		
Brazil	16,214		
Canada		15	
Cape Verde		5,584	
China PR	405		
Chinese Taipei		992	
Côte d'Ivoire	463		
Curaçao	6,980		
Dominica	194		
El Salvador	5,911		
EU.España	177	10,742	
EU.France	315	24,611	
EU.Portugal		638	
Ghana		23,160	
Guatemala		2,539	
Guyana	126		
Japan	3,325		
Korea Rep.		455	
Liberia	84		
Maroc		108	
Mexico		895	
Mixed flags (EU tropical)	1,567		
Namibia	49		
Panama	5,803		
S. Tomé e Príncipe	289		
Senegal	57	5,016	
South Africa		389	
St. Vincent and Grenadines	429		
Sta. Lucia	199		
Trinidad and Tobago		1,214	
U.S.A.	2,894		
UK.Bermuda		32	
UK.Sta Helena		199	
Venezuela	4,125		
Total	54,455	76,587	131,042

Table 3. Total nominal catch YFT 1950 – 2018 used as input for the 2019 stock assessment. 2018 is a combination of CPC reported catches and Group estimates.

Year	Bait boat	Longline	Other surf.	Purse seine	Total
1950	1,176		24		1,200
1951	1,176		182		1,358
1952	2,548		239		2,787
1953	3,528		72		3,600
1954	3,332		75		3,407
1955	4,218		82		4,300
1956	5,723	612	262		6,597
1957	9,187	13,886	625		23,698
1958	10,304	29,949	328		40,581
1959	5,775	51,882	112		57,769
1960	11,247	57,121	125		68,493
1961	9,839	48,762	202		58,803
1962	10,557	46,692	274		57,523
1963	17,785	45,254	60	1,499	64,598
1964	21,116	40,427	34	7,351	68,928
1965	18,486	40,943	13	8,279	67,721
1966	15,050	28,016	12	15,658	58,736
1967	16,761	24,523	1	18,940	60,225
1968	22,135	32,329		29,859	84,323
1969	15,645	34,579	5	44,362	94,591
1970	9,787	31,094	314	33,525	74,720
1971	10,701	31,334	320	32,391	74,746
1972	13,304	30,820	309	51,029	95,462
1973	14,773	33,613	311	47,238	95,935
1974	20,977	32,430	305	53,520	107,232
1975	10,041	29,838	277	84,359	124,515
1976	12,814	25,839	418	85,871	124,942
1977	10,949	27,832	556	91,998	131,335
1978	10,002	21,237	765	102,013	134,017
1979	14,832	16,636	1,120	94,979	127,568
1980	9,411	20,129	456	100,772	130,769
1981	11,935	19,610	6,323	118,163	156,031
1982	16,181	20,492	4,203	124,415	165,291
1983	15,110	14,597	6,221	129,491	165,419
1984	18,455	18,330	2,905	74,801	114,491
1985	21,664	20,801	6,398	107,964	156,827
1986	17,644	25,522	7,960	95,701	146,827
1987	22,181	21,268	7,078	95,171	145,698
1988	21,856	28,819	5,043	80,357	136,076
1989	17,050	25,419	4,695	115,302	162,465
1990	24,343	30,002	3,295	135,944	193,584
1991	23,052	24,707	4,879	114,884	167,523
1992	21,371	25,613	3,154	113,632	163,770
1993	24,850	22,754	4,005	111,838	163,447
1994	22,740	27,502	7,132	116,365	173,739
1995	18,867	25,495	6,564	103,751	154,677
1996	15,961	27,098	6,795	99,334	149,187
1997	16,914	22,637	6,230	91,538	137,318
1998	19,772	26,297	5,397	93,047	144,513
1999	21,922	27,484	6,365	80,383	136,154
2000	16,718	27,751	7,139	80,707	132,315
2001	19,590	23,272	7,058	103,519	153,439
2002	17,497	17,790	5,388	94,096	134,770
2003	13,863	19,349	8,754	80,614	122,580
2004	19,641	29,703	7,665	62,549	119,558
2005	13,637	25,377	6,936	59,117	105,067
2006	15,530	22,702	8,311	59,341	105,885
2007	15,218	29,541	5,370	50,302	100,431
2008	10,439	22,340	2,890	76,198	111,868
2009	10,182	22,102	3,157	82,467	117,908
2010	10,806	20,052	3,494	83,692	118,043
2011	14,694	18,271	3,483	77,152	113,599
2012	10,477	20,278	5,645	78,537	114,937
2013	8,405	17,524	9,315	71,043	106,288
2014	9,963	13,685	13,428	75,785	112,861
2015	10,097	13,147	15,106	89,222	127,572
2016	11,281	16,318	18,448	101,996	148,043
2017	8,931	15,001	21,675	89,193	134,800
2018	8,162	15,200	18,391	89,289	131,042

Table 4. Catch of YFT by fleet ID for input in the stock synthesis model. See Table 6 for the definition of the fleet ID structure and details.

Year	Fleet ID 1	Fleet ID 2	Fleet ID 3	Fleet ID 4	Fleet ID 5	Fleet ID 6	Fleet ID 7	Fleet ID 8	Fleet ID 9	Fleet ID 10	Fleet ID 11	Fleet ID 12	Fleet ID 13	Fleet ID 14	Fleet ID 15	Fleet ID 16	Fleet ID 17	Fleet ID 18	Fleet ID 19	Fleet ID 20	Fleet ID 21	Fleet ID 22	Fleet ID 23	Fleet ID 24	Fleet ID 25	
1950	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	
1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	158	-	24
1952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,548	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	187	-	52
1953	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72
1954	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,332	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	68
1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,141	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,911	812	-	-	-	612	-	-	-	-	-	-	151	-	111
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,518	2,669	-	-	2	13,196	-	-	688	-	-	-	302	-	323
1958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,094	3,210	-	-	183	26,976	-	-	2,790	-	-	-	283	-	45
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,034	1,741	-	-	112	42,936	1,024	111	7,700	-	-	-	-	-	112
1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,805	3,442	-	-	183	42,344	8,295	-	6,299	-	-	-	-	-	125
1961	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,822	3,017	-	-	17	29,501	13,091	-	6,153	-	-	-	-	-	202
1962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,696	2,359	-	1,502	2,433	36,742	2,798	194	4,524	1	-	-	-	274	
1963	1,300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,539	4,738	-	2,509	5,484	27,407	4,825	1,687	5,849	1	-	-	-	60	
1964	7,225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,754	5,106	-	2,256	5,890	25,348	3,867	1,007	4,314	1	-	-	-	199	
1965	8,279	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,995	4,912	-	2,579	1,078	28,998	6,842	300	3,725	0	-	-	-	34	
1966	15,658	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,800	5,048	-	202	3,918	17,380	1,055	655	4,999	8	-	-	-	13	
1967	17,804	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,987	5,550	-	224	1,088	10,589	1,147	1,220	10,459	20	-	-	1,136	1	
1968	23,921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,675	7,213	-	247	1,559	10,070	2,284	840	16,695	881	-	-	-	5,941	
1969	25,573	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,961	5,415	-	269	723	7,809	1,433	946	22,106	1,561	-	-	-	18,791	
1970	24,496	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,357	2,729	-	701	2,790	3,406	613	1,619	22,250	416	-	-	-	9,029	
1971	28,610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,743	3,538	-	420	7,434	2,726	468	442	20,191	72	-	-	-	3,781	
1972	38,687	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,094	2,477	-	731	2,470	2,774	1,253	541	22,913	870	-	-	-	12,342	
1973	43,648	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	10,693	3,182	-	786	2,299	800	704	886	28,822	102	-	-	-	3,590	
1974	47,899	-	-	-	-	-	-	-	-	-	274	13,090	5,581	-	2,032	2,263	1,071	141	813	28,078	64	-	-	-	5,621	
1975	69,943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	763	5,030	3,900	-	1,029	2,132	1,926	135	1,940	23,561	146	-	-	14,335	
1976	83,538	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	945	8,028	3,764	-	231	2,873	468	25	1,933	19,777	763	-	73	2,179	
1977	84,778	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	621	6,621	3,446	-	273	1,062	394	11	1,144	25,049	172	-	1	7,207	
1978	92,041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	546	5,155	4,293	-	243	1,534	341	49	984	18,188	142	-	10	9,737	
1979	90,279	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,426	9,880	3,616	-	150	1,477	400	110	1,591	12,770	290	-	15	4,461	
1980	95,266	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,974	3,559	4,065	-	92	817	1,916	106	703	16,328	259	-	28	5,228	
1981	110,893	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,510	5,503	-	3,802	96	2,055	1,888	201	461	14,743	261	-	1,321	4,294	
1982	107,476	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,797	4,820	-	5,337	418	359	5,378	325	809	13,329	292	-	948	12,748	
1983	103,138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,689	4,229	-	5,190	710	393	1,600	649	76	12,600	669	-	2,276	23,615	
1984	52,343	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,039	2,674	-	6,600	3,706	222	3,187	558	2,761	11,152	451	-	507	18,894	
1985	83,659	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,550	3,049	-	6,885	2,857	290	4,618	401	3,001	11,964	528	1	4,610	20,628	
1986	-	82,264	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,821	917	-	6,618	1,903	640	1,896	870	7,271	14,285	562	2	5,316	9,822	
1987	-	86,617	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,830	1,676	-	8,556	3,008	854	1,890	621	6,860	10,382	660	-	4,691	6,665	
1988	-	74,143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,555	2,084	-	8,951	2,446	787	4,032	1,163	9,209	12,191	1,437	1	2,378	6,034	
1989	-	103,475	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,035	2,265	-	6,785	1,145	715	5,980	275	6,679	11,404	365	-	2,180	11,647	
1990	-	128,964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,988	2,652	-	7,473	2,409	601	4,755	563	4,696	18,575	812	-	925	6,800	
1991	-	-	35,133	27,764	14,614	7,212	2,490	2,405	4,925	7,199	9,254	1,924	-	9,510	2,544	689	2,770	1,259	4,798	14,004	1,187	-	1,777	12,963		
1992	-	-	35,657	23,079	13,849	11,885	4,425	3,984	4,780	5,795	9,331	3,542	-	6,930	1,675	850	2,296	569	6,323	14,431	1,144	-	1,225	10,069		
1993	-	-	28,341	19,790	18,861	11,099	6,938	4,954	3,281	5,707	13,283	3,858	-	6,457	1,253	59	2,535	501	5,131	13,256	1,271	-	2,189	12,867		
1994	-	-	35,895	17,754	12,265	6,007	4,080	4,542	7,980	8,231	9,984	3,756	-	7,550	1,450	260	3,183	1,341	4,778	14,959	2,982	60	5,027	19,612		
1995	-	-	36,742	14,971	16,463	6,829	3,417	7,366	3,284	8,341	9,268	3,854	-	4,740	1,005	235	3,547	1,445	5,347	13,979	942	30	4,486	6,338		
1996	-	-	30,190	15,890	13,504	5,866	4,275	5,207	5,362	5,714	8,182	2,688	-	4,735	2,898	149	4,457	643	4,785	15,808	1,255	77	4,418	10,784		
1997	-	-	34,056	14,266	8,007	4,836	2,657	4,192	4,046	2,199	15,087	2,529	-	4,343	582	195	2,549	795	5,101	13,492	504	156	3,901	11,653		
1998	-	-	35,539	18,292	8,727	5,818	939	4,606	3,386	1,873	13,850	1,863	-	5,251	3,519	455	2,631	2,087	4,236	16,225	663	-	3,172	9,157		
1999	-	-	23,866	13,167	7,884	6,663	1,130	3,565	5,438	2,507	21,450	1,901	-	7,511	699	350	2,466	589	6,382	16,553	1,145	-	4,193	6,523		
2000	-	-	18,510	12,166	18,099	5,446	1,535	4,212	3,307	4,637	12,673	3,778	-	5,212	277	451	2,541	1,069	5,575	16,935	1,181	-	4,150	7,572		
2001	-	-	23,507	16,241	14,861	11,631	1,236	3,705	3,292	2,874	23,845	1,876	-	6,091	18	527	1,898	266	4,847	14,465	1,269	-	4,503	13,934		
2002	-	-	26,665	15,807	9,933	8,592	696	2,529	5,227	1,957	18,546	3,335	-	6,643	93	282	1,490	332	4,454	9,217	2,014	-	3,137	11,573		
2003	-	-	15,681	13,396	18,235	6,701	1,745	2,782	5,031	3,062	15,838	2,236	-	4,741	175	410	1,551	792	3,972	11,147	1,476	272	5,531	4,852		
2004	-	-	14,215	14,683	6,705	5,390	1,808	2,847	5,023	3,092	15,444	3,635	-	5,846	218	672	4,686	903	4,785	17,055	1,603	-	4,024	3,185		
2005	-	-	14,238	10,617	7,355	6,785	1,134	3,117	4,150	2,724	13,019	3,067	-	3,800	115	580	3,207	460	4,527	15,480	1,123	-	3,822	2,634		
2006	-	-	6,449	15,977	10,676	6,512	2,128	2,717	3,350	2,228	14,037	2,201	-	3,853	304	330	2,686	1,627	5,916	11,669	475	30	5,081	4,439		
2007	-	-	8,561	9,242	7,112	7,221	1,520	3,033	2,759	3,118	16,570	1,849	-	2,875	320	90	2,127	6,820	5,941	14,334	230	22	3,135	2,341		
2008	-	-	15,384	15,048	12,535	8,397	2,162	2,832	3,608	4,967	15,521	856	-	1,835	424	43	2,495	3,714	4,432	11,488	168	26	1,079	2,067		
2009	-	-	19,401	16,707	16,797	5,727	2,318	3,689	3,362	3,503	15,858	835	-	2,818	272	28	2,321	2,645	5,236	11,666	205	2				

Table 5. Recommended annual abundance indices for the Atlantic yellowfin tuna stock assessment reference case. This table reflects revisions made following the data preparatory meeting.

Left Panel: Annual Abundance Indices (1979-2018)											Right Panel: Quarterly Abundance Indices (2010-2017)			
<i>series</i>	Joint LL- Region1		Joint LL- Region2		Joint LL- Region3		FR_PS		Ven_LL		<i>series</i>	Buoy-derived Abundance Index		
<i>units</i>	Number		Number		Number				Number		<i>units</i>	Tropical		
<i>area</i>	North Temprate		Tropical		South Temprate		Tropical		North Temprate		<i>area</i>	Tropical		
<i>method</i>	Delta lognormal		Delta lognormal		Delta lognormal				Delta lognormal		<i>method</i>	Delta lognormal		
<i>source</i>	SCRS/2019/081		SCRS/2019/081		SCRS/2019/081		SCRS/2019/066		SCRS/2019/117		<i>source</i>	SCRS/2019/075		
Year	Std. CPUE	CV	Std. CPUE	CV	Std. CPUE	CV	Std. CPUE	CV	Std. CPUE	CV	Year	Quarter	Std. CPUE	CV
1979	1.12	0.10	1.29	0.08	1.35	0.20					2010	1	0.44	0.15
1980	0.89	0.10	1.25	0.06	0.62	0.14					2010	2	0.44	0.15
1981	0.81	0.08	1.23	0.05	0.72	0.12					2010	3	0.41	0.16
1982	0.74	0.09	1.18	0.04	0.90	0.10					2010	4	0.63	0.16
1983	1.01	0.09	1.02	0.06	0.85	0.11					2011	1	0.45	0.16
1984	1.12	0.09	1.29	0.05	1.07	0.12					2011	2	0.51	0.15
1985	0.86	0.09	1.15	0.04	0.86	0.10					2011	3	0.37	0.16
1986	1.06	0.08	1.41	0.05	0.99	0.10					2011	4	0.33	0.16
1987	1.06	0.07	1.52	0.04	0.91	0.11					2012	1	0.23	0.15
1988	1.19	0.07	1.37	0.04	1.35	0.10					2012	2	0.34	0.15
1989	1.16	0.06	1.31	0.04	1.00	0.10					2012	3	0.22	0.16
1990	1.36	0.07	1.32	0.04	1.00	0.09					2012	4	0.17	0.15
1991	1.23	0.06	1.11	0.04	1.03	0.07	0.32	0.15	1.03	0.62	2013	1	0.12	0.14
1992	1.25	0.06	0.86	0.04	1.07	0.09	0.31	0.14	0.77	0.46	2013	2	0.17	0.14
1993	0.96	0.07	1.02	0.04	0.88	0.09	0.98	0.11	0.59	0.50	2013	3	0.17	0.13
1994	1.22	0.07	1.07	0.04	1.06	0.07	0.79	0.14	0.55	0.43	2013	4	0.22	0.13
1995	1.26	0.06	1.13	0.04	1.22	0.07	1.07	0.11	0.42	0.68	2014	1	0.17	0.13
1996	1.01	0.06	0.98	0.04	1.09	0.08	0.93	0.12	0.62	0.43	2014	2	0.18	0.13
1997	1.04	0.06	0.88	0.04	0.98	0.08	0.85	0.11	0.51	0.46	2014	3	0.22	0.12
1998	1.08	0.06	0.94	0.04	1.15	0.06	1.30	0.10	0.66	0.48	2014	4	0.22	0.12
1999	1.10	0.06	0.95	0.04	1.05	0.07	1.07	0.10	0.89	0.35	2015	1	0.15	0.12
2000	1.07	0.05	0.94	0.04	1.08	0.06	0.77	0.10	0.59	0.49	2015	2	0.17	0.12
2001	1.00	0.05	0.87	0.04	1.11	0.07	1.00	0.10	0.56	0.65	2015	3	0.22	0.09
2002	0.86	0.05	0.78	0.04	1.18	0.08	0.97	0.10	0.61	0.72	2015	4	0.22	0.10
2003	0.93	0.05	0.82	0.04	1.16	0.07	1.55	0.09	0.73	0.85	2016	1	0.14	0.11
2004	1.04	0.05	0.94	0.04	1.13	0.08	1.13	0.08	0.82	0.95	2016	2	0.19	0.12
2005	1.34	0.05	1.18	0.03	1.29	0.06	0.80	0.10	1.42	0.76	2016	3	0.22	0.12
2006	1.14	0.06	0.98	0.03	1.07	0.05	0.97	0.08	1.02	0.73	2016	4	0.21	0.11
2007	0.90	0.06	0.87	0.04	1.02	0.05	0.80	0.09	2.19	0.32	2017	1	0.17	0.12
2008	0.69	0.07	0.67	0.04	0.85	0.06	1.03	0.09	1.68	0.24	2017	2	0.24	0.11
2009	0.77	0.07	0.69	0.03	0.81	0.06	1.11	0.07	1.41	0.39	2017	3	0.34	0.11
2010	0.72	0.07	0.64	0.03	0.90	0.06	0.88	0.10	1.19	0.33	2017	4	0.46	0.11
2011	0.79	0.07	0.65	0.03	1.02	0.06	0.81	0.09	1.19	0.12				
2012	0.84	0.06	0.66	0.03	1.21	0.06	0.80	0.10	1.13	0.23				
2013	0.87	0.06	0.72	0.04	1.24	0.05	0.86	0.08	1.17	0.31				
2014	0.80	0.08	0.64	0.04	0.89	0.06	0.84	0.10	1.29	0.17				
2015	0.78	0.07	0.67	0.04	0.99	0.06	0.85	0.09	1.35	0.23				
2016	0.86	0.07	0.64	0.04	0.98	0.06	1.10	0.11	1.24	0.19				
2017	0.92	0.07	0.67	0.04	1.04	0.06	0.87	0.11	1.19	0.06				
2018	0.86	0.09	0.55	0.05	0.91	0.09	0.98	0.09	1.17	0.15				

Table 6. Stock synthesis fleet structure definition for the 2019 YFT stock assessment for catch and size composition.

Stock Synthesis ID	Name	Season	Gear	Area_ID_TT	Yr_Start	Yr_End
1	PS EU 63-85		PS	1, 2n, 2s, 3	1963	1985
2	PS EU 86-90		PS	1, 2n, 2s, 3	1986	1990
3	PS EU FSC 91	1	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
4	PS EU FSC 91	2	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
5	PS EU FSC 91	3	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
6	PS EU FSC 91	4	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
7	PS EU FAD 91	1	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
8	PS EU FAD 91	2	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
9	PS EU FAD 91	3	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
10	PS EU FAD 91	4	PS	1, 2n, 2s, 3	1991	2018
11	PSBB Ghana		PS+BB	1, 2n, 2s, 3	1972	2018
12	BB South Dakar		BB	2n, 3	1950	2018
13	BB Dakar 62-80		BB	2n	1955	1980
14	BB Dakar 81+		BB	2n	1981	2018
15	BB North 25 lat		BB	1	1962	2018
16	LL JPN North 25		LL	North_LL	1957	2018
17	LL JPN Trop		LL	Trop_LL	1956	2018
18	LL JPN South		LL	South_LL	1959	2018
19	LL North Oth		LL	North_LL	1959	2018
20	LL Trop Oth		LL	Trop_LL	1957	2018
21	LL South Oth		LL	South_LL	1962	2018
22	HL Brazil		HL	1	1985	2018
23	RR USA		RR	1	1951	2018
24	PS West		PS	2n	1979	2018
25	Others		OTH	1, 2n, 2s, 3	1950	2018

Table 7. Description of selectivity shapes, time blocks and data decisions for the accepted runs. Time blocks are described as the beginning and ending years for blocks.

Fleet	Selectivity	Time block(s)	Note
1	5 node cubic spline		Include US PS Catch and Size
2	5 node cubic spline		Include US PS Catch and Size
3	5 node cubic spline		
4	mirrored to 3		
5	mirrored to 3		
6	mirrored to 3		
7	5 node cubic spline	2003 2018 (switch to FADs)	
8	mirrored to 7	2003 2018 (switch to FADs)	
9	mirrored to 7	2003 2018 (switch to FADs)	
10	mirrored to 7	2003 2018 (switch to FADs)	
11	5 node cubic spline	1981 1987 1988 1995 1996 2018 (selex change)	Exclude Size 1996-2008
12	double normal, smooth inc/dec	2010 2018 (selex change)	Exclude South Africa Catch and Size
13	double normal, smooth inc/dec		Exclude Venezuela BB Size
14	double normal, smooth inc/dec		Exclude Venezuela BB Size
15	mirrored to 14		
16	double normal, smooth increase		
17	logistic	1979 1991 1992 2004 2005 2018 (selex change)	
18	mirrored to 16		
19	double normal, smooth increase	2003 2018	Exclude Chinese Taipei Size after 2005
20	logistic	1979 1991 1992 2004 2005 2018 (selex change)	Exclude Chinese Taipei Size after 2005
21	mirror 19		Exclude Chinese Taipei Size after 2005
22	double normal with AOTTP tagging estimates as priors		Exclude 1994 Brazil HL Size
23	double normal, smooth inc/dec	1998 2018 (69 cm size limit)	
24	double normal		Exclude US PS Catch and Size before 1990, remove 2006 Size from Venezuelan PS
25	double normal		Include South Africa Catch and Size, exclude Cabo Verde Catch and Size. Lower lambda (0.001).

Table 8. Description of reference and sensitivity runs carried out prior to and at the 2019 stock assessment meeting. Runs 29 and up use the data decisions listed in section 3.2.4.

Run	Description
1	Growth fit internally (Richards), Joint LL R2, Conditional Age at Length (CAL), $M_{age\ 5}=0.35$ with Lorenzen scaling, h fixed at 0.8
2	Like 1 but with von Bertalanffy form
3	No CAL, fixed growth to estimates from 1 (preliminary reference run)
4	No CAL, convert to Lorenzen scaling of M ($M_{age\ 5}=0.318$)
5	Like 3 but ASPM, fix all selectivity parameters, estimate R_0 , σ_R , recruitment deviations
6	Like 3 but no recruitment deviations
7	Like 3 but with continuity M from 2016 assessment
8	Like 3 but with reduce weight on length composition (0.5)
9	Like 3 + BAI (CV 0.3, scaled as above)
10	Like 3 + EUPSFS + BAI (CV 0.3, scaled as above)
11	Like 3 + EUPSFS (CV 0.3, scaled according to interannual variability in precision)
12	Like 3 + 3 Joint LL indices
13	Like 3 but h fixed at 0.7
14	Like 3 but h fixed at 0.9
15	Like 3 but h fixed at 0.99
16	Like 3 but estimate M, fix growth no CAL
17	Like 3 but estimate M, fix growth, CAL
18	Like 3 but Low $M_{age\ 5}=0.28$; or other low M
19	Like 3 but High $M_{age\ 5} = 0.42$, or other high M
20	Like 3 but with CAL
21	Like 5 but with 2016 new M
22	Like 5 but with 2016 + only joint LL
23	Like 3 but time block LL JPN and LL tropical at 1979
24	Like 3 but fix 2017 recruitment deviations at zero
25	Like 23 but split JLL and Trop at 2004, downweigh OTHER_OTHER length composition data
26	Like 25 but with new data file
27	Like 25 same data file, but control file mods

- 28 Like 27 but removing BR HL prior to 1992 and Ghana BB/PS 1996-2008
 - 29 no CAL, M=0.35, Lorenzen scaled (final reference run)**
 - 30 Like 29 + EUPSFS and BAI
 - 31 Like 29 but with CAL
 - 32 Like 29 + EUPSFS and BAI
 - 33 Like 30 but with M and growth like 2016 assessment
 - 34 Like 30 but with low $M_{age\ 5}=0.28$
 - 35 Like 30 but with high $M_{age\ 5}=0.42$
 - 36 Like 29 but ASPM, fix all selectivities, estimate R_0 , σ_R , recruitment deviations
 - 37 Like 30 but with λ on length composition (0.5)
 - 38 Like 30 but $h=0.7$
 - 39 Like 30 but $h=0.9$
 - 40 Like 29 + all indices
 - 41 Like 29 but with only the 3 LL indices (region 1,2,3)
 - 42 Like 29 but with only EUPSFS index
 - 43 Like 30 but no recruitment deviations in 2017 and 2018
 - 44 Like 30 but no recruitment deviation in 2018
-

Table 9. Characteristics of the reference and sensitivity runs from stock synthesis model used for the uncertainty grid and management advice.

<i>Run</i>	<i>Indices</i>	<i>h</i>
1 (Reference)	joint LL R2 + EUPSFS	0.8
2	joint LL R2 + EUPSFS	0.9
3	joint LL R2 + EUPSFS + BAI linked to seasonal fleets	0.8
4	joint LL R2 + EUPSFS + BAI linked to seasonal fleets	0.9

Table 10. List of model runs carried out in *MPB*.

<i>Run</i>	<i>Indice(s)</i>	<i>Other assumptions/restrictions</i>
1	Joint LL R2 (1979-2018)	Search space constrained for r and k
2	Joint LL R2 (1979-2018) + EU PS (1993-2018)	Unconstrained search space
3	Joint LL R2 (1979-2018) + EU PS (1993-2018)	Unconstrained search space Free B0

Table 11. List of model runs carried out in JABBA. Runs 1-4 were presented in the submitted SCRS document. All other runs were conducted during the assessment meeting. Models in **bold** were used for projections and stock status.

Run	Indice(s)	Prior on r	Reference
1	Joint LL R2	SS3 2016	Base Case in SCRS/2019/119; S1 in YFT_JABBA2019_v3 slides 2 and 29
2	Joint LL R2	FishLife (CV = 0.3)	S1 in SCRS/2019/119; S2 in YFT_JABBA2019_v3 slides 2 and 29
3	Joint LL R2 + BAI	SS3 2016	S2 in SCRS/2019/119
4	Joint LL R2 + BAI	FishLife (CV = 0.3)	S3 in SCRS/2019/119
5	Joint LL R2	Uninformative lognormal	S3 in YFT_JABBA2019_v3 slide 2
6 (base)	Joint LL R2	SS3 2019	Base case in YFT_JABBA2019_v3 slides 2, 14, 29, 61 and 68
7	Joint LL R2 + Joint LL R1	SS3 2019	S1 in YFT_JABBA2019_v3 slide 14
8	Joint LL R2 + Joint LL R3	SS3 2019	S2 in YFT_JABBA2019_v3 slide 14
9	Joint LL R2 + EUPSFS	SS3 2019	S3 in YFT_JABBA2019_v3 slide 14
10	Joint LL R2 + Joint LL R1 + Joint LL R3	SS3 2019	S4 in YFT_JABBA2019_v3 slide 14
11	Joint LL R2 + Joint LL R1 + Joint LL R3 + EUPSFS	SS3 2019	S5 in YFT_JABBA2019_v3 slide 14
12	Joint LL R2 + Joint LL R1 + Joint LL R3 + EUPSFS + BAI	SS3 2019	S6 in YFT_JABBA2019_v3 slide 14
13	Joint LL R2 + Joint LL R1 + EUPSFS	SS3 2019	S3 in YFT_JABBA2019_v3 slides 29, 61 and 68
14	Joint LL R2	FishLife (CV = 0.6)	S2 in YFT_JABBA2019_v3 slide 68
15	Joint LL R2 + Joint LL R1 + EUPSFS	FishLife (CV = 0.6)	S5 in YFT_JABBA2019_v3 slide 68
16	Joint LL R2	FishLife (CV = 0.3)	S2 in YFT_JABBA2019_v3 slide 61
17	Joint LL R2 + Joint LL R1 + EUPSFS	FishLife (CV = 0.3)	S5 in YFT_JABBA2019_v3 slide 61
18	Joint LL R2 + Joint LL R1 + EUPSFS	SS3 2016	S4 in YFT_JABBA2019_v3 slide 29
19	Joint LL R2 + Ven LL	SS3 2019	S6 in YFT_JABBA2019_v3 slide 69
20	Joint LL R2 + Ven LL	FishLife (CV=0.3)	S7 in YFT_JABBA2019_v3 slide 69

Table 12. Stock synthesis parameter estimates of the for the reference model Run 1. Most parameter estimates are similar. Recruitment deviations not shown for brevity.

Name	Value	Phase	Min	Max	CV	Grad	Pr type	Prior	Pr SD
NatM_p_1_Fem_GP_1	0.35	-4				-			
L_at_Amax_Fem_GP_1	153.0	-2	120	190	-	-	no	-	-
VonBert_K_Fem_GP_1	0.67	-4	0.1	0.9	-	-	no	-	-
Richards_Fem_GP_1	0.11	-4	-2	2	-	-	no	-	-
CV_young_Fem_GP_1	0.21	-4	0.1	0.3	-	-	no	-	-
CV_old_Fem_GP_1	0.07	-5	0.1	0.3	-	-	no	-	-
RecrDist_month_4	-0.06	3	-4	4	-509.6%	-2E-05	Sbet	0.17	2.00
RecrDist_month_7	-0.41	3	-4	4	-35.8%	2E-05	Sbet	-0.72	2.00
RecrDist_month_10	-1.81	4	-4	4	-39.6%	1E-05	Sbet	-0.23	2.00
SR_LN(R0)	11.33	1	9	13	0.6%	8E-05	no	-	-
SR_BH_flat_steep	0.80	-3	0.2	1	-	-	no	-	-
SR_sigmaR	0.35	6	0.2	1	15.6%	4E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_2_1_PS_ESFR2_6585(1)	0.01	5	-2	2	324.9%	1E-05	Sbet	0.18	2
SizeSpline_Val_4_1_PS_ESFR2_6585(1)	0.06	4	-2	2	268.8%	2E-06	Sbet	-0	2
SizeSpline_Val_5_1_PS_ESFR2_6585(1)	0.80	4	-2	2	17.7%	1E-05	Sbet	0.68	2
SizeSpline_Val_2_2_PS_ESFR2_8690(2)	-0.01	2	-3	3	-907.6%	3E-08	no	-	-
SizeSpline_Val_4_2_PS_ESFR2_8690(2)	-0.44	2	-3	3	-95.6%	-3E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_5_2_PS_ESFR2_8690(2)	1.88	2	-2	5	17.5%	7E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_2_3_PS_ESFR2_9118_S1(3)	0.07	5	-2	2	116.8%	2E-07	Sbet	0.38	2
SizeSpline_Val_4_3_PS_ESFR2_9118_S1(3)	-0.39	4	-2	2	-70.8%	-3E-06	Sbet	-0.8	2
SizeSpline_Val_5_3_PS_ESFR2_9118_S1(3)	2.46	4	-2	5	8.1%	6E-06	Sbet	1.79	2
SizeSpline_Val_2_7_ESFR_FADS_PS_9118_S1(7)	0.92	5	-2	2	3.0%	3E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_4_7_ESFR_FADS_PS_9118_S1(7)	-1.11	4	-5	2	-14.9%	5E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_5_7_ESFR_FADS_PS_9118_S1(7)	-0.77	5	-5	2	-20.8%	9E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_1_11_BB_PS_Ghana_6518(11)	-8.00	4	-10	7	-14.1%	5E-07	no	-	-
SizeSpline_Val_2_11_BB_PS_Ghana_6518(11)	0.77	5	-1	1	5.0%	2E-06	Sbet	0.24	1
SizeSpline_Val_4_11_BB_PS_Ghana_6518(11)	-4.92	4	-10	2	-17.1%	2E-07	Sbet	-5.7	1
SizeSpline_Val_5_11_BB_PS_Ghana_6518(11)	-4.26	4	-10	2	-27.2%	-7E-08	Sbet	-3	1
Size_DblN_peak_12_BB_area2_Sdak(12)	46.08	3	30	180	3.9%	6E-06	Sbet	46.5	0.5
Size_DblN_ascend_se_12_BB_area2_Sdak(12)	3.74	5	-5	9	11.8%	7E-07	Sbet	3.78	1
Size_DblN_descend_se_12_BB_area2_Sdak(12)	7.66	4	-5	9	2.0%	1E-05	no	0	0
Size_DblN_ascend_se_13_BB_DAKAR_62_80(13)	4.46	5	-5	9	3.6%	-3E-06	Sbet	4.39	1
Size_DblN_descend_se_13_BB_DAKAR_62_80(13)	7.33	4	-5	9	1.4%	4E-06	no	-	-
Size_DblN_ascend_se_14_BB_DAKAR_81_18(14)	4.61	5	-5	9	2.3%	-7E-06	Sbet	4.81	1
Size_DblN_descend_se_14_BB_DAKAR_81_18(14)	8.81	5	-5	9	1.6%	4E-06	Sbet	6.76	0.2
Size_DblN_peak_16_Japan_LL_N(16)	118.9	3	70	130	1.7%	8E-06	Sbet	119	0.5
Size_DblN_ascend_se_16_Japan_LL_N(16)	6.35	5	-5	9	2.1%	-1E-05	Sbet	6.49	0.5
Size_DblN_descend_se_16_Japan_LL_N(16)	5.14	4	-5	10	8.5%	9E-06	no	-	-
Size_DblN_end_logit_16_Japan_LL_N(16)	-1.43	4	-9	15	-18.5%	1E-05	no	-	-
Size_inflection_17_Japan_LL_TRO(17)	118.1	3	70	180	2.5%	2E-05	no	-	-
Size_95%width_17_Japan_LL_TRO(17)	29.33	3	10	60	12.0%	-3E-06	no	-	-
Size_DblN_peak_19_Other_LL_N(19)	125.4	3	70	150	0.8%	3E-05	Sbet	125	1
Size_DblN_ascend_se_19_Other_LL_N(19)	6.89	5	-5	9	0.7%	-4E-05	Sbet	6.49	1
Size_DblN_descend_se_19_Other_LL_N(19)	5.06	4	-5	10	3.9%	3E-05	no	-	-
Size_DblN_end_logit_19_Other_LL_N(19)	-2.27	4	-9	15	-11.2%	2E-05	no	-	-
Size_inflection_20_Other_LL_TRO(20)	85.93	3	40	180	2.4%	1E-05	Sbet	85.9	0.2
Size_95%width_20_Other_LL_TRO(20)	14.01	3	10	60	18.6%	2E-07	Sbet	13.5	0.2
Size_DblN_peak_22_HL_Braz_N(22)	54.47	5	40	100	3.4%	-2E-06	Norm	60	10
Size_DblN_descend_se_22_HL_Braz_N(22)	5.88	5	-5	9	7.9%	6E-07	Norm	4.5	2
Size_DblN_ascend_se_23_US_RR(23)	4.95	5	-5	9	2.7%	-6E-06	Sbet	5.64	1
Size_DblN_descend_se_23_US_RR(23)	7.02	4	-5	9	1.8%	7E-06	no	-	-
Size_DblN_ascend_se_24_PS_WEST(24)	4.96	4	-5	9	4.4%	3E-06	Sbet	5.34	2
Size_DblN_descend_se_24_PS_WEST(24)	5.13	4	-5	10	15.1%	5E-07	Sbet	5.18	2
Size_DblN_end_logit_24_PS_WEST(24)	-0.98	6	-9	15	-61.1%	2E-06	Sbet	-0.5	2
Size_DblN_peak_25_OTH_OTH(25)	78.33	3	50	130	8.3%	-6E-06	Sbet	71.2	0.2
Size_DblN_descend_se_25_OTH_OTH(25)	8.93	4	-5	10	12.8%	-8E-06	Sbet	8.06	0.2
SizeSpline_Val_1_7_ESFR_FADS_PS_9118_S1(7)_BLK1repl_2003	-6.70	6	-10	7	-7.1%	2E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_4_7_ESFR_FADS_PS_9118_S1(7)_BLK1repl_2003	-2.44	6	-5	2	-9.3%	6E-07	no	-	-
SizeSpline_Val_5_7_ESFR_FADS_PS_9118_S1(7)_BLK1repl_2003	-3.12	6	-5	2	-10.3%	-1E-06	no	-	-
SizeSpline_Val_1_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1981	-8.51	6	-10	7	-8.3%	5E-07	Sbet	-7.8	0.2
Name	Value	Phase	Min	Max	CV	Grad	Pr type	Prior	Pr SD
SizeSpline_Val_1_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1988	-8.36	6	-10	7	-6.9%	-4E-07	Sbet	-7.8	0.2

SizeSpline_Val_1_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1996	-7.87	6	-10	7	-12.9%	-5E-08	Sbet	-7.8	0.2
SizeSpline_Val_4_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1981	-2.07	6	-5	2	-21.1%	-1E-06	Sbet	-0.3	0.1
SizeSpline_Val_4_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1996	0.28	6	-5	2	80.5%	5E-07	Sbet	-0.3	0.1
SizeSpline_Val_5_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1981	-0.77	6	-2	2	-43.7%	4E-07	Sbet	-1.4	0.2
SizeSpline_Val_5_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1988	-2.83	6	-3	2	-11.7%	7E-07	Sbet	-1.4	0.2
SizeSpline_Val_5_11_BB_PS_Ghana_6518(11)_BLK3repl_1996	-0.78	6	-2	2	-35.7%	-3E-06	Sbet	-1.4	0.2
Size_inflection_17_Japan_LL_TRO(17)_BLK7add_1979	2.67	6	-10	30	147.6%	-1E-06	no	-	-
Size_inflection_17_Japan_LL_TRO(17)_BLK7add_1992	13.04	6	-10	30	29.4%	4E-06	no	-	-
Size_inflection_17_Japan_LL_TRO(17)_BLK7add_2005	20.86	6	-10	30	20.9%	2E-06	no	-	-
Size_95%width_17_Japan_LL_TRO(17)_BLK7add_1979	-3.43	6	-15	25	0.0%	4E-06	no	-	-
Size_95%width_17_Japan_LL_TRO(17)_BLK7add_1992	-2.96	6	-15	25	0.0%	-3E-06	no	-	-
Size_95%width_17_Japan_LL_TRO(17)_BLK7add_2005	8.27	6	-15	25	0.0%	-2E-07	no	-	-
Size_DblN_peak_19_Other_LL_N(19)_BLK1repl_2003	130.4	6	30	180	0.0%	3E-05	no	-	-
Size_inflection_20_Other_LL_TRO(20)_BLK7add_1979	15.51	6	-10	30	0.0%	2E-06	no	-	-
Size_inflection_20_Other_LL_TRO(20)_BLK7add_1992	4.93	6	-10	30	0.0%	-3E-06	no	-	-
Size_inflection_20_Other_LL_TRO(20)_BLK7add_2005	24.47	6	-10	30	0.0%	-2E-07	no	-	-
Size_95%width_20_Other_LL_TRO(20)_BLK7add_1979	14.27	6	-15	25	0.0%	-2E-06	no	-	-
Size_95%width_20_Other_LL_TRO(20)_BLK7add_1992	9.10	6	-15	25	0.0%	2E-07	no	-	-
Size_95%width_20_Other_LL_TRO(20)_BLK7add_2005	20.57	6	-15	25	0.0%	3E-06	no	-	-

Table 13. Estimates of SSB relative to SSB_{MSY} , and fishing mortality relative to F_{MSY} between 1951 and 2018 from SS Grid runs 1-4. Confidence intervals are 95% and based on the hessian standard errors.

Year	SSB/SSB _{msy}												F/F _{msy}											
	Run 1			Run 2			Run 3			Run 4			Run 1			Run 2			Run 3			Run 4		
	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci
1951	3.39	3.34	3.45	3.82	3.72	3.91	3.38	3.33	3.42	3.79	3.71	3.86	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1952	3.39	3.34	3.44	3.81	3.72	3.90	3.37	3.33	3.42	3.78	3.71	3.85	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1953	3.38	3.33	3.43	3.80	3.71	3.89	3.37	3.32	3.41	3.77	3.70	3.85	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1954	3.37	3.32	3.43	3.79	3.70	3.88	3.36	3.31	3.40	3.76	3.69	3.84	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1955	3.36	3.31	3.41	3.78	3.69	3.87	3.35	3.30	3.39	3.75	3.68	3.82	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1956	3.35	3.30	3.40	3.76	3.67	3.86	3.34	3.29	3.38	3.74	3.66	3.81	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1957	3.33	3.28	3.39	3.75	3.65	3.84	3.32	3.28	3.37	3.72	3.65	3.80	0.08	0.07	0.09	0.07	0.06	0.08	0.07	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07
1958	3.29	3.23	3.34	3.69	3.60	3.79	3.28	3.23	3.33	3.67	3.59	3.75	0.14	0.12	0.16	0.12	0.10	0.14	0.12	0.11	0.14	0.11	0.10	0.12
1959	3.21	3.15	3.27	3.60	3.50	3.70	3.20	3.15	3.26	3.58	3.50	3.67	0.20	0.17	0.23	0.18	0.15	0.20	0.18	0.16	0.20	0.16	0.14	0.18
1960	3.10	3.04	3.17	3.48	3.37	3.58	3.11	3.04	3.17	3.47	3.37	3.56	0.25	0.21	0.28	0.21	0.18	0.24	0.22	0.19	0.25	0.19	0.17	0.22
1961	3.01	2.93	3.08	3.36	3.25	3.48	3.02	2.95	3.09	3.36	3.26	3.46	0.22	0.19	0.25	0.19	0.16	0.22	0.19	0.17	0.22	0.17	0.15	0.19
1962	2.94	2.86	3.03	3.29	3.17	3.41	2.96	2.88	3.04	3.29	3.18	3.40	0.22	0.19	0.25	0.19	0.16	0.22	0.19	0.17	0.22	0.17	0.15	0.20
1963	2.85	2.69	3.01	3.19	2.99	3.38	2.88	2.73	3.03	3.21	3.03	3.39	0.25	0.21	0.30	0.22	0.18	0.26	0.23	0.19	0.26	0.20	0.16	0.23
1964	2.73	2.43	3.04	3.05	2.70	3.40	2.78	2.49	3.07	3.09	2.76	3.42	0.28	0.23	0.34	0.25	0.19	0.30	0.25	0.20	0.30	0.22	0.18	0.26
1965	2.60	2.20	2.99	2.90	2.45	3.35	2.66	2.28	3.04	2.96	2.53	3.39	0.29	0.22	0.36	0.26	0.19	0.32	0.26	0.20	0.31	0.23	0.18	0.28
1966	2.45	2.00	2.89	2.73	2.23	3.24	2.53	2.10	2.95	2.81	2.33	3.29	0.26	0.20	0.33	0.23	0.17	0.29	0.23	0.18	0.28	0.20	0.15	0.25
1967	2.39	1.92	2.86	2.67	2.14	3.19	2.47	2.02	2.92	2.75	2.24	3.25	0.28	0.20	0.35	0.24	0.18	0.31	0.24	0.18	0.30	0.21	0.16	0.26
1968	2.33	1.85	2.82	2.61	2.06	3.15	2.42	1.95	2.89	2.69	2.16	3.21	0.40	0.29	0.50	0.34	0.25	0.44	0.34	0.26	0.43	0.30	0.22	0.38
1969	2.22	1.73	2.70	2.48	1.93	3.02	2.31	1.84	2.78	2.57	2.04	3.09	0.45	0.33	0.58	0.40	0.28	0.51	0.39	0.29	0.49	0.35	0.26	0.44
1970	2.17	1.68	2.67	2.42	1.87	2.98	2.26	1.79	2.74	2.51	1.98	3.05	0.36	0.26	0.46	0.31	0.22	0.40	0.31	0.23	0.39	0.27	0.20	0.35
1971	2.15	1.65	2.65	2.41	1.84	2.97	2.24	1.76	2.73	2.50	1.96	3.04	0.32	0.24	0.41	0.28	0.20	0.35	0.28	0.21	0.35	0.25	0.18	0.31
1972	2.40	1.89	2.90	2.69	2.12	3.26	2.46	1.98	2.95	2.75	2.21	3.30	0.35	0.26	0.44	0.30	0.22	0.38	0.31	0.23	0.38	0.27	0.20	0.34
1973	2.99	2.40	3.58	3.37	2.70	4.05	3.01	2.44	3.57	3.38	2.74	4.02	0.31	0.23	0.39	0.27	0.20	0.34	0.28	0.21	0.35	0.24	0.18	0.30
1974	3.43	2.78	4.09	3.89	3.15	4.64	3.42	2.79	4.04	3.86	3.14	4.57	0.34	0.25	0.42	0.29	0.21	0.36	0.30	0.23	0.38	0.26	0.20	0.33
1975	3.50	2.86	4.15	3.98	3.24	4.72	3.48	2.85	4.10	3.93	3.23	4.64	0.40	0.30	0.50	0.34	0.26	0.43	0.36	0.27	0.45	0.31	0.24	0.39
1976	3.33	2.73	3.94	3.79	3.10	4.49	3.31	2.72	3.90	3.75	3.08	4.41	0.43	0.32	0.53	0.37	0.28	0.46	0.39	0.29	0.48	0.33	0.25	0.41
1977	3.06	2.51	3.61	3.49	2.85	4.12	3.05	2.51	3.58	3.45	2.84	4.06	0.49	0.37	0.61	0.42	0.32	0.52	0.44	0.34	0.55	0.38	0.29	0.48
1978	2.74	2.26	3.23	3.13	2.57	3.69	2.74	2.26	3.22	3.10	2.57	3.64	0.56	0.43	0.70	0.48	0.36	0.60	0.51	0.39	0.62	0.44	0.33	0.54
1979	2.43	2.00	2.86	2.77	2.27	3.26	2.44	2.01	2.87	2.76	2.28	3.24	0.61	0.46	0.76	0.52	0.39	0.65	0.55	0.42	0.68	0.47	0.36	0.59
1980	2.09	1.71	2.47	2.38	1.95	2.82	2.12	1.74	2.50	2.39	1.97	2.82	0.71	0.54	0.88	0.60	0.46	0.75	0.63	0.48	0.78	0.54	0.41	0.67
1981	1.80	1.46	2.13	2.04	1.66	2.43	1.83	1.49	2.17	2.07	1.69	2.45	0.93	0.71	1.16	0.79	0.60	0.99	0.82	0.62	1.02	0.71	0.54	0.88
1982	1.59	1.27	1.90	1.80	1.45	2.16	1.63	1.31	1.95	1.83	1.48	2.19	1.08	0.81	1.34	0.92	0.69	1.15	0.95	0.71	1.18	0.82	0.61	1.02
1983	1.42	1.12	1.73	1.62	1.27	1.96	1.47	1.16	1.78	1.66	1.31	2.01	1.14	0.85	1.43	0.97	0.72	1.23	1.00	0.74	1.26	0.87	0.64	1.09
1984	1.33	1.03	1.63	1.51	1.17	1.85	1.38	1.07	1.69	1.55	1.21	1.90	0.79	0.58	0.99	0.67	0.49	0.85	0.69	0.51	0.87	0.60	0.44	0.76
1985	1.40	1.10	1.71	1.60	1.25	1.95	1.45	1.13	1.77	1.64	1.28	1.99	0.95	0.72	1.19	0.81	0.61	1.01	0.84	0.63	1.05	0.73	0.54	0.91
1986	1.59	1.26	1.92	1.81	1.44	2.19	1.62	1.28	1.97	1.84	1.46	2.22	0.84	0.63	1.05	0.71	0.53	0.89	0.75	0.56	0.93	0.64	0.48	0.80
1987	1.78	1.41	2.14	2.03	1.61	2.45	1.81	1.43	2.18	2.05	1.63	2.47	0.81	0.61	1.01	0.69	0.51	0.86	0.72	0.54	0.90	0.62	0.46	0.77
1988	1.81	1.44	2.17	2.07	1.65	2.49	1.84	1.46	2.21	2.09	1.67	2.51	0.75	0.57	0.93	0.63	0.48	0.79	0.67	0.50	0.83	0.57	0.43	0.71
1989	1.84	1.48	2.19	2.11	1.70	2.52	1.87	1.50	2.23	2.13	1.72	2.53	0.90	0.69	1.11	0.76	0.58	0.94	0.80	0.61	0.99	0.68	0.52	0.85
1990	1.79	1.45	2.13	2.06	1.67	2.45	1.82	1.47	2.17	2.07	1.68	2.46	1.12	0.86	1.39	0.95	0.72	1.18	1.00	0.76	1.24	0.85	0.65	1.06
1991	1.62	1.29	1.95	1.86	1.48	2.24	1.66	1.32	1.99	1.89	1.51	2.26	1.03	0.79	1.28	0.87	0.66	1.08	0.92	0.70	1.14	0.79	0.60	0.98
1992	1.53	1.22	1.84	1.75	1.40	2.10	1.56	1.24	1.88	1.78	1.42	2.13	1.02	0.78	1.26	0.87	0.66	1.07	0.91	0.69	1.13	0.78	0.59	0.97
1993	1.54	1.24	1.84	1.76	1.42	2.11	1.56	1.25	1.87	1.78	1.44	2.12	1.02	0.79	1.26	0.87	0.66	1.07	0.91	0.70	1.13	0.78	0.60	0.97
1994	1.54	1.25	1.83	1.77	1.43	2.10	1.56	1.26	1.87	1.78	1.44	2.12	1.09	0.84	1.34	0.92	0.71	1.14	0.97	0.75	1.20	0.83	0.64	1.03
1995	1.52	1.22	1.81	1.74	1.41	2.08	1.54	1.24	1.84	1.76	1.42	2.09	1.00	0.76	1.23	0.84	0.64	1.04	0.89	0.67	1.10	0.76	0.58	0.94
1996	1.51	1.21	1.80	1.73	1.40	2.07	1.53	1.23	1.84	1.75	1.41	2.09	0.99	0.75	1.23	0.84	0.63	1.04	0.88	0.66	1.10	0.75	0.57	0.94
1997	1.46	1.16	1.76	1.68	1.34	2.01	1.49	1.18	1.79	1.69	1.35	2.03	0.95	0.71	1.18	0.80	0.60	1.00	0.84	0.63	1.05	0.72	0.54	0.90
1998	1.41	1.11	1.70	1.62	1.28	1.95	1.44	1.13	1.74	1.64	1.30	1.98	1.01	0.76	1.27	0.86	0.64	1.08	0.90	0.67	1.13	0.77	0.57	0.97
1999	1.35	1.05	1.64	1.55	1.20	1.89	1.38	1.07	1.69	1.57	1.23	1.92	0.92	0.69	1.16	0.78	0.58	0.98	0.82	0.61	1.03	0.70	0.52	0.88
2000	1.40	1.09	1.71	1.61	1.26	1.96	1.44	1.12	1.75	1.64	1.28	1.99	0.82	0.61	1.03	0.69	0.52	0.87	0.73	0.54	0.91	0.62	0.46	0.78
2001	1.61	1.28	1.94	1.85	1.47	2.24	1.64	1.30	1.98	1.87	1.49	2.25	0.89	0.67	1.11	0.75	0.56	0.94	0.79	0.59	0.99	0.67	0.50	0.84
2002	1.74	1.38	2.10	2.01	1.59	2.42	1.77	1.40	2.14	2.02	1.61	2.43	0.77	0.57	0.96	0.6								

Table 14. Estimates of SSB 1950 – 2018 from the stock synthesis grid runs 1-4. Confidence intervals are 95% and based on the Hessian standard errors.

Year	MLE	Run 1		MLE	Run 2		MLE	Run 3		MLE	Run 4	
		lci	uci		lci	uci		lci	uci		lci	uci
1950	1,433,860	1,244,168	1,623,552	1,370,660	1,178,805	1,562,515	1,527,430	1,313,853	1,741,007	1,452,100	1,241,978	1,662,222
1951	1,433,100	1,243,401	1,622,799	1,369,910	1,178,048	1,561,772	1,526,680	1,313,095	1,740,265	1,451,340	1,241,212	1,661,468
1952	1,431,490	1,241,803	1,621,177	1,368,290	1,176,440	1,560,140	1,525,060	1,311,487	1,738,633	1,449,720	1,239,602	1,659,838
1953	1,428,550	1,238,884	1,618,216	1,365,360	1,173,531	1,557,189	1,522,100	1,308,546	1,735,654	1,446,770	1,236,672	1,656,868
1954	1,424,420	1,234,795	1,614,045	1,361,240	1,169,452	1,553,028	1,517,950	1,304,433	1,731,467	1,442,620	1,232,559	1,652,681
1955	1,419,730	1,230,171	1,609,289	1,356,560	1,164,838	1,548,282	1,513,210	1,299,754	1,726,666	1,437,910	1,227,910	1,647,910
1956	1,414,770	1,225,276	1,604,264	1,351,630	1,159,973	1,543,287	1,508,220	1,294,823	1,721,617	1,432,950	1,223,009	1,642,891
1957	1,408,500	1,219,062	1,597,938	1,345,410	1,153,808	1,537,012	1,501,910	1,288,562	1,715,258	1,426,690	1,216,798	1,636,582
1958	1,388,390	1,199,007	1,577,773	1,325,370	1,133,823	1,516,917	1,481,740	1,268,443	1,695,037	1,406,600	1,196,757	1,616,443
1959	1,355,210	1,165,932	1,544,488	1,292,300	1,100,861	1,483,739	1,448,480	1,235,277	1,661,683	1,373,450	1,163,705	1,583,195
1960	1,310,960	1,121,851	1,500,069	1,248,210	1,056,945	1,439,475	1,404,110	1,191,060	1,617,160	1,329,240	1,119,651	1,538,829
1961	1,270,380	1,081,389	1,459,371	1,207,850	1,016,712	1,398,988	1,363,410	1,150,468	1,576,352	1,288,770	1,079,297	1,498,243
1962	1,243,510	1,054,362	1,432,658	1,181,390	990,145	1,372,635	1,336,710	1,123,633	1,549,787	1,262,480	1,052,911	1,472,049
1963	1,205,240	1,005,300	1,405,180	1,144,730	944,126	1,345,334	1,302,020	1,079,229	1,524,811	1,229,200	1,011,048	1,447,352
1964	1,153,670	921,061	1,386,279	1,095,730	865,994	1,325,466	1,255,230	1,001,043	1,509,417	1,184,840	938,417	1,431,263
1965	1,096,870	837,821	1,355,919	1,041,430	787,949	1,294,911	1,201,810	921,426	1,482,194	1,133,900	863,849	1,403,951
1966	1,033,980	762,508	1,305,452	981,260	716,911	1,245,609	1,141,820	848,622	1,435,018	1,076,590	795,277	1,357,903
1967	1,009,050	729,458	1,288,642	957,558	685,973	1,229,143	1,117,190	815,550	1,418,830	1,053,220	764,471	1,341,969
1968	985,510	699,981	1,271,039	935,303	658,455	1,212,151	1,093,250	785,783	1,400,717	1,030,630	736,793	1,324,467
1969	936,854	655,341	1,218,367	888,915	616,097	1,161,733	1,043,550	740,242	1,346,858	983,444	693,776	1,273,112
1970	917,664	632,731	1,202,597	870,518	594,252	1,146,784	1,022,840	716,092	1,329,588	963,698	670,700	1,256,696
1971	909,130	622,370	1,195,890	863,759	585,598	1,141,920	1,014,340	705,709	1,322,971	957,127	662,259	1,251,995
1972	1,011,860	710,506	1,313,214	966,014	672,839	1,259,189	1,113,380	788,843	1,437,917	1,055,670	745,135	1,366,205
1973	1,261,610	901,979	1,621,241	1,211,210	859,876	1,562,544	1,358,180	972,628	1,743,732	1,295,230	925,211	1,665,249
1974	1,449,720	1,046,479	1,852,961	1,397,390	1,002,446	1,792,334	1,543,650	1,111,509	1,975,791	1,478,150	1,062,740	1,893,560
1975	1,480,160	1,074,436	1,885,884	1,430,050	1,032,103	1,827,997	1,571,560	1,135,648	2,007,472	1,508,340	1,089,139	1,927,541
1976	1,408,370	1,022,644	1,794,096	1,362,130	983,423	1,740,837	1,495,600	1,079,617	1,911,583	1,436,750	1,036,765	1,836,735
1977	1,293,290	939,436	1,647,144	1,251,510	903,857	1,599,163	1,376,970	993,467	1,760,473	1,323,200	954,546	1,691,854
1978	1,159,460	842,408	1,476,512	1,122,150	810,471	1,433,829	1,238,930	892,943	1,584,917	1,190,330	857,847	1,522,813
1979	1,026,490	743,354	1,309,626	993,301	714,924	1,271,678	1,101,760	790,459	1,413,061	1,057,950	759,003	1,356,897
1980	884,225	636,028	1,132,422	855,263	611,394	1,099,132	956,096	680,745	1,231,447	917,259	653,204	1,181,314
1981	759,276	541,324	977,228	733,965	520,002	947,928	827,903	583,632	1,072,174	793,424	559,549	1,027,299
1982	669,706	470,374	869,038	646,785	451,201	842,369	734,806	509,414	960,198	703,253	487,710	918,796
1983	600,930	412,549	789,311	579,840	395,066	764,614	664,392	450,019	878,765	635,013	430,144	839,882
1984	562,215	378,923	745,507	542,440	362,617	722,263	623,862	414,446	833,278	596,104	395,978	796,230
1985	593,061	405,237	780,885	573,845	389,378	758,312	655,341	440,903	869,779	628,164	423,015	833,313
1986	671,442	466,442	876,442	651,382	449,647	853,117	734,064	500,951	967,177	705,837	482,466	929,208
1987	750,207	524,146	976,268	729,436	506,694	952,178	816,312	560,632	1,071,992	786,929	541,555	1,032,303
1988	762,763	535,191	990,335	742,736	518,404	967,068	829,607	572,090	1,087,124	801,017	553,794	1,048,240
1989	776,761	552,862	1,000,660	757,497	536,734	978,260	843,599	590,014	1,097,184	815,868	572,371	1,059,365
1990	756,827	539,988	973,666	738,274	524,467	952,081	821,477	575,519	1,067,435	794,688	558,518	1,030,858
1991	685,668	480,293	891,043	668,273	465,852	870,694	748,259	514,845	981,673	722,921	498,844	946,998
1992	644,989	452,334	837,644	628,819	438,983	818,655	704,623	484,901	924,345	680,831	470,000	891,662
1993	648,847	459,810	837,884	633,086	446,736	819,436	705,673	490,293	921,053	682,395	475,737	889,053
1994	650,386	463,151	837,621	634,947	450,308	819,586	706,127	492,959	919,295	683,194	478,686	887,702
1995	640,529	454,147	826,911	625,316	441,255	809,107	695,720	483,462	907,978	672,993	469,402	876,584
1996	637,080	449,676	824,484	621,905	437,112	806,698	692,249	478,852	905,646	669,479	464,790	874,168
1997	616,345	430,200	802,490	601,384	417,837	784,931	671,557	459,430	883,684	649,004	445,515	852,493
1998	594,285	410,688	777,882	579,737	398,699	760,775	649,264	439,897	858,631	627,224	426,346	828,102
1999	568,665	386,370	750,960	554,615	374,845	734,385	624,232	416,376	832,088	602,763	403,264	802,262
2000	591,719	402,955	780,483	577,583	391,341	763,825	649,503	434,711	864,295	627,743	421,441	834,045
2001	680,132	471,337	888,927	664,922	458,777	871,067	741,079	504,875	977,283	717,651	490,560	944,742
2002	735,881	510,383	961,379	720,209	497,547	942,871	799,681	545,749	1,053,613	775,269	530,984	1,019,554
2003	748,127	519,319	976,935	733,031	507,141	958,921	812,618	555,386	1,069,850	788,613	541,096	1,036,130
2004	769,542	538,609	1,000,475	754,795	526,827	982,763	833,251	574,272	1,092,230	809,332	560,094	1,058,570
2005	763,959	534,492	993,426	749,629	523,100	976,158	826,826	570,111	1,083,541	803,069	555,972	1,050,166
2006	719,032	500,619	937,445	705,636	490,001	921,271	780,020	535,741	1,024,299	757,318	522,171	992,465
2007	693,117	482,864	903,370	680,181	472,582	887,780	752,231	517,147	987,315	729,957	503,673	956,241
2008	688,492	482,106	894,878	675,614	471,835	879,393	746,075	515,422	976,728	723,688	501,702	945,674
2009	651,183	453,541	848,825	638,771	443,647	833,895	706,712	485,440	927,984	684,949	472,054	897,844
2010	603,356	415,579	791,133	591,594	406,218	776,970	657,759	446,845	868,673	636,866	433,988	839,744
2011	578,770	395,844	761,696	567,404	386,806	748,002	633,549	427,820	839,278	613,038	415,168	810,908
2012	580,649	396,257	765,041	569,394	387,324	751,464	651,616	442,680	860,552	630,404	429,461	831,347
2013	595,234	405,565	784,903	584,038	396,743	771,333	687,554	471,303	903,805	665,017	457,069	872,965
2014	621,142	424,915	817,369	610,082	416,317	803,847	697,100	480,085	914,115	674,080	465,428	882,732
2015	639,491	437,368	841,614	628,665	429,135	828,195	707,885	459,858	914,912	683,133	475,269	900,997
2016	624,059	420,286	827,832	613,782	412,739	814,825	630,732	425,512	835,952	608,194	410,936	805,452
2017	569,324	369,135	769,513	559,988	362,643	757,331	579,610	378,545	780,675	557,280	364,022	750,538
2018	506,273	308,672	703,874	498,006	303,393	692,619	528,253	330,142	726,364	506,320	315,853	696,787

Table 15. Stock synthesis grid runs 1 – 4 estimated benchmarks for Atlantic YFT stock.

Benchmark	Run 1			Run 2		
	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci
SSB_unfished	1,433,860	1,244,168	1,623,552	1,370,660	1,178,805	1,562,515
Totbio_unfished	1,847,760	1,603,285	2,092,235	1,766,280	1,519,006	2,013,554
SmryBio_unfished	1,847,500	1,603,061	2,091,939	1,766,040	1,518,802	2,013,278
Recr_unfished	83,296	71,503	95,089	79,580	67,712	91,447
SSB_Btgt	430,157	373,249	487,065	411,199	353,643	468,755
SPR_Btgt	0.344	0.344	0.344	0.319	0.319	0.319
Fstd_Btgt	0.161	0.148	0.175	0.175	0.161	0.189
Dead_Catch_Btgt	101,768	88,245	115,291	106,738	92,164	121,312
SSB_SPR	363,244	315,189	411,299	383,785	330,066	437,504
Fstd_SPR	0.186	0.171	0.201	0.187	0.172	0.202
Dead_Catch_SPR	101,030	87,609	114,451	107,170	92,537	121,803
SSB_MS_Y	422,487	367,459	477,515	359,054	310,133	407,975
SPR_MS_Y	0.339	0.334	0.343	0.282	0.276	0.289
Fstd_MS_Y	0.164	0.151	0.177	0.198	0.183	0.213
Dead_Catch_MS_Y	101,779	88,255	115,303	107,301	92,650	121,952
Ret_Catch_MS_Y	101,779	88,255	115,303	107,301	92,650	121,952
B_MS_Y/SSB_unfished	0.295	0.290	0.299	0.262	0.256	0.268
Benchmark	Run 3			Run 4		
	MLE	lci	uci	MLE	lci	uci
SSB_unfished	1,527,430	1,313,853	1,741,007	1,452,100	1,241,978	1,662,222
Totbio_unfished	1,966,670	1,691,521	2,241,819	1,869,710	1,599,012	2,140,408
SmryBio_unfished	1,966,420	1,691,309	2,241,531	1,869,480	1,598,820	2,140,140
Recr_unfished	86,978	73,715	100,241	82,734	69,744	95,723
SSB_Btgt	458,229	394,156	522,302	435,629	372,592	498,666
SPR_Btgt	0.344	0.344	0.344	0.319	0.319	0.319
Fstd_Btgt	0.169	0.158	0.180	0.184	0.172	0.195
Dead_Catch_Btgt	114,826	102,512	127,140	119,899	106,601	133,197
SSB_SPR	386,949	332,843	441,055	406,587	347,753	465,421
Fstd_SPR	0.195	0.183	0.207	0.196	0.184	0.208
Dead_Catch_SPR	113,930	101,649	126,211	120,353	106,974	133,732
SSB_MS_Y	452,022	389,789	514,255	383,482	329,596	437,368
SPR_MS_Y	0.340	0.336	0.344	0.285	0.280	0.289
Fstd_MS_Y	0.171	0.160	0.182	0.206	0.193	0.219
Dead_Catch_MS_Y	114,833	102,513	127,153	120,468	107,048	133,888
Ret_Catch_MS_Y	114,833	102,513	127,153	120,468	107,048	133,888
B_MS_Y/SSB_unfished	0.296	0.292	0.300	0.264	0.259	0.269

Table 16. MSY based benchmarks, stock status and estimated model parameters for the MPB-Reference Case for Atlantic yellowfin tuna.

Variable	Mean	Median	90%LCI	90%UCI
MSY (x 1,000 t)	128.06	128.09	121.79	134.16
B _{MSY} (x 1,000 t)	814.42	757.20	690.75	1065.76
F _{MSY}	0.16	0.17	0.11	0.19
F ₂₀₁₈ /F _{MSY}	0.981	0.979	0.776	1.194
B ₂₀₁₈ /B _{MSY}	1.060	1.057	0.844	1.287
B ₂₀₁₈ /K	0.390	0.389	0.321	0.464
r (yr-1)	0.162	0.169	0.115	0.188
K (x 1,000 t)	2212.708	2057.258	1876.713	2895.589

Table 17. The MPB-Reference Case estimates of biomass, fishing mortality, biomass relative to B_{MSY} , and fishing mortality relative to F_{MSY} between 1950 and 2018 for Atlantic yellowfin tuna.

Year	Biomass			Fishing mortality			B/Bmsy			F/Fmsy		
	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI
1950	1954396	1782878	2750810	0.001	0.000	0.001	2.581	2.581	2.581	0.004	0.003	0.004
1951	1970173	1798648	2765402	0.001	0.000	0.001	2.602	2.594	2.606	0.004	0.004	0.004
1952	1983247	1811471	2778282	0.001	0.001	0.002	2.619	2.605	2.625	0.008	0.008	0.009
1953	1992766	1820578	2788354	0.002	0.001	0.002	2.632	2.614	2.639	0.011	0.010	0.011
1954	1999915	1827237	2796531	0.002	0.001	0.002	2.641	2.622	2.649	0.010	0.010	0.011
1955	2006083	1832889	2804019	0.002	0.002	0.002	2.649	2.628	2.657	0.013	0.012	0.013
1956	2010341	1836626	2809804	0.003	0.002	0.004	2.655	2.634	2.662	0.019	0.018	0.021
1957	2011598	1837388	2812664	0.012	0.008	0.013	2.657	2.637	2.663	0.070	0.066	0.074
1958	1995546	1820910	2798113	0.020	0.015	0.022	2.635	2.624	2.639	0.120	0.115	0.127
1959	1965258	1790529	2768256	0.029	0.021	0.032	2.596	2.591	2.601	0.174	0.166	0.183
1960	1922716	1748380	2724420	0.036	0.025	0.039	2.540	2.527	2.561	0.210	0.201	0.220
1961	1876246	1702868	2674506	0.031	0.022	0.035	2.478	2.459	2.518	0.185	0.177	0.193
1962	1846707	1674781	2639476	0.031	0.022	0.034	2.440	2.418	2.487	0.184	0.176	0.192
1963	1822950	1652636	2609309	0.035	0.025	0.039	2.409	2.386	2.460	0.209	0.200	0.218
1964	1795681	1627031	2575112	0.038	0.027	0.042	2.374	2.349	2.430	0.226	0.216	0.235
1965	1768106	1601205	2539987	0.038	0.027	0.042	2.338	2.312	2.399	0.226	0.216	0.234
1966	1745736	1580655	2509512	0.034	0.023	0.037	2.309	2.283	2.371	0.198	0.190	0.206
1967	1735542	1572273	2490965	0.035	0.024	0.038	2.297	2.272	2.355	0.205	0.195	0.213
1968	1725296	1563687	2472700	0.049	0.034	0.054	2.284	2.262	2.338	0.288	0.275	0.300
1969	1692387	1532309	2432066	0.056	0.039	0.062	2.241	2.215	2.302	0.329	0.314	0.342
1970	1653771	1495363	2384955	0.045	0.031	0.050	2.191	2.161	2.260	0.266	0.254	0.276
1971	1640365	1483670	2362016	0.046	0.032	0.050	2.173	2.146	2.239	0.268	0.256	0.279
1972	1628632	1473619	2341107	0.059	0.041	0.065	2.158	2.133	2.221	0.345	0.329	0.359
1973	1597714	1444272	2301336	0.060	0.042	0.066	2.118	2.090	2.185	0.354	0.337	0.367
1974	1570445	1418525	2264790	0.068	0.047	0.076	2.082	2.053	2.153	0.402	0.383	0.418
1975	1535362	1384964	2221370	0.081	0.056	0.090	2.036	2.004	2.113	0.478	0.454	0.496
1976	1487214	1338529	2164513	0.084	0.058	0.093	1.973	1.935	2.061	0.495	0.470	0.512
1977	1444320	1297518	2112116	0.091	0.062	0.101	1.917	1.875	2.012	0.535	0.508	0.553
1978	1399645	1255032	2057671	0.096	0.065	0.107	1.859	1.813	1.962	0.563	0.533	0.582
1979	1356756	1214705	2004898	0.094	0.064	0.105	1.804	1.755	1.914	0.552	0.522	0.571
1980	1325627	1185176	1962632	0.099	0.067	0.110	1.762	1.713	1.875	0.579	0.547	0.600
1981	1293539	1155472	1920296	0.121	0.081	0.135	1.721	1.671	1.836	0.708	0.667	0.733
1982	1238810	1103413	1855727	0.133	0.089	0.150	1.650	1.595	1.777	0.782	0.736	0.810
1983	1179763	1046858	1786305	0.140	0.093	0.158	1.574	1.512	1.713	0.820	0.769	0.853
1984	1125458	994829	1721197	0.102	0.067	0.115	1.504	1.436	1.654	0.594	0.554	0.620
1985	1127973	997502	1712203	0.139	0.092	0.157	1.506	1.444	1.641	0.813	0.759	0.849
1986	1088515	957657	1662174	0.135	0.088	0.153	1.452	1.386	1.592	0.790	0.734	0.827
1987	1060481	930383	1625081	0.137	0.090	0.157	1.414	1.346	1.555	0.805	0.746	0.845
1988	1035072	905820	1591174	0.131	0.086	0.150	1.380	1.310	1.521	0.771	0.712	0.811
1989	1023121	892177	1568679	0.159	0.104	0.182	1.360	1.291	1.499	0.934	0.861	0.983
1990	982900	852813	1520933	0.197	0.127	0.227	1.308	1.234	1.454	1.158	1.062	1.225
1991	913633	784038	1442336	0.183	0.116	0.214	1.218	1.134	1.381	1.075	0.975	1.150
1992	874662	744859	1397446	0.187	0.117	0.220	1.165	1.075	1.336	1.099	0.990	1.184
1993	841042	710377	1356128	0.194	0.121	0.230	1.118	1.023	1.296	1.144	1.023	1.240
1994	807006	676654	1316508	0.215	0.132	0.257	1.073	0.972	1.258	1.269	1.122	1.386
1995	764337	632920	1267441	0.202	0.122	0.244	1.015	0.905	1.211	1.194	1.042	1.319
1996	741322	607963	1234478	0.201	0.121	0.245	0.981	0.866	1.184	1.191	1.030	1.328
1997	722623	588037	1207383	0.190	0.114	0.234	0.954	0.834	1.163	1.127	0.967	1.268
1998	717898	579399	1192339	0.201	0.121	0.249	0.943	0.817	1.154	1.201	1.027	1.360
1999	705715	561881	1170273	0.193	0.116	0.242	0.922	0.789	1.137	1.157	0.981	1.323
2000	701040	550804	1156990	0.189	0.114	0.240	0.912	0.773	1.129	1.137	0.960	1.314
2001	696741	541807	1149188	0.220	0.134	0.283	0.907	0.761	1.125	1.325	1.114	1.547
2002	675290	512077	1118405	0.200	0.121	0.263	0.875	0.719	1.098	1.208	1.003	1.433
2003	671290	500865	1105525	0.183	0.111	0.245	0.864	0.702	1.089	1.110	0.915	1.335
2004	675615	501411	1106003	0.177	0.108	0.238	0.868	0.701	1.089	1.075	0.884	1.307
2005	686515	504423	1109501	0.153	0.095	0.208	0.879	0.703	1.091	0.938	0.765	1.141
2006	711581	523033	1126842	0.149	0.094	0.202	0.906	0.728	1.114	0.918	0.747	1.115
2007	734550	542354	1144888	0.137	0.088	0.185	0.934	0.751	1.148	0.845	0.683	1.027
2008	761720	568172	1167575	0.147	0.096	0.197	0.968	0.785	1.178	0.907	0.737	1.099
2009	778988	583397	1178649	0.151	0.100	0.202	0.986	0.806	1.198	0.937	0.760	1.134
2010	791869	593075	1183579	0.149	0.100	0.199	0.999	0.816	1.211	0.927	0.751	1.123
2011	803064	602653	1188322	0.141	0.096	0.188	1.012	0.827	1.225	0.880	0.712	1.068
2012	817450	614444	1199918	0.141	0.096	0.187	1.031	0.842	1.244	0.874	0.706	1.060
2013	830928	625287	1213851	0.128	0.088	0.170	1.047	0.853	1.263	0.798	0.641	0.963
2014	852928	645437	1233107	0.132	0.092	0.175	1.075	0.877	1.297	0.830	0.663	0.992
2015	867225	660881	1239565	0.147	0.103	0.193	1.092	0.894	1.319	0.922	0.737	1.102
2016	866504	659255	1231154	0.171	0.120	0.225	1.092	0.889	1.321	1.071	0.854	1.286
2017	845982	638368	1205832	0.159	0.112	0.211	1.066	0.859	1.295	0.999	0.794	1.208
2018	838353	629487	1194778	0.156	0.110	0.208	1.057	0.844	1.287	0.979	0.776	1.194

Table 18. Summary, including MSY based benchmarks, of posterior quantiles denoting the median and the 95% credibility intervals of parameter estimates for the JABBA Reference Cases for Atlantic yellowfin stock.

Model	Base Case			S2		
Estimates	Median	2.50%	97.50%	Median	2.50%	97.50%
K	2272092	1602534	4512552	1736979	1098577	3350110
r	0.154	0.112	0.211	0.229	0.141	0.369
ψ (ψ)	0.992	0.817	1.197	0.993	0.820	1.194
σ_{proc}	0.084	0.045	0.134	0.089	0.055	0.145
m	0.867	0.867	0.867	1.127	1.127	1.127
F_{MSY}	0.178	0.129	0.244	0.203	0.125	0.327
B_{MSY} (t)	776970	548006	1543123	677555	428529	1306801
MSY (t)	134815	108978	267350	134429	111991	245473
B_{1950}/K	0.987	0.761	1.242	0.99	0.754	1.258
B_{2018}/K	0.343	0.195	0.599	0.324	0.195	0.583
B_{2018}/B_{MSY}	1.003	0.571	1.753	0.830	0.499	1.495
F_{2018}/F_{MSY}	0.977	0.297	1.915	1.190	0.368	2.112

Model	S3			S5		
Estimates	Median	2.50%	97.50%	Median	2.50%	97.50%
K	2146591	1541241	3417437	1591346	1017798	2965343
r	0.161	0.117	0.221	0.255	0.153	0.400
ψ (ψ)	0.995	0.819	1.197	0.994	0.82	1.197
σ_{proc}	0.077	0.045	0.122	0.089	0.055	0.134
m	0.867	0.867	0.867	1.127	1.127	1.127
F_{MSY}	0.186	0.135	0.254	0.226	0.136	0.354
B_{MSY} (t)	734053	527046	1168635	620747	397019	1156712
MSY (t)	135118	111155	205339	136810	115105	222251
B_{1950}/K	0.991	0.768	1.246	0.99	0.757	1.256
B_{2018}/K	0.371	0.227	0.564	0.365	0.228	0.603
B_{2018}/B_{MSY}	1.085	0.665	1.649	0.936	0.585	1.547
F_{2018}/F_{MSY}	0.901	0.409	1.619	1.035	0.393	1.772

Table 19. Estimates of biomass, fishing mortality, biomass relative to B_{MSY} , and fishing mortality relative to F_{MSY} between 1950 and 2018 from JABBA Reference Cases (a: Base Case, b: S2, c: S3, and d: S5) for Atlantic yellowfin tuna with 95% credibility intervals.

Base Case													
JABBA	Biomass			Fishing mortality			B/Bmsy			F/Fmsy			
Year	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	
1950	2260547	1441730	4535648	0.001	0.000	0.001	2.885	2.225	3.631	0.003	0.002	0.004	
1951	2250309	1426115	4536344	0.001	0.000	0.001	2.875	2.181	3.644	0.003	0.002	0.005	
1952	2240517	1413573	4529405	0.001	0.001	0.002	2.866	2.137	3.647	0.007	0.004	0.010	
1953	2228794	1398683	4513944	0.002	0.001	0.003	2.858	2.102	3.641	0.009	0.005	0.013	
1954	2220862	1383577	4492138	0.002	0.001	0.002	2.850	2.086	3.636	0.009	0.004	0.013	
1955	2217873	1371496	4514154	0.002	0.001	0.003	2.840	2.064	3.624	0.011	0.006	0.016	
1956	2218129	1376886	4505434	0.003	0.001	0.005	2.839	2.056	3.637	0.017	0.008	0.025	
1957	2207412	1367964	4483919	0.011	0.005	0.017	2.832	2.043	3.642	0.061	0.030	0.091	
1958	2190205	1348194	4454079	0.019	0.009	0.030	2.804	2.019	3.619	0.105	0.052	0.157	
1959	2158370	1323503	4423292	0.027	0.013	0.044	2.764	1.986	3.593	0.152	0.075	0.228	
1960	2113355	1279972	4360039	0.032	0.016	0.054	2.708	1.936	3.553	0.184	0.090	0.280	
1961	2071155	1241169	4289917	0.028	0.014	0.047	2.648	1.891	3.501	0.162	0.078	0.247	
1962	2041807	1210113	4239868	0.028	0.014	0.048	2.615	1.840	3.479	0.160	0.078	0.247	
1963	2020354	1201827	4249408	0.032	0.015	0.054	2.586	1.817	3.453	0.182	0.087	0.281	
1964	1992917	1179027	4221892	0.035	0.016	0.058	2.554	1.782	3.427	0.197	0.093	0.306	
1965	1967143	1151778	4219707	0.034	0.016	0.059	2.520	1.752	3.389	0.196	0.091	0.307	
1966	1942848	1133700	4196913	0.030	0.014	0.052	2.491	1.730	3.382	0.172	0.080	0.270	
1967	1939109	1128034	4166031	0.031	0.014	0.053	2.484	1.723	3.387	0.177	0.082	0.278	
1968	1926912	1122391	4201239	0.044	0.020	0.075	2.472	1.708	3.372	0.250	0.114	0.392	
1969	1893179	1091387	4192196	0.050	0.023	0.087	2.431	1.671	3.337	0.285	0.129	0.451	
1970	1856254	1062376	4185264	0.040	0.018	0.070	2.388	1.632	3.294	0.230	0.102	0.367	
1971	1844014	1059786	4166807	0.041	0.018	0.071	2.377	1.631	3.289	0.231	0.102	0.370	
1972	1836333	1053753	4193798	0.052	0.023	0.091	2.364	1.630	3.282	0.298	0.129	0.473	
1973	1805291	1032418	4201286	0.053	0.023	0.093	2.328	1.602	3.265	0.304	0.130	0.485	
1974	1777462	1015018	4227944	0.060	0.025	0.106	2.300	1.577	3.254	0.344	0.144	0.550	
1975	1746785	989494	4245721	0.071	0.029	0.126	2.261	1.541	3.236	0.408	0.168	0.654	
1976	1702495	950056	4275713	0.073	0.029	0.132	2.208	1.491	3.215	0.419	0.167	0.682	
1977	1660918	916821	4293143	0.079	0.031	0.143	2.158	1.442	3.176	0.452	0.175	0.745	
1978	1616287	884491	4283439	0.083	0.031	0.152	2.104	1.396	3.139	0.474	0.178	0.786	
1979	1575025	852265	4306768	0.081	0.030	0.150	2.055	1.350	3.110	0.463	0.169	0.775	
1980	1546965	834861	4325359	0.085	0.030	0.157	2.025	1.321	3.114	0.484	0.170	0.812	
1981	1523867	824591	4344908	0.102	0.036	0.189	2.000	1.301	3.105	0.584	0.203	0.983	
1982	1486440	794718	4290605	0.111	0.039	0.208	1.949	1.251	3.063	0.636	0.218	1.085	
1983	1454307	769122	4270412	0.114	0.039	0.215	1.908	1.213	3.052	0.649	0.219	1.118	
1984	1459065	762753	4376217	0.078	0.026	0.150	1.918	1.202	3.124	0.447	0.147	0.783	
1985	1508104	797776	4474920	0.104	0.035	0.197	1.976	1.262	3.184	0.594	0.198	1.028	
1986	1544213	814993	4690763	0.095	0.031	0.180	2.029	1.285	3.320	0.542	0.178	0.943	
1987	1569723	831390	4764419	0.093	0.031	0.175	2.062	1.301	3.387	0.529	0.174	0.920	
1988	1551248	822740	4681014	0.088	0.029	0.165	2.038	1.292	3.332	0.501	0.164	0.867	
1989	1523239	816061	4542365	0.107	0.036	0.199	2.005	1.275	3.252	0.608	0.201	1.046	
1990	1460996	781343	4384973	0.133	0.044	0.248	1.922	1.228	3.125	0.755	0.250	1.302	
1991	1341161	704571	4057427	0.125	0.041	0.238	1.763	1.113	2.889	0.713	0.233	1.236	
1992	1259706	658946	3777001	0.130	0.043	0.249	1.657	1.039	2.701	0.741	0.244	1.289	
1993	1245272	655173	3780443	0.131	0.043	0.249	1.638	1.034	2.690	0.749	0.244	1.302	
1994	1238612	652808	3794566	0.140	0.046	0.266	1.632	1.029	2.693	0.798	0.257	1.380	
1995	1211532	634458	3779383	0.128	0.041	0.244	1.596	0.994	2.674	0.728	0.231	1.279	
1996	1167449	606964	3598673	0.128	0.041	0.246	1.535	0.960	2.555	0.729	0.233	1.285	
1997	1126149	586414	3461920	0.122	0.040	0.234	1.478	0.924	2.457	0.696	0.223	1.223	
1998	1120400	587629	3444571	0.129	0.042	0.246	1.474	0.921	2.451	0.735	0.236	1.293	
1999	1105791	577796	3415179	0.123	0.040	0.236	1.457	0.904	2.422	0.701	0.225	1.236	
2000	1090981	571567	3381162	0.121	0.039	0.231	1.436	0.894	2.389	0.691	0.223	1.220	
2001	1068095	560038	3297793	0.144	0.047	0.274	1.405	0.881	2.325	0.818	0.267	1.442	
2002	1033797	533983	3193281	0.130	0.042	0.252	1.358	0.839	2.258	0.744	0.239	1.323	
2003	1042583	535456	3255014	0.118	0.038	0.229	1.370	0.837	2.291	0.671	0.214	1.204	
2004	1084357	557225	3389672	0.110	0.035	0.215	1.422	0.873	2.400	0.629	0.199	1.130	
2005	1114626	576820	3528600	0.094	0.030	0.182	1.469	0.894	2.499	0.536	0.168	0.969	
2006	1072684	557605	3351941	0.099	0.032	0.190	1.410	0.867	2.367	0.563	0.178	1.006	
2007	995677	519848	3079430	0.101	0.033	0.193	1.311	0.810	2.186	0.574	0.183	1.020	
2008	919109	481752	2790038	0.122	0.040	0.232	1.208	0.754	1.971	0.694	0.225	1.225	
2009	875449	457039	2646128	0.135	0.045	0.258	1.148	0.716	1.876	0.771	0.250	1.356	
2010	836480	434925	2521217	0.141	0.047	0.271	1.100	0.682	1.791	0.807	0.263	1.424	
2011	819645	424596	2483110	0.139	0.046	0.268	1.078	0.667	1.765	0.791	0.257	1.400	
2012	816444	426217	2487244	0.141	0.046	0.270	1.073	0.669	1.769	0.803	0.258	1.415	
2013	819753	427737	2537758	0.130	0.042	0.248	1.080	0.672	1.800	0.738	0.236	1.303	
2014	818750	427449	2516596	0.138	0.045	0.264	1.077	0.670	1.790	0.785	0.252	1.383	
2015	819250	429728	2502837	0.156	0.051	0.297	1.077	0.673	1.783	0.887	0.285	1.563	
2016	804313	418182	2479273	0.184	0.060	0.354	1.060	0.658	1.759	1.045	0.335	1.864	
2017	780734	388563	2472886	0.173	0.055	0.347	1.027	0.612	1.751	0.981	0.307	1.827	
2018	762050	362706	2492665	0.172	0.053	0.361	1.003	0.571	1.753	0.977	0.297	1.915	

Table 19. Continued.

S2													
JABBA	Biomass			Fishing mortality			B/Bmsy			F/Fmsy			
Year	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	
1950	1725687	1008159	3378993	0.001	0.000	0.001	2.539	1.934	3.226	0.003	0.002	0.005	
1951	1719686	1001763	3368642	0.001	0.000	0.001	2.529	1.905	3.216	0.004	0.002	0.006	
1952	1715496	995396	3358613	0.002	0.001	0.003	2.525	1.886	3.207	0.008	0.004	0.011	
1953	1709704	987871	3336217	0.002	0.001	0.004	2.517	1.870	3.191	0.011	0.006	0.015	
1954	1703882	989348	3323107	0.002	0.001	0.003	2.511	1.862	3.188	0.010	0.005	0.014	
1955	1700106	985716	3307008	0.003	0.001	0.004	2.506	1.857	3.189	0.013	0.007	0.018	
1956	1701436	990332	3314908	0.004	0.002	0.007	2.507	1.855	3.194	0.019	0.011	0.027	
1957	1698517	979969	3327567	0.014	0.007	0.024	2.502	1.849	3.197	0.070	0.038	0.099	
1958	1678775	966808	3315795	0.024	0.012	0.042	2.476	1.825	3.167	0.121	0.065	0.172	
1959	1646900	939697	3322509	0.035	0.017	0.061	2.430	1.787	3.132	0.175	0.094	0.251	
1960	1609612	906172	3276369	0.043	0.021	0.076	2.372	1.735	3.086	0.213	0.112	0.306	
1961	1566235	873837	3249632	0.038	0.018	0.067	2.310	1.673	3.033	0.188	0.098	0.272	
1962	1542816	855346	3202200	0.037	0.018	0.067	2.275	1.646	3.014	0.186	0.096	0.271	
1963	1524335	845778	3193869	0.042	0.020	0.076	2.252	1.616	2.993	0.212	0.108	0.310	
1964	1504924	831647	3180098	0.046	0.022	0.083	2.220	1.602	2.962	0.229	0.115	0.336	
1965	1482241	819161	3190911	0.046	0.021	0.083	2.189	1.576	2.946	0.228	0.113	0.336	
1966	1466628	810865	3158764	0.040	0.019	0.072	2.168	1.549	2.917	0.200	0.099	0.297	
1967	1463592	812491	3191311	0.041	0.019	0.074	2.163	1.547	2.925	0.205	0.101	0.305	
1968	1461130	810510	3184853	0.058	0.026	0.104	2.155	1.542	2.926	0.289	0.142	0.430	
1969	1432695	790884	3154678	0.066	0.030	0.120	2.119	1.501	2.898	0.330	0.160	0.493	
1970	1400539	763486	3134739	0.053	0.024	0.098	2.071	1.457	2.853	0.267	0.128	0.402	
1971	1394753	763116	3121430	0.054	0.024	0.098	2.063	1.451	2.852	0.268	0.127	0.404	
1972	1392749	759490	3117373	0.069	0.031	0.126	2.059	1.456	2.848	0.343	0.161	0.517	
1973	1366869	749624	3108017	0.070	0.031	0.128	2.022	1.428	2.822	0.352	0.163	0.528	
1974	1346622	735087	3121077	0.080	0.034	0.146	1.993	1.404	2.795	0.400	0.183	0.604	
1975	1317946	719872	3095313	0.094	0.040	0.173	1.952	1.375	2.760	0.475	0.211	0.716	
1976	1277970	689920	3091135	0.098	0.040	0.181	1.892	1.327	2.711	0.492	0.213	0.747	
1977	1241243	666521	3097258	0.106	0.042	0.197	1.841	1.291	2.674	0.533	0.223	0.806	
1978	1203452	641578	3122272	0.111	0.043	0.209	1.790	1.246	2.642	0.562	0.227	0.852	
1979	1173206	624968	3138196	0.109	0.041	0.204	1.742	1.213	2.622	0.552	0.213	0.837	
1980	1148390	614939	3213199	0.114	0.041	0.213	1.710	1.193	2.611	0.576	0.216	0.871	
1981	1131239	608829	3200550	0.138	0.049	0.256	1.686	1.175	2.600	0.698	0.256	1.053	
1982	1093884	581282	3172072	0.151	0.052	0.284	1.636	1.128	2.565	0.763	0.272	1.161	
1983	1067475	559029	3166863	0.155	0.052	0.296	1.595	1.084	2.539	0.784	0.276	1.206	
1984	1069148	557832	3218253	0.107	0.036	0.205	1.597	1.076	2.603	0.542	0.185	0.843	
1985	1111332	595742	3284122	0.141	0.048	0.263	1.663	1.138	2.658	0.714	0.248	1.098	
1986	1145242	612020	3423828	0.128	0.043	0.240	1.715	1.157	2.799	0.648	0.222	1.011	
1987	1169291	629867	3512256	0.125	0.041	0.231	1.748	1.181	2.879	0.629	0.214	0.984	
1988	1152945	622220	3457783	0.118	0.039	0.219	1.728	1.171	2.840	0.595	0.203	0.927	
1989	1134701	619909	3409011	0.143	0.048	0.262	1.704	1.168	2.777	0.720	0.247	1.109	
1990	1085502	593691	3298946	0.178	0.059	0.326	1.629	1.122	2.659	0.898	0.306	1.374	
1991	985023	525807	3015279	0.170	0.056	0.319	1.475	1.008	2.432	0.857	0.290	1.318	
1992	922593	487614	2800519	0.178	0.058	0.336	1.380	0.941	2.256	0.897	0.309	1.376	
1993	917386	488737	2797416	0.178	0.058	0.334	1.373	0.936	2.263	0.899	0.305	1.384	
1994	916576	491913	2823230	0.190	0.062	0.353	1.375	0.934	2.293	0.956	0.323	1.479	
1995	897219	475420	2811658	0.172	0.055	0.325	1.343	0.901	2.266	0.871	0.288	1.363	
1996	861586	453817	2678540	0.173	0.056	0.329	1.289	0.865	2.155	0.876	0.290	1.372	
1997	828546	435844	2570128	0.166	0.053	0.315	1.242	0.830	2.061	0.837	0.280	1.314	
1998	827192	437255	2558718	0.175	0.056	0.331	1.240	0.833	2.066	0.881	0.295	1.376	
1999	815977	430987	2552323	0.167	0.053	0.316	1.225	0.815	2.053	0.840	0.279	1.323	
2000	807038	426671	2497019	0.164	0.053	0.310	1.210	0.810	2.015	0.826	0.277	1.298	
2001	790407	420356	2430293	0.194	0.063	0.365	1.186	0.796	1.959	0.977	0.328	1.530	
2002	757558	395201	2341912	0.178	0.058	0.341	1.137	0.756	1.898	0.898	0.298	1.418	
2003	765157	398485	2404632	0.160	0.051	0.308	1.150	0.758	1.937	0.807	0.268	1.285	
2004	801931	421118	2526340	0.149	0.047	0.284	1.205	0.791	2.044	0.750	0.247	1.207	
2005	833460	441252	2675900	0.126	0.039	0.238	1.255	0.812	2.166	0.635	0.204	1.038	
2006	798418	423337	2511103	0.133	0.042	0.250	1.198	0.788	2.039	0.668	0.217	1.075	
2007	739295	390497	2299075	0.136	0.044	0.257	1.110	0.735	1.866	0.685	0.226	1.087	
2008	677963	358531	2073733	0.165	0.054	0.312	1.016	0.682	1.673	0.834	0.281	1.303	
2009	644267	339661	1966666	0.183	0.060	0.347	0.964	0.645	1.587	0.925	0.312	1.443	
2010	612472	323331	1876944	0.193	0.063	0.365	0.920	0.617	1.518	0.971	0.329	1.511	
2011	600172	314834	1862014	0.189	0.061	0.361	0.901	0.603	1.502	0.955	0.318	1.492	
2012	601560	317064	1872946	0.191	0.061	0.363	0.902	0.603	1.505	0.965	0.319	1.510	
2013	606391	317013	1894105	0.175	0.056	0.335	0.906	0.604	1.536	0.887	0.290	1.399	
2014	604886	319628	1877876	0.187	0.060	0.353	0.907	0.607	1.515	0.943	0.313	1.474	
2015	605845	322950	1886315	0.211	0.068	0.395	0.909	0.611	1.518	1.062	0.354	1.661	
2016	593877	315224	1854800	0.249	0.080	0.470	0.893	0.595	1.495	1.254	0.415	1.985	
2017	571764	290697	1848171	0.236	0.073	0.464	0.859	0.548	1.489	1.186	0.378	1.969	
2018	553023	267607	1851323	0.237	0.071	0.490	0.830	0.499	1.495	1.190	0.368	2.112	

Table 19. Continued.

S3												
JABBA	Biomass			Fishing mortality			B/Bmsy			F/Fmsy		
Year	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI
1950	2135155	1396645	3556330	0.001	0.000	0.001	2.899	2.245	3.643	0.003	0.002	0.004
1951	2129638	1375634	3557076	0.001	0.000	0.001	2.888	2.208	3.643	0.003	0.002	0.005
1952	2120792	1364357	3572352	0.001	0.001	0.002	2.881	2.172	3.646	0.007	0.004	0.010
1953	2112268	1355829	3577818	0.002	0.001	0.003	2.874	2.151	3.647	0.009	0.006	0.013
1954	2105654	1346635	3576145	0.002	0.001	0.003	2.866	2.132	3.632	0.009	0.005	0.013
1955	2100989	1350556	3548849	0.002	0.001	0.003	2.863	2.129	3.643	0.011	0.007	0.016
1956	2094229	1345309	3546890	0.003	0.002	0.005	2.854	2.123	3.638	0.017	0.011	0.024
1957	2088726	1333572	3552029	0.011	0.007	0.018	2.845	2.101	3.628	0.061	0.038	0.089
1958	2069874	1317580	3544255	0.020	0.011	0.031	2.819	2.076	3.606	0.105	0.066	0.154
1959	2036554	1286016	3500677	0.028	0.017	0.045	2.773	2.039	3.582	0.152	0.095	0.224
1960	1993248	1243030	3454199	0.034	0.020	0.055	2.712	1.981	3.527	0.185	0.114	0.273
1961	1946439	1202158	3411689	0.030	0.017	0.049	2.646	1.925	3.467	0.163	0.099	0.242
1962	1914844	1170017	3387173	0.030	0.017	0.049	2.605	1.876	3.432	0.162	0.097	0.244
1963	1891436	1157232	3355931	0.034	0.019	0.056	2.574	1.844	3.408	0.184	0.110	0.279
1964	1863999	1137736	3309070	0.037	0.021	0.061	2.536	1.811	3.372	0.199	0.118	0.304
1965	1832685	1113114	3272889	0.037	0.021	0.061	2.498	1.774	3.334	0.199	0.117	0.303
1966	1811505	1097319	3266255	0.032	0.018	0.054	2.465	1.753	3.313	0.175	0.102	0.268
1967	1799813	1094202	3241426	0.033	0.019	0.055	2.451	1.744	3.303	0.181	0.105	0.276
1968	1785007	1087145	3228916	0.047	0.026	0.078	2.435	1.724	3.280	0.254	0.149	0.390
1969	1752644	1061145	3201540	0.054	0.030	0.089	2.388	1.689	3.241	0.291	0.169	0.450
1970	1711245	1031409	3150852	0.044	0.024	0.072	2.335	1.644	3.189	0.235	0.135	0.364
1971	1700215	1023967	3119065	0.044	0.024	0.073	2.313	1.630	3.166	0.237	0.136	0.369
1972	1684582	1016747	3100855	0.057	0.031	0.094	2.296	1.617	3.143	0.306	0.173	0.473
1973	1650025	990679	3071442	0.058	0.031	0.097	2.252	1.577	3.108	0.314	0.175	0.486
1974	1619638	966691	3055651	0.066	0.035	0.111	2.211	1.554	3.060	0.358	0.198	0.555
1975	1577512	932068	3031201	0.079	0.041	0.134	2.158	1.506	2.991	0.426	0.231	0.665
1976	1526496	893054	2983720	0.082	0.042	0.140	2.091	1.452	2.906	0.442	0.237	0.693
1977	1476670	861859	2908340	0.089	0.045	0.152	2.029	1.396	2.823	0.480	0.252	0.757
1978	1429410	832039	2872038	0.094	0.047	0.161	1.965	1.348	2.750	0.506	0.261	0.808
1979	1378997	792567	2822442	0.093	0.045	0.161	1.907	1.293	2.680	0.499	0.252	0.798
1980	1349894	767273	2792558	0.097	0.047	0.170	1.864	1.249	2.624	0.523	0.261	0.848
1981	1324108	755508	2759376	0.118	0.057	0.207	1.832	1.219	2.584	0.635	0.315	1.034
1982	1299481	729601	2733464	0.127	0.060	0.227	1.800	1.183	2.553	0.685	0.337	1.130
1983	1283323	715494	2727499	0.129	0.061	0.231	1.779	1.157	2.555	0.693	0.337	1.157
1984	1295934	715976	2786065	0.088	0.041	0.160	1.797	1.162	2.613	0.476	0.228	0.800
1985	1344466	761087	2846141	0.117	0.055	0.206	1.860	1.225	2.675	0.628	0.306	1.040
1986	1381830	777541	2938804	0.106	0.050	0.189	1.910	1.258	2.770	0.573	0.274	0.953
1987	1412490	794786	3013540	0.103	0.048	0.183	1.953	1.281	2.847	0.556	0.266	0.924
1988	1414549	799601	3008657	0.096	0.045	0.170	1.957	1.285	2.840	0.518	0.249	0.859
1989	1408077	806604	2978265	0.115	0.055	0.201	1.952	1.295	2.812	0.621	0.300	1.022
1990	1373841	783184	2910259	0.141	0.067	0.247	1.900	1.258	2.749	0.759	0.365	1.248
1991	1269784	712780	2722157	0.132	0.062	0.235	1.756	1.152	2.555	0.712	0.340	1.184
1992	1196711	668739	2574789	0.137	0.064	0.245	1.656	1.083	2.410	0.738	0.353	1.227
1993	1170652	656291	2512373	0.140	0.065	0.249	1.623	1.066	2.357	0.751	0.361	1.244
1994	1175451	662142	2526568	0.148	0.069	0.262	1.628	1.071	2.368	0.797	0.380	1.323
1995	1155500	647428	2481040	0.134	0.062	0.239	1.603	1.044	2.344	0.720	0.340	1.204
1996	1107954	618157	2387220	0.135	0.062	0.241	1.535	1.000	2.236	0.725	0.344	1.213
1997	1072939	597343	2307210	0.128	0.060	0.230	1.488	0.965	2.169	0.689	0.327	1.158
1998	1079825	606053	2324477	0.134	0.062	0.238	1.497	0.979	2.178	0.721	0.344	1.203
1999	1068562	597245	2299347	0.127	0.059	0.228	1.482	0.964	2.156	0.686	0.327	1.150
2000	1049966	588484	2258098	0.126	0.059	0.225	1.457	0.951	2.126	0.679	0.324	1.129
2001	1030508	577326	2195389	0.149	0.070	0.266	1.427	0.931	2.065	0.802	0.384	1.343
2002	991426	549291	2141602	0.136	0.063	0.245	1.377	0.887	2.005	0.731	0.349	1.230
2003	1014394	565224	2205785	0.121	0.056	0.217	1.408	0.914	2.065	0.649	0.307	1.090
2004	1056566	591955	2290426	0.113	0.052	0.202	1.467	0.952	2.155	0.608	0.288	1.022
2005	1092220	617017	2369031	0.096	0.044	0.170	1.515	0.989	2.246	0.517	0.242	0.870
2006	1041295	585966	2249367	0.102	0.047	0.181	1.441	0.940	2.123	0.549	0.260	0.916
2007	956359	532222	2060782	0.105	0.049	0.189	1.323	0.859	1.939	0.566	0.270	0.952
2008	880802	490484	1892146	0.127	0.059	0.228	1.222	0.789	1.772	0.684	0.327	1.150
2009	844744	472029	1809781	0.140	0.065	0.250	1.171	0.760	1.701	0.752	0.359	1.256
2010	806537	446777	1736425	0.146	0.068	0.264	1.118	0.723	1.625	0.788	0.377	1.328
2011	794650	442143	1709954	0.143	0.066	0.257	1.104	0.712	1.604	0.768	0.366	1.295
2012	801946	445002	1727209	0.143	0.067	0.258	1.111	0.718	1.619	0.772	0.367	1.295
2013	810539	452193	1750477	0.131	0.061	0.235	1.124	0.725	1.637	0.705	0.335	1.189
2014	809968	450345	1738767	0.139	0.065	0.251	1.124	0.727	1.634	0.748	0.356	1.259
2015	815620	455882	1744260	0.156	0.073	0.280	1.131	0.734	1.644	0.841	0.404	1.412
2016	812450	452773	1754677	0.182	0.084	0.327	1.128	0.734	1.648	0.979	0.464	1.651
2017	794315	435242	1752839	0.170	0.077	0.310	1.103	0.699	1.640	0.912	0.422	1.576
2018	781455	413616	1760998	0.168	0.074	0.317	1.085	0.665	1.649	0.901	0.409	1.619

Table 19. Continued.

S5												
JABBA	Biomass			Fishing mortality			B/Bmsy			F/Fmsy		
Year	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI	Median	90%LCI	90%UCI
1950	1576025	925558	3040825	0.001	0.000	0.001	2.537	1.942	3.221	0.003	0.002	0.005
1951	1573176	925921	3033786	0.001	0.000	0.001	2.533	1.929	3.207	0.004	0.002	0.005
1952	1570018	922601	3026898	0.002	0.001	0.003	2.533	1.916	3.201	0.008	0.005	0.011
1953	1566861	923280	3018663	0.002	0.001	0.004	2.527	1.911	3.205	0.010	0.006	0.014
1954	1563437	916429	3021698	0.002	0.001	0.004	2.521	1.908	3.193	0.010	0.006	0.014
1955	1560773	918256	2981636	0.003	0.001	0.005	2.520	1.900	3.191	0.012	0.007	0.017
1956	1555468	914922	3003404	0.004	0.002	0.007	2.516	1.896	3.191	0.019	0.011	0.027
1957	1552159	914170	2968619	0.015	0.008	0.026	2.511	1.890	3.179	0.068	0.041	0.096
1958	1532691	898078	2976895	0.026	0.014	0.045	2.478	1.858	3.157	0.118	0.071	0.167
1959	1503041	872241	2946378	0.038	0.020	0.066	2.427	1.817	3.115	0.172	0.102	0.245
1960	1462405	838269	2903194	0.047	0.024	0.082	2.362	1.766	3.061	0.210	0.122	0.300
1961	1421166	804781	2862925	0.041	0.021	0.073	2.296	1.696	2.998	0.185	0.106	0.267
1962	1403732	791024	2866983	0.041	0.020	0.073	2.264	1.667	2.983	0.184	0.104	0.266
1963	1385717	781967	2872044	0.047	0.022	0.083	2.240	1.651	2.959	0.209	0.118	0.302
1964	1366599	772724	2835786	0.050	0.024	0.089	2.208	1.623	2.927	0.226	0.127	0.329
1965	1347539	763426	2808916	0.050	0.024	0.089	2.179	1.593	2.891	0.225	0.126	0.330
1966	1332528	755505	2825470	0.044	0.021	0.078	2.155	1.574	2.871	0.197	0.109	0.290
1967	1330175	755310	2801951	0.045	0.021	0.080	2.148	1.567	2.878	0.203	0.111	0.298
1968	1326259	756771	2789536	0.064	0.030	0.111	2.146	1.562	2.876	0.285	0.155	0.419
1969	1299487	732280	2734580	0.073	0.035	0.129	2.098	1.516	2.829	0.326	0.175	0.486
1970	1268370	708115	2702401	0.059	0.028	0.106	2.045	1.464	2.781	0.265	0.141	0.397
1971	1260155	707875	2677736	0.059	0.028	0.106	2.037	1.461	2.770	0.266	0.141	0.398
1972	1252967	709766	2664922	0.076	0.036	0.134	2.028	1.452	2.765	0.342	0.179	0.512
1973	1226089	691009	2598836	0.078	0.037	0.139	1.987	1.421	2.719	0.351	0.182	0.527
1974	1204103	675850	2561173	0.089	0.042	0.159	1.952	1.387	2.676	0.400	0.205	0.605
1975	1170935	657746	2524141	0.106	0.049	0.189	1.900	1.348	2.633	0.478	0.239	0.724
1976	1129519	621621	2496168	0.111	0.050	0.201	1.831	1.288	2.563	0.498	0.242	0.761
1977	1091529	599492	2458864	0.120	0.053	0.219	1.766	1.244	2.521	0.544	0.256	0.831
1978	1048273	573930	2470255	0.128	0.054	0.234	1.703	1.194	2.463	0.577	0.262	0.881
1979	1010434	549590	2456262	0.126	0.052	0.232	1.644	1.146	2.400	0.572	0.250	0.875
1980	984662	532695	2442772	0.133	0.054	0.245	1.605	1.110	2.373	0.602	0.258	0.921
1981	968749	522326	2461271	0.161	0.063	0.299	1.579	1.084	2.343	0.731	0.312	1.125
1982	947051	504775	2438577	0.175	0.068	0.327	1.542	1.054	2.327	0.793	0.332	1.225
1983	932824	490904	2415454	0.177	0.068	0.337	1.519	1.027	2.316	0.806	0.332	1.255
1984	941867	491627	2483236	0.122	0.046	0.233	1.534	1.031	2.382	0.553	0.225	0.870
1985	985302	527328	2554195	0.159	0.061	0.297	1.603	1.093	2.457	0.724	0.299	1.123
1986	1016986	543099	2658223	0.144	0.055	0.270	1.655	1.121	2.562	0.657	0.267	1.028
1987	1042124	557676	2729757	0.140	0.053	0.261	1.694	1.150	2.632	0.636	0.257	0.994
1988	1045266	559513	2725542	0.130	0.050	0.243	1.697	1.155	2.624	0.593	0.241	0.924
1989	1044747	568663	2708546	0.156	0.060	0.286	1.699	1.167	2.609	0.709	0.291	1.092
1990	1017234	553584	2692740	0.190	0.072	0.350	1.653	1.139	2.546	0.867	0.353	1.334
1991	929894	492854	2460972	0.180	0.068	0.340	1.511	1.026	2.345	0.821	0.331	1.277
1992	874648	460617	2304207	0.187	0.071	0.356	1.419	0.962	2.192	0.856	0.346	1.329
1993	857254	456785	2250347	0.191	0.073	0.358	1.395	0.950	2.160	0.868	0.350	1.351
1994	864818	462980	2277272	0.201	0.076	0.375	1.406	0.958	2.190	0.915	0.366	1.420
1995	851257	451640	2273860	0.182	0.068	0.342	1.383	0.938	2.182	0.827	0.330	1.298
1996	812146	428709	2167524	0.184	0.069	0.348	1.320	0.891	2.075	0.837	0.333	1.315
1997	786801	412721	2106802	0.175	0.065	0.333	1.275	0.860	2.003	0.796	0.316	1.253
1998	794983	421205	2124714	0.182	0.068	0.343	1.294	0.872	2.027	0.826	0.329	1.299
1999	787033	417291	2114457	0.173	0.064	0.326	1.282	0.864	2.020	0.787	0.311	1.236
2000	773101	410288	2054826	0.171	0.064	0.322	1.259	0.852	1.974	0.778	0.312	1.221
2001	757767	404518	1988165	0.202	0.077	0.379	1.230	0.837	1.910	0.922	0.372	1.438
2002	724425	380622	1933092	0.186	0.070	0.354	1.177	0.793	1.841	0.846	0.338	1.333
2003	744874	390565	2007980	0.165	0.061	0.314	1.211	0.815	1.912	0.749	0.297	1.178
2004	781627	416305	2109742	0.153	0.057	0.287	1.272	0.854	2.013	0.695	0.275	1.098
2005	816306	438908	2209590	0.129	0.048	0.239	1.329	0.886	2.126	0.585	0.231	0.935
2006	772331	414164	2066331	0.137	0.051	0.256	1.258	0.841	2.002	0.623	0.248	0.990
2007	704305	374222	1868855	0.143	0.054	0.268	1.147	0.767	1.806	0.649	0.259	1.026
2008	645499	341512	1719975	0.173	0.065	0.328	1.049	0.702	1.635	0.790	0.315	1.246
2009	620643	326239	1660110	0.190	0.071	0.361	1.008	0.676	1.577	0.866	0.343	1.367
2010	590430	308970	1573415	0.200	0.075	0.382	0.959	0.641	1.505	0.913	0.362	1.444
2011	581981	304889	1570840	0.195	0.072	0.373	0.947	0.634	1.491	0.890	0.353	1.402
2012	587861	308860	1576097	0.196	0.073	0.372	0.956	0.641	1.510	0.892	0.352	1.410
2013	596108	313614	1614968	0.178	0.066	0.339	0.970	0.649	1.536	0.812	0.322	1.285
2014	598202	316749	1602024	0.189	0.070	0.356	0.972	0.651	1.533	0.859	0.342	1.357
2015	603302	322400	1586562	0.211	0.080	0.396	0.982	0.664	1.535	0.961	0.385	1.509
2016	602183	321310	1600199	0.246	0.093	0.461	0.980	0.660	1.535	1.118	0.444	1.770
2017	585402	303424	1603922	0.230	0.084	0.444	0.954	0.622	1.534	1.047	0.404	1.708
2018	574586	287700	1606970	0.228	0.082	0.455	0.936	0.585	1.547	1.035	0.393	1.772

Table 20. Combined estimates of Atlantic YFT stock benchmarks from the uncertainty grid.

Estimates	Mean (90% lower and upper confidence intervals)
Maximum Sustainable Yield (MSY)	127,558 t (98,268-267,350 t) *
Relative Biomass**: B_{2018}/B_{MSY}	1.17 (0.75 - 1.62)
Relative Fishing Mortality: F_{2018}/F_{MSY}	0.96 (0.56 - 1.50)

*minimum and maximum values of 90%LCI and 90%UCI among all runs by the Stock Synthesis, JABBA, and MPB

**SSB (Stock Synthesis) or exploited biomass (production models)

Table 21. Estimated probabilities of biomass the Atlantic YFT stock levels < 20% of BMSY in the combined projections of JABBA (Base Case, S2, S3, and S5), MPB, Stock Synthesis (runs 1-4) in a given year for a given catch level (0, 60,000 – 150,000 t). This result was used to develop the management advice of Atlantic YFT stock.

TAC	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
60000	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
70000	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
80000	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
90000	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%
100000	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	0.5%	0.6%	0.6%
110000	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.2%	1.4%	1.5%
120000	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%	1.0%	1.2%	1.5%	1.8%	2.1%	2.4%	2.6%	2.9%
130000	0.0%	0.1%	0.2%	0.5%	0.8%	1.2%	1.6%	2.1%	2.6%	3.0%	3.5%	3.9%	4.3%	4.7%
140000	0.0%	0.1%	0.3%	0.7%	1.2%	1.8%	2.6%	3.2%	4.0%	4.8%	10.4%	12.2%	12.9%	13.4%
150000	0.0%	0.1%	0.3%	1.0%	1.7%	2.7%	3.7%	4.8%	11.9%	12.7%	15.9%	21.3%	22.1%	23.3%

Table 22. Estimated probabilities of the Atlantic YFT stock (a) being below F_{MSY} (overfishing not occurring), (b) above B_{MSY} (not overfished) and (c) above B_{MSY} and below F_{MSY} (green zone) in a given year for a given catch level (0, 60,000 – 150,000 t), based upon the combined projections of JABBA (Base Case, S2, S3, and S5), MPB, Stock Synthesis (runs 1-4). This result was used to develop the management advice of Atlantic YFT stock.

a) Probability that $F \leq F_{MSY}$

TAC Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60000	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
70000	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
80000	96	97	98	98	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100
90000	93	95	96	97	97	98	98	98	98	99	99	99	99	99
100000	88	90	92	93	94	95	95	95	96	96	97	97	97	97
110000	81	84	85	86	87	87	88	88	89	90	90	90	90	90
120000	71	72	72	73	73	74	74	74	74	74	70	70	70	70
130000	60	59	58	56	55	53	50	49	47	46	46	45	39	39
140000	48	46	43	39	36	32	30	26	24	23	22	21	21	19
150000	39	35	30	25	22	17	15	13	13	12	11	10	10	8

b) Probability that $B \geq B_{MSY}$

TAC Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	64	84	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60000	64	75	85	92	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100
70000	64	74	83	90	94	96	97	98	98	99	99	99	100	100
80000	64	72	79	86	91	94	96	97	97	98	98	99	99	99
90000	64	70	77	82	87	90	92	94	95	96	97	97	98	98
100000	64	68	73	78	82	85	87	89	91	92	93	94	94	95
110000	64	67	69	72	75	77	79	81	83	84	85	86	86	87
120000	64	65	65	67	68	68	69	70	71	71	68	69	69	69
130000	65	63	62	61	60	59	56	56	55	53	52	51	46	45
140000	64	61	59	56	54	49	46	40	37	34	31	29	27	25
150000	64	60	55	50	45	37	32	27	23	20	18	13	12	8

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

TAC Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	64	84	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60000	64	75	85	92	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100
70000	64	74	83	90	94	96	97	98	98	99	99	99	100	100
80000	64	72	79	86	91	94	96	97	97	98	98	99	99	99
90000	64	70	77	82	87	90	92	94	95	96	97	97	98	98
100000	64	68	73	77	82	85	87	89	90	92	93	94	94	95
110000	64	66	69	72	75	77	79	81	82	83	84	85	86	86
120000	63	63	64	65	65	66	66	67	67	68	65	65	66	66
130000	58	57	56	54	52	50	47	46	45	44	43	42	38	38
140000	48	45	42	38	35	31	29	26	24	22	21	20	20	19
150000	39	34	30	25	21	17	15	13	12	12	11	10	9	7

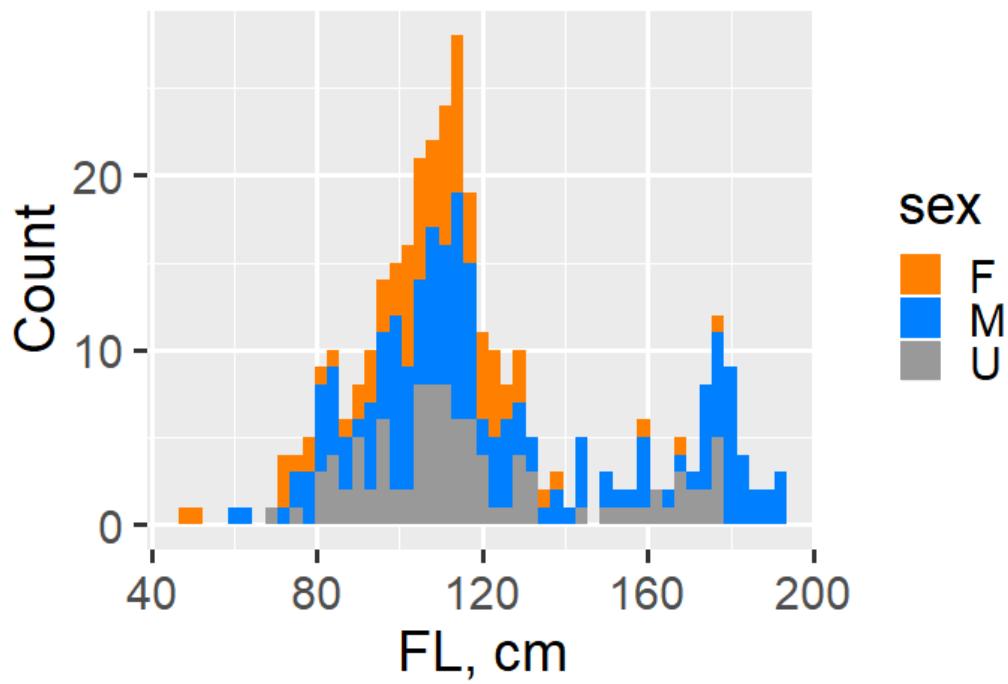


Figure 1. The size composition of YFT fish sampled off Ascension Island, by gender.

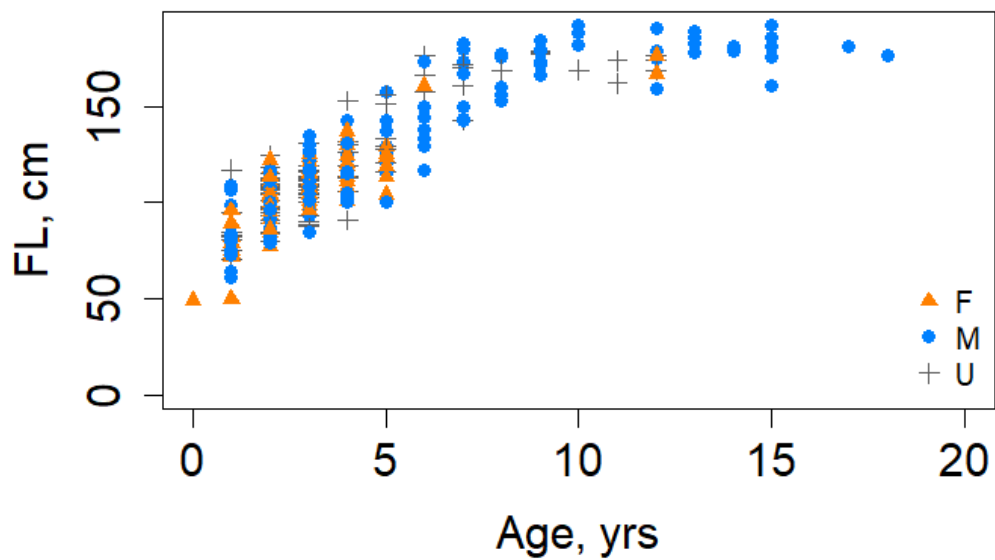


Figure 2. The size at age of YFT fish sampled off Ascension Island, by gender. Some evidence of sex-specific growth is noted. No adjustment was made to annulus count for Ascension data.

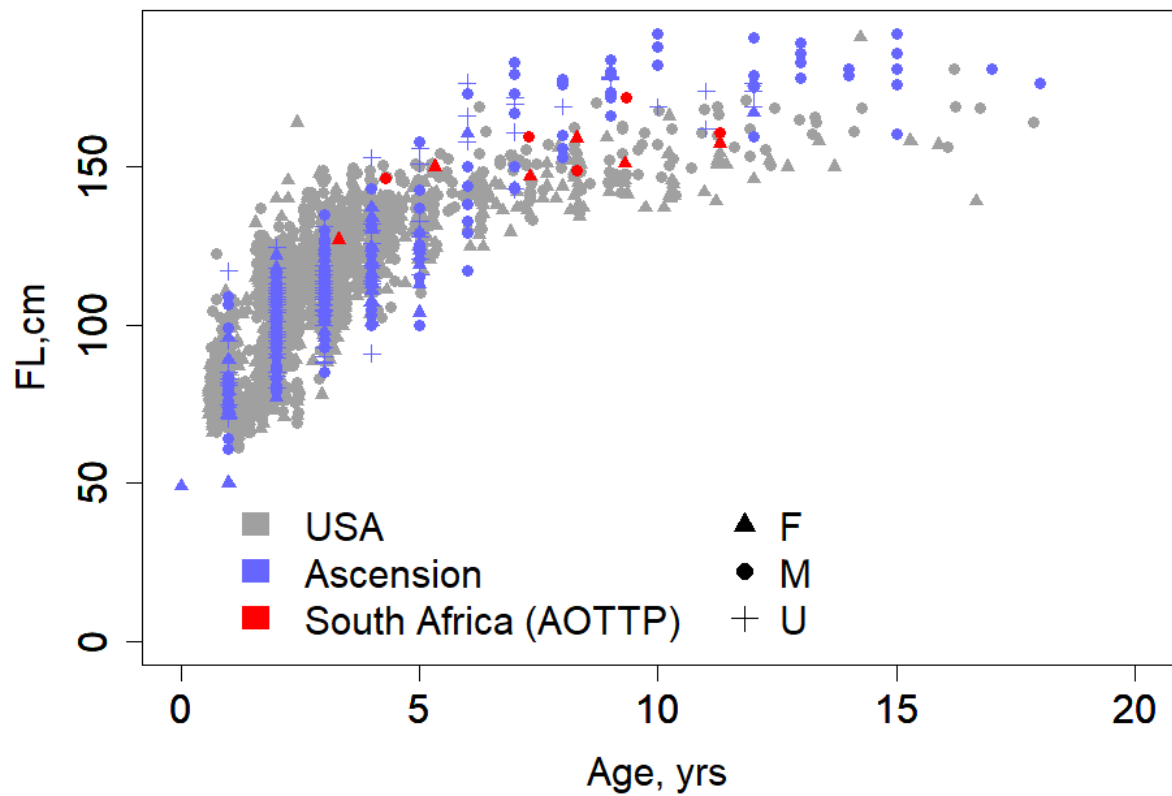


Figure 3. The size at age of YFT fish sampled off Ascension Island, the USA and South Africa (AOTTP), by gender. No adjustment was made to annulus count for Ascension data.

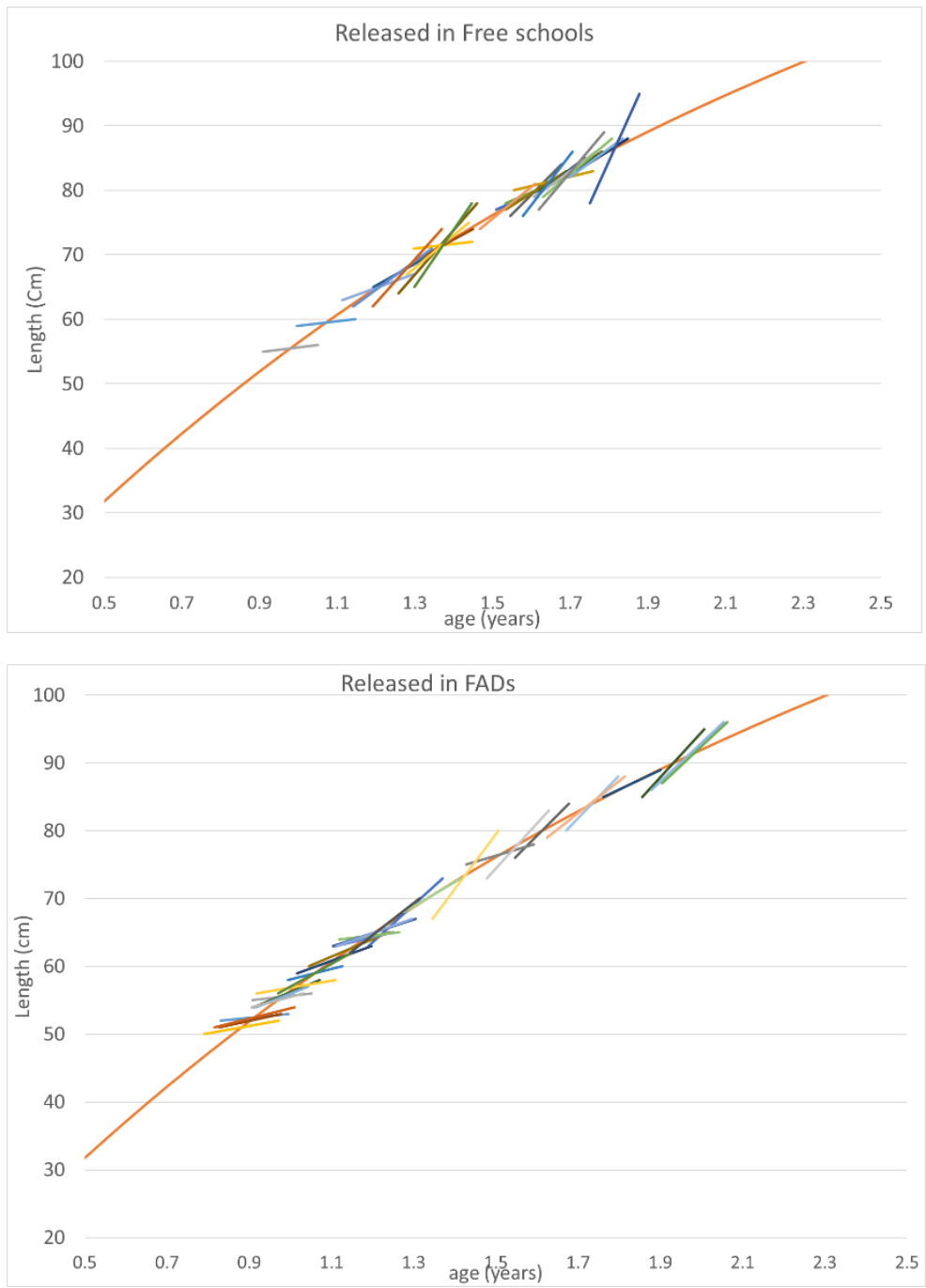


Figure 4. Fit to an assumed von Bertalanffy growth function for recaptured yellowfin tuna in the AOTTP ICCAT database.

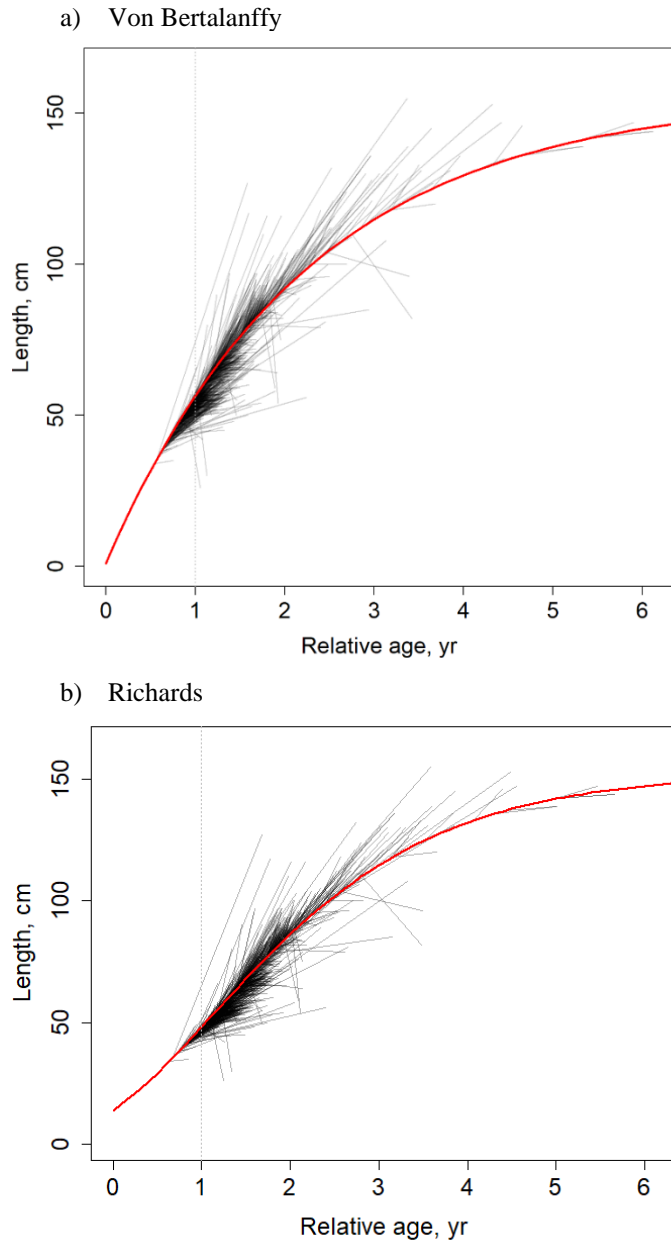


Figure 5. Vector plot of the growth increments of AOTTP fish measured upon recovery. The relative age of each fish at the time of tagging is estimated from the length at tagging by inverting the von Bertalanffy (top panel) and Richards (bottom panel) growth equations using parameters estimated by SS. The age at recapture is then taken to be the age at tagging plus the time at liberty. Each growth trajectory (shown in grey) starts on the fitted curve (shown in red).

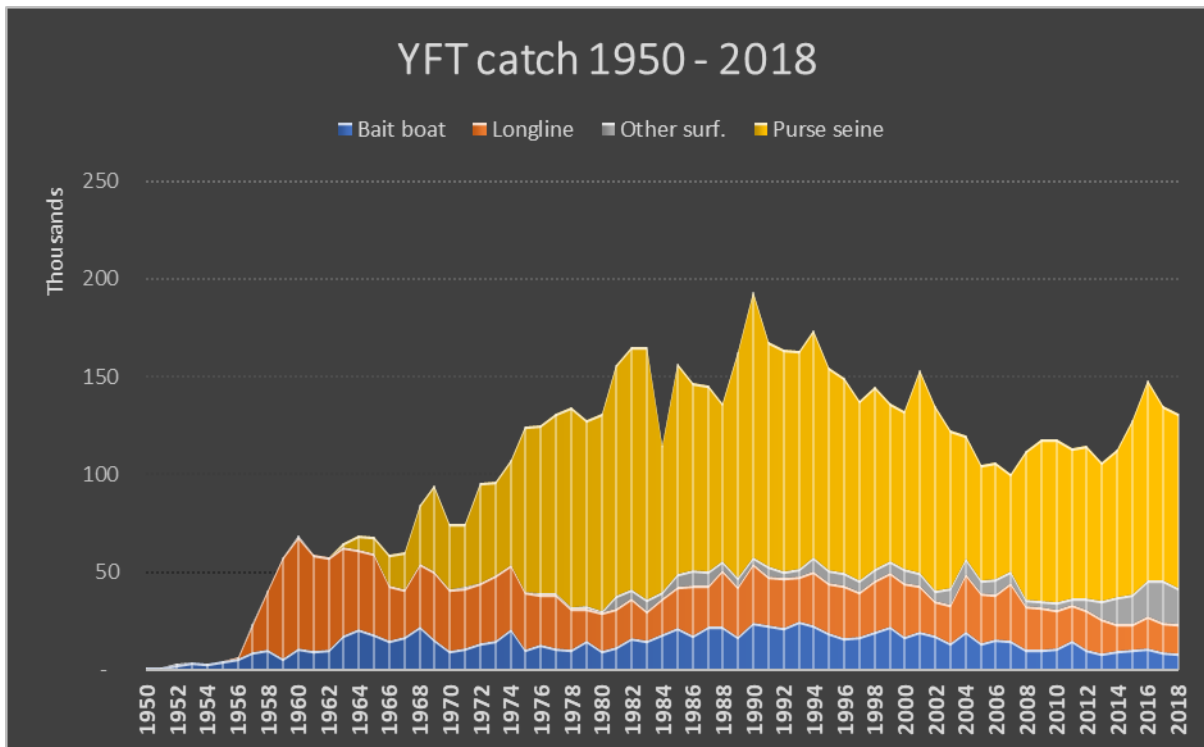


Figure 6. Yellowfin tuna total catch 1950 – 2018 by main fishing gear group. 2018 catch es preliminary.

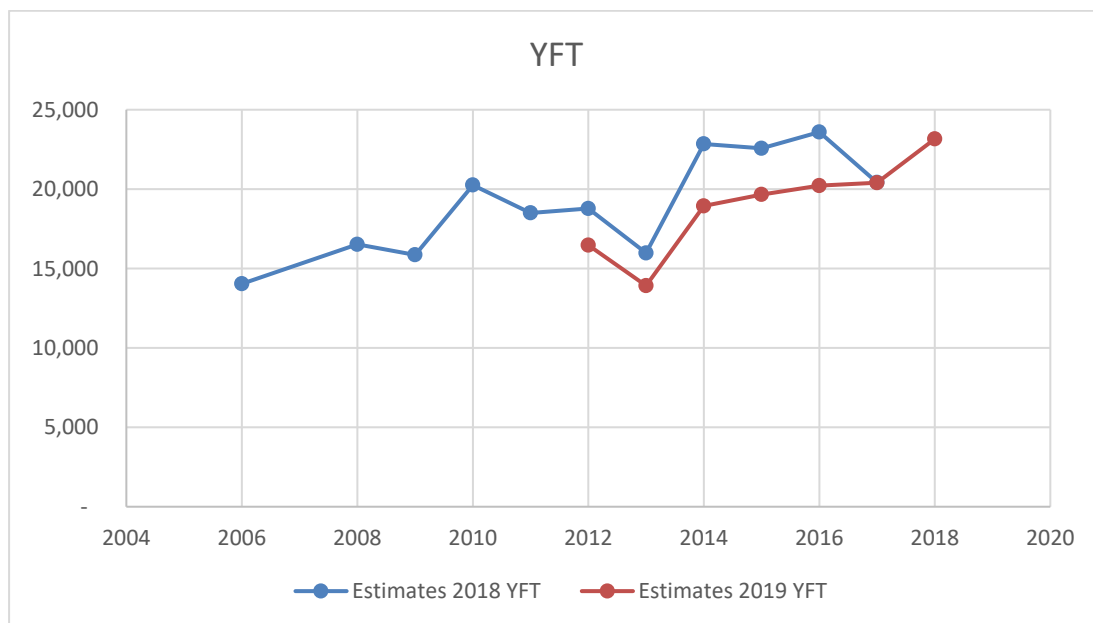


Figure 7. Comparison of YFT estimates of catch by the Ghana tropical fisheries PS and BB for 2018 (2006-2017) and the 2019 YFT stock assessment (2012-2018).

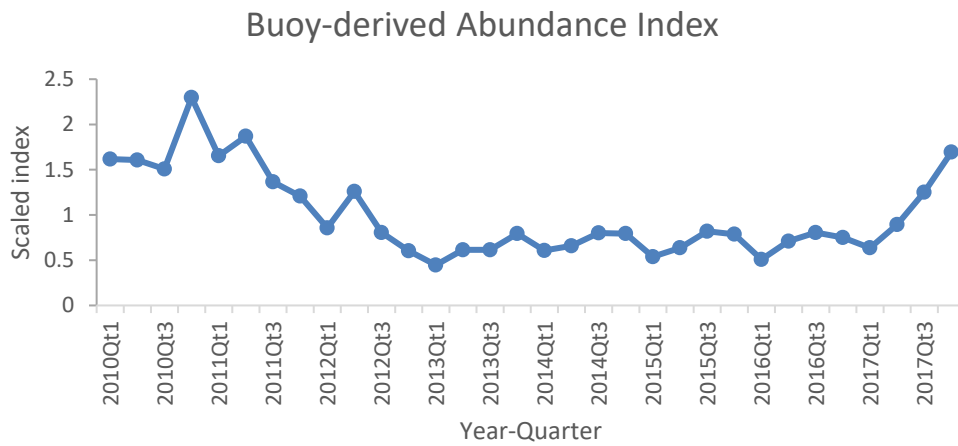
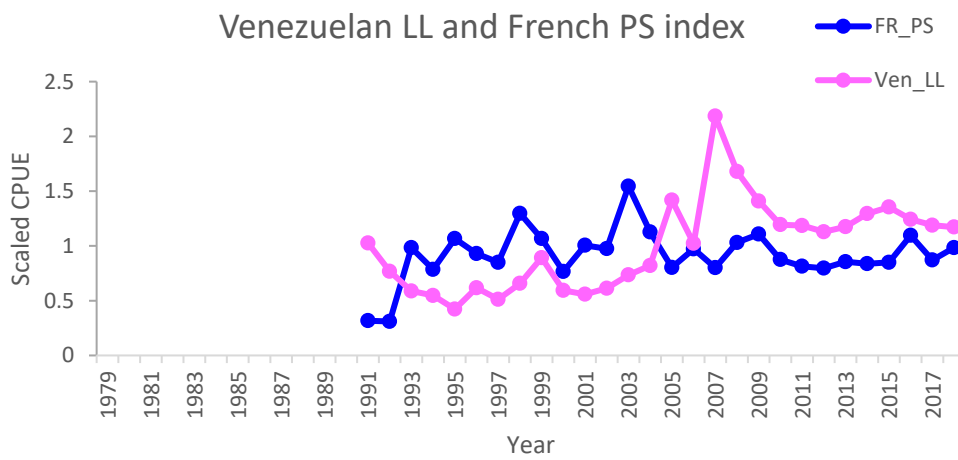
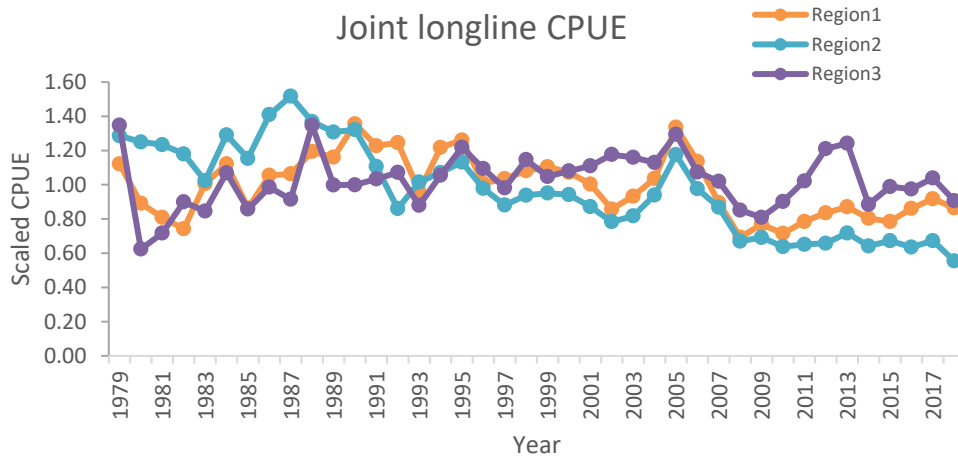


Figure 8 Recommended annual abundance indices for the Atlantic yellowfin tuna stock assessment reference case. This figure reflects revisions made following the data preparatory meeting.

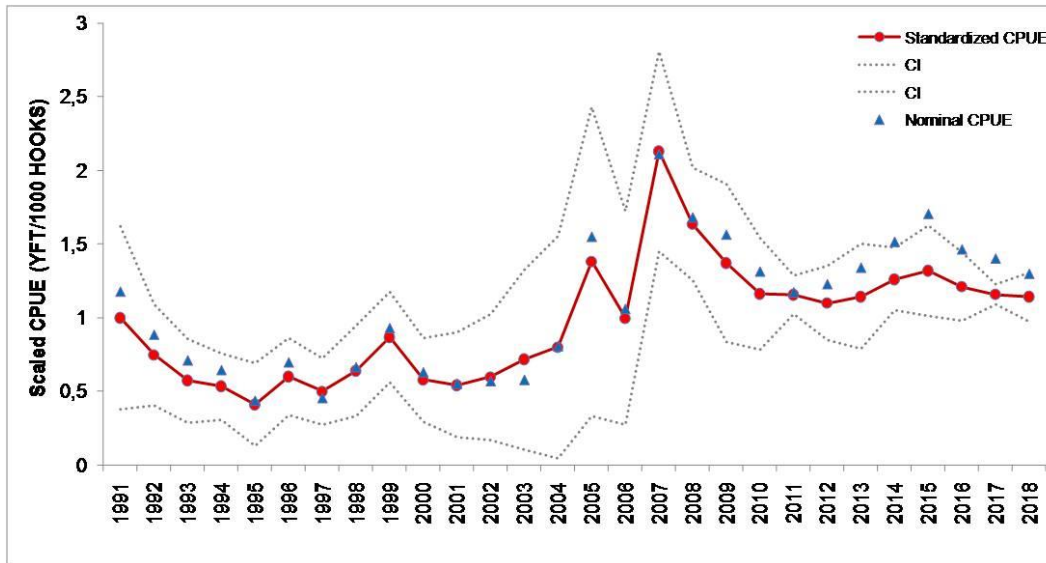


Figure 9. Scaled nominal (blue triangles) and standardized (red circles) CPUE in numbers of yellowfin tuna caught by the Venezuelan longline fleet during the period 1991-2018. The dotted lines represent the 95% confidence intervals.

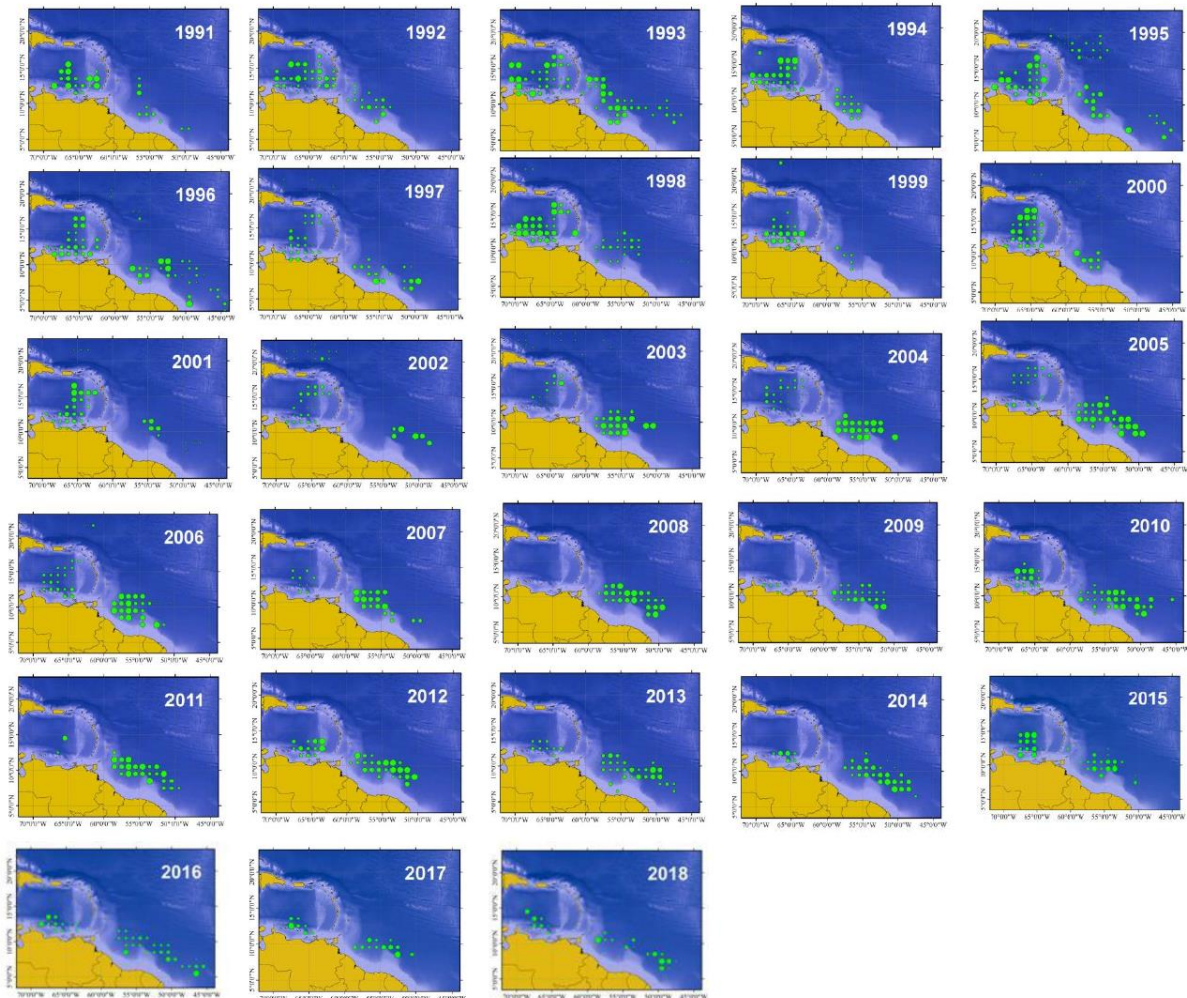


Figure 10. Spatial distribution of nominal CPUE of yellowfin tuna (Number fish/1000 hooks) caught by the Venezuelan pelagic longline fleet during 1991-2018.

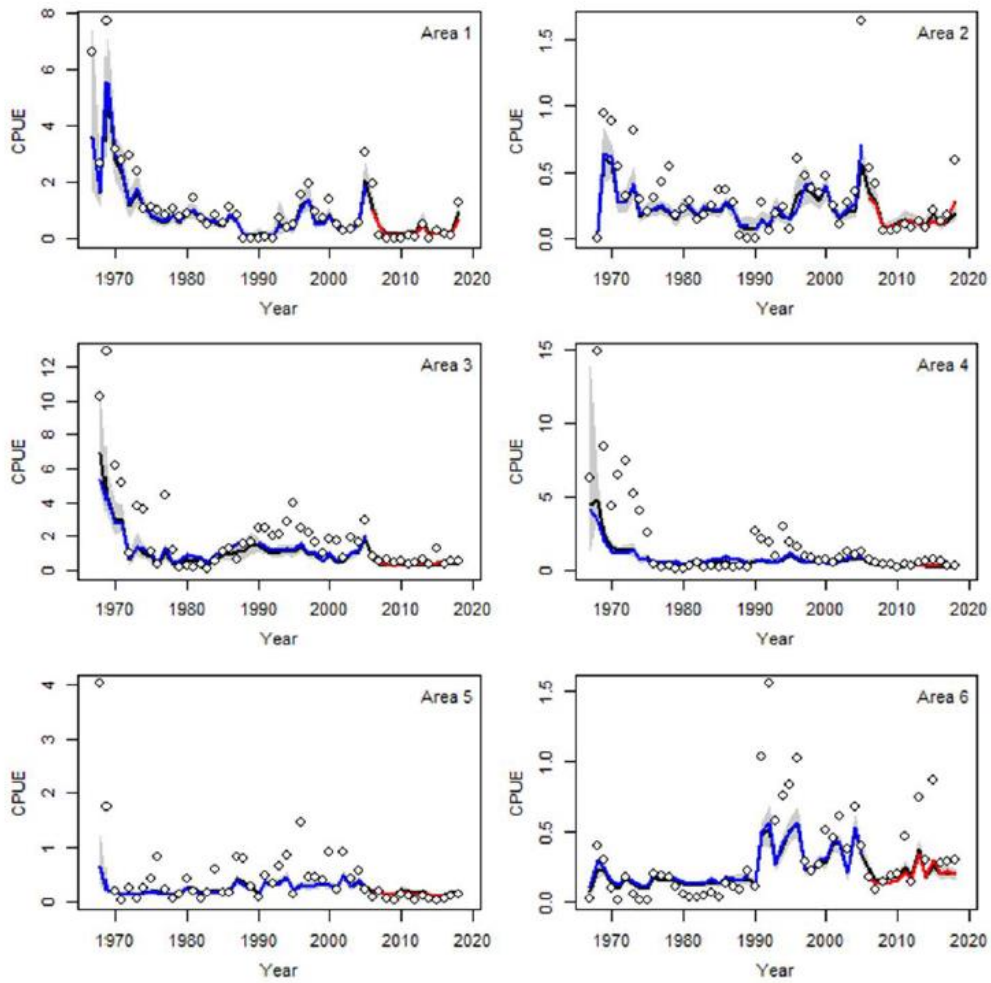


Figure 11. Indices of abundance from the Chinese Taipei distant water longline fishery. Nominal (open circles) and standardized (solid lines) CPUE of yellowfin tuna by period 1967-2018 (black lines), 1967-1989, 1990-2005 (blue lines) and 2006-2018 (red lines). Hooks-per-basket information was available for the latter period. The shaded areas represent the 95% confidence intervals for the entire period (1967-2018).

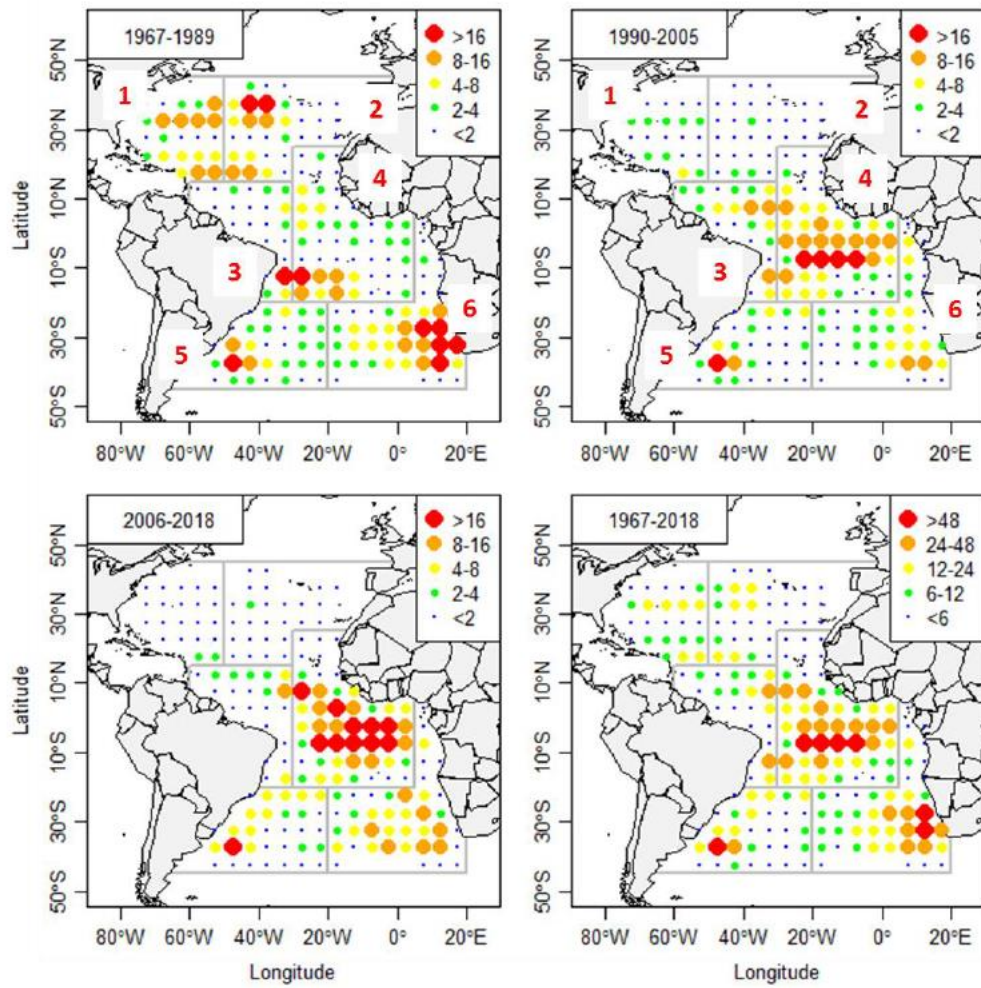


Figure 12. Distributions of fishing effort (million hooks) for the Chinese Taipei distant-water tuna longline fishery for the periods 1967-1989, 1990-2005, 2006-2018 and 1967-2018.

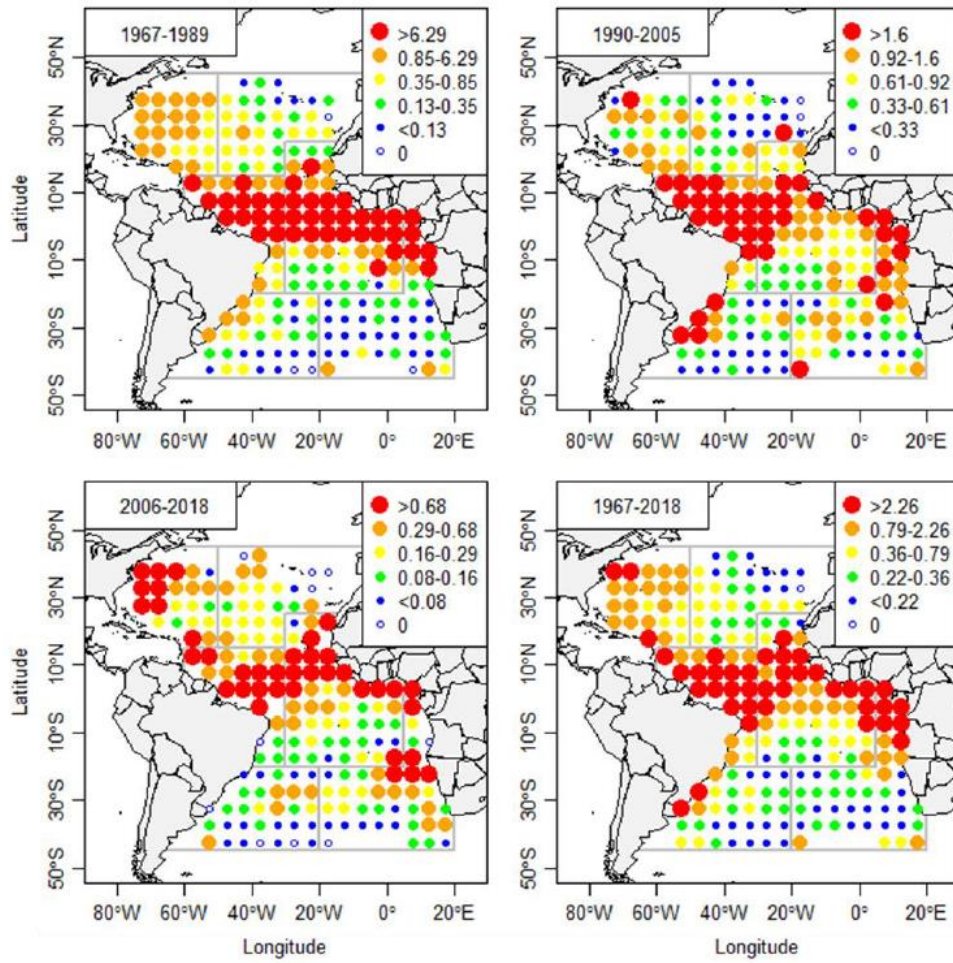


Figure 13. Distribution of nominal CPUE (number of fish caught per 1000 hooks) for yellowfin tuna caught in the Chinese Taipei distant-water tuna longline fishery for the periods of 1967-1989, 1990-2005, 2006-2018 and 1967-2018.

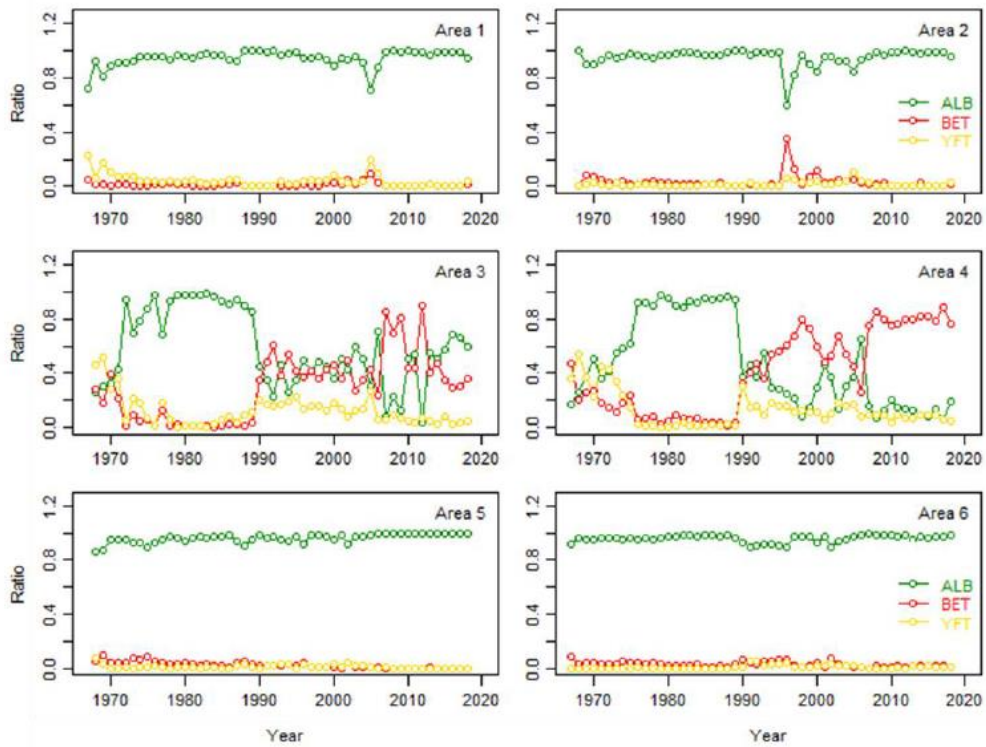


Figure 14. Catch ratios of albacore (ALB), bigeye (BET) and yellowfin tuna (YFT) by area for the China-Taipei distant-water tuna longline fishery. Changes in catch ratio are typically the result of a change in targeting.

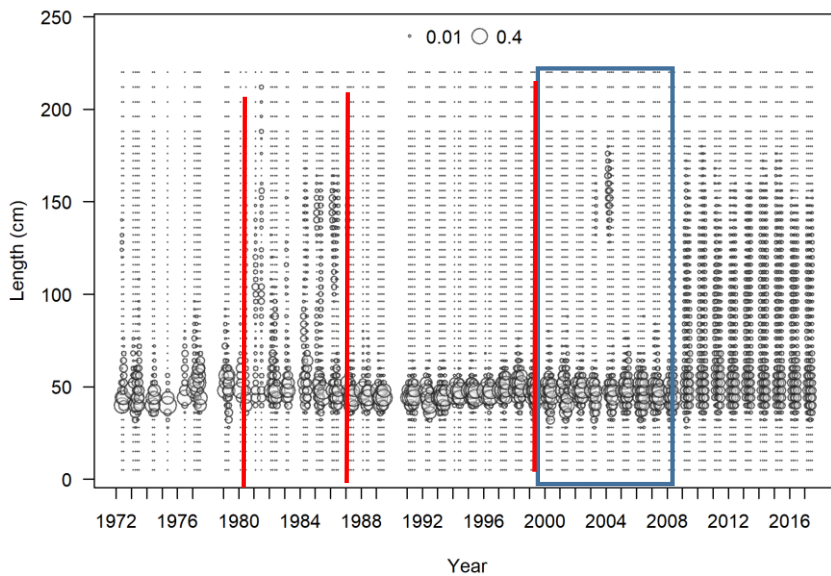


Figure 15. Length composition input for Fleet 11 Ghana BB_PS

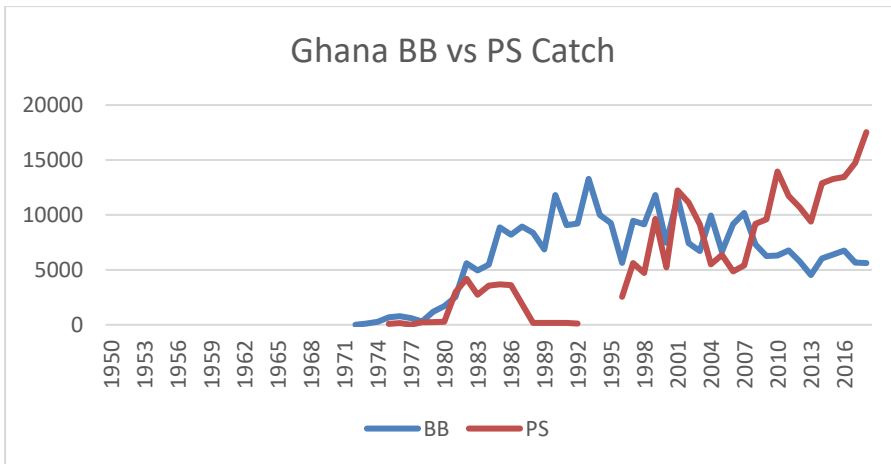


Figure 16. Distribution of catch between PS and BB from Fleet 11 Ghana BB_PS

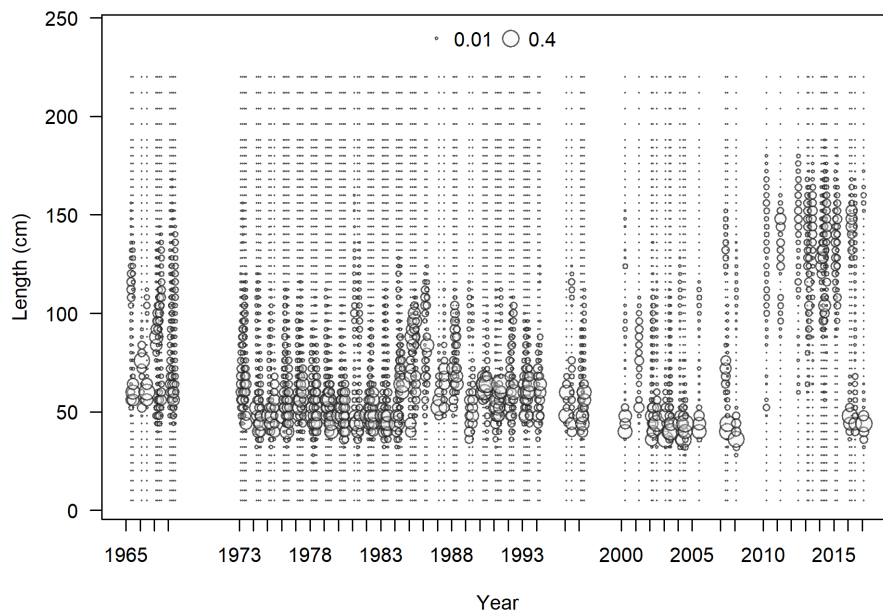


Figure 17. Length composition input for Fleet 12 BB_area2_Sdak before South Africa size data were removed.

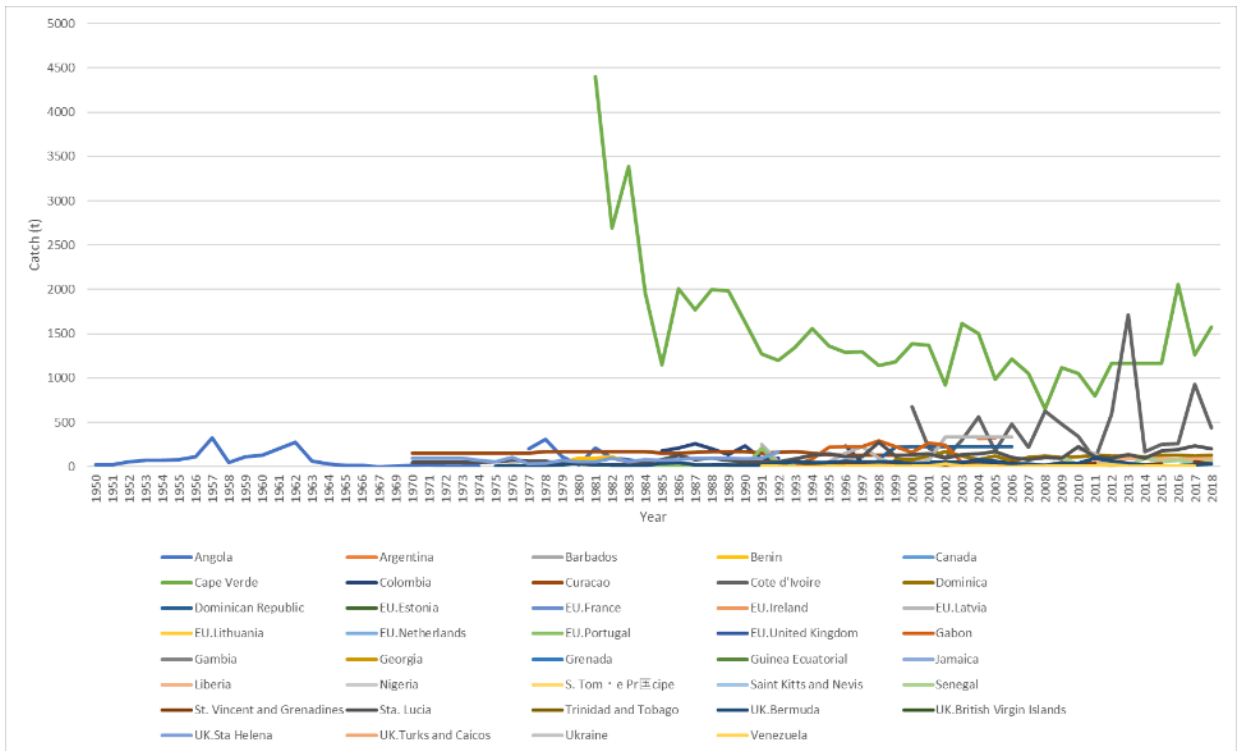


Figure 18. Catch in Fleet 25 other by country before Cape Verde data were removed.

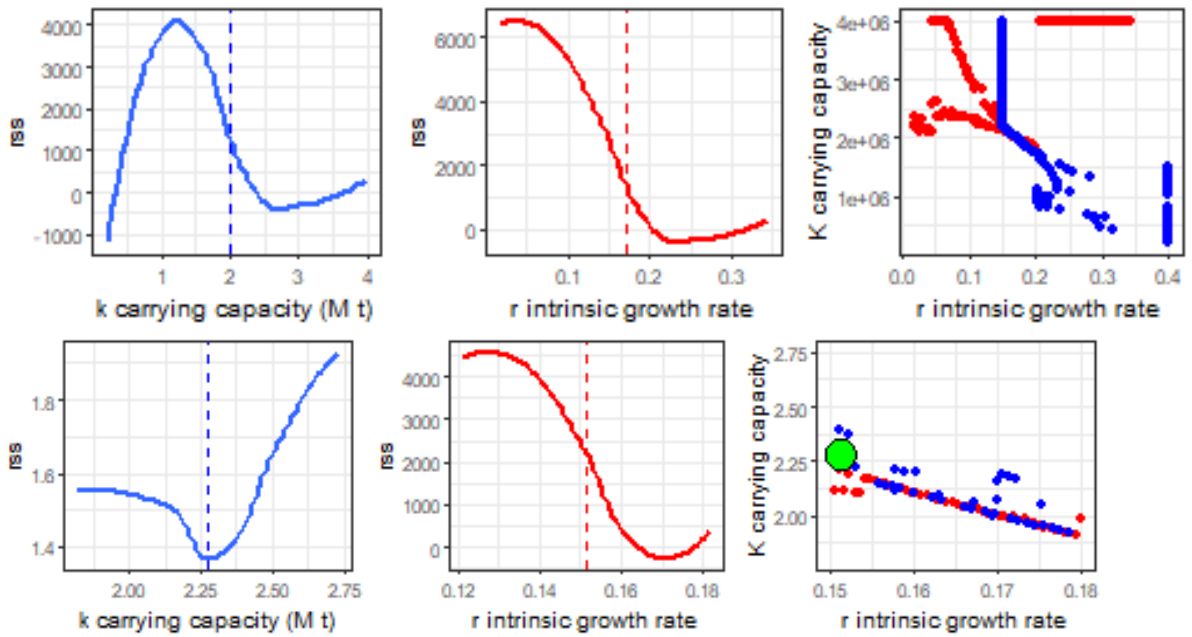


Figure 19. Likelihood profiles for r and K resulting from run 1 of the *mpb* model (top) vs. run 2 (bottom).

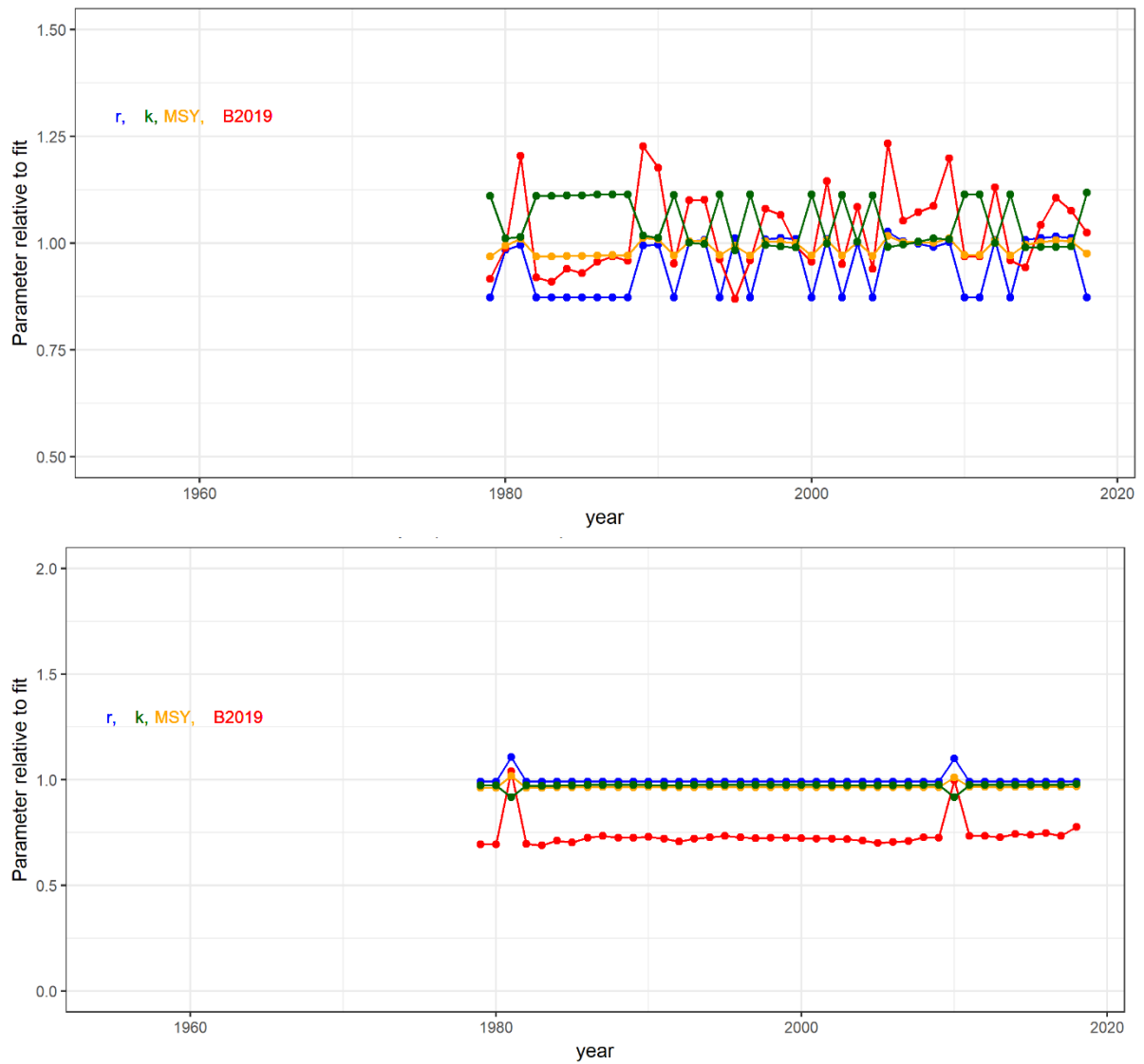


Figure 20. Improvements in the jackknife between run 1 (top) and run 2 (bottom) of *mpb*. Each point represents the change in the parameter estimate resulting from removing that year's data.

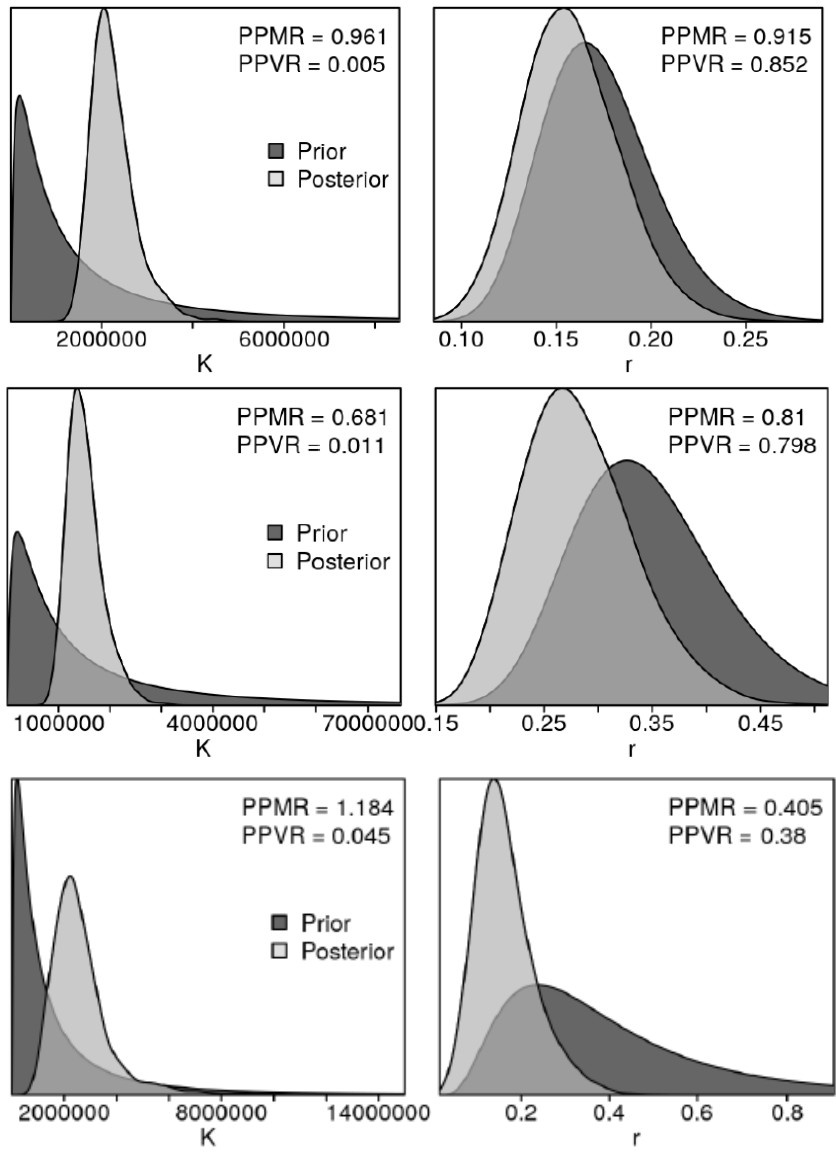


Figure 21. Prior and posterior distributions for K and r resulting from JABBA using an SS3 2019 prior (run 6, top), FishLife prior with a CV = 0.3 (run 2, middle), FishLife prior with a CV = 0.6 (run 14, bottom).

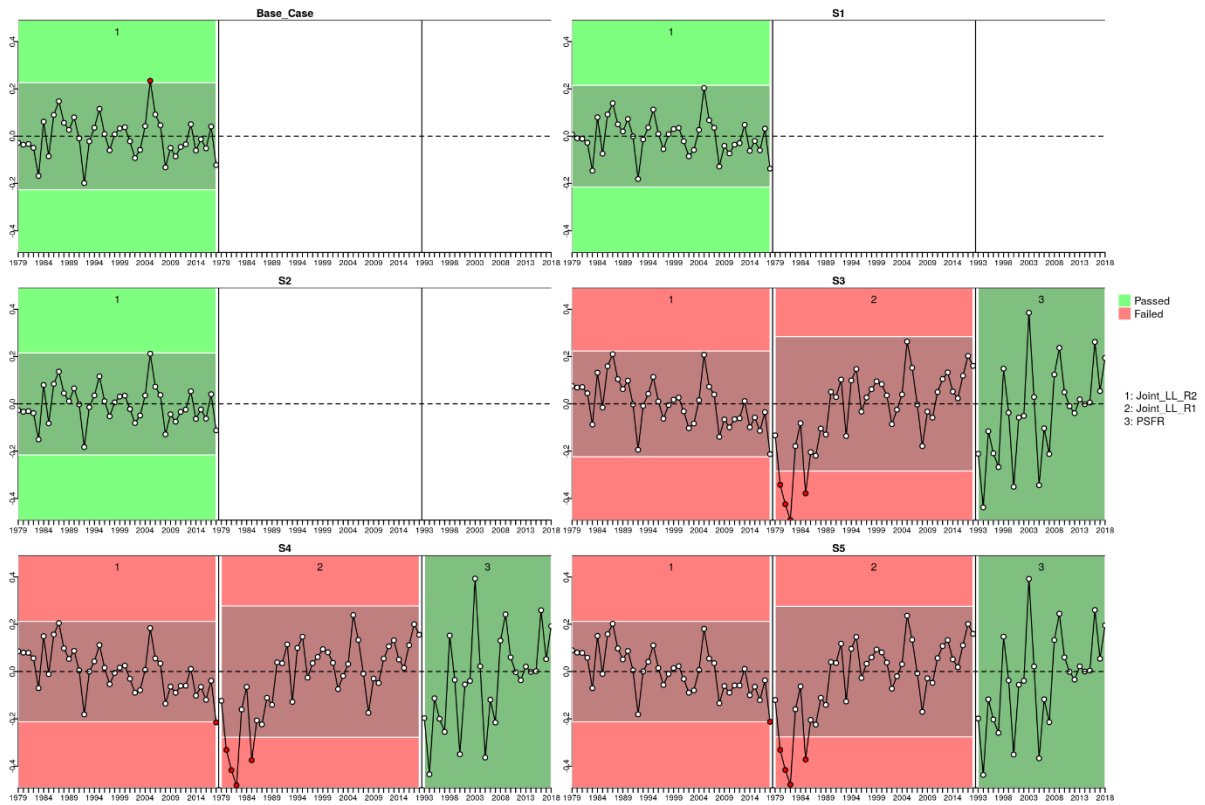


Figure 22. Diagnostic test, quantitative evaluation of the randomness of the time series of CPUE residuals by fleet for runs 6, 1, 16, 13, 18, 17 (from top left to bottom right). Green panels indicate no evidence of lack of randomness of time-series residuals ($p > 0.05$) while red panels indicate the opposite. The inner shaded area shows three standard errors from the overall mean and red circles identify a specific year with residuals greater than this threshold value (3x sigma rule).

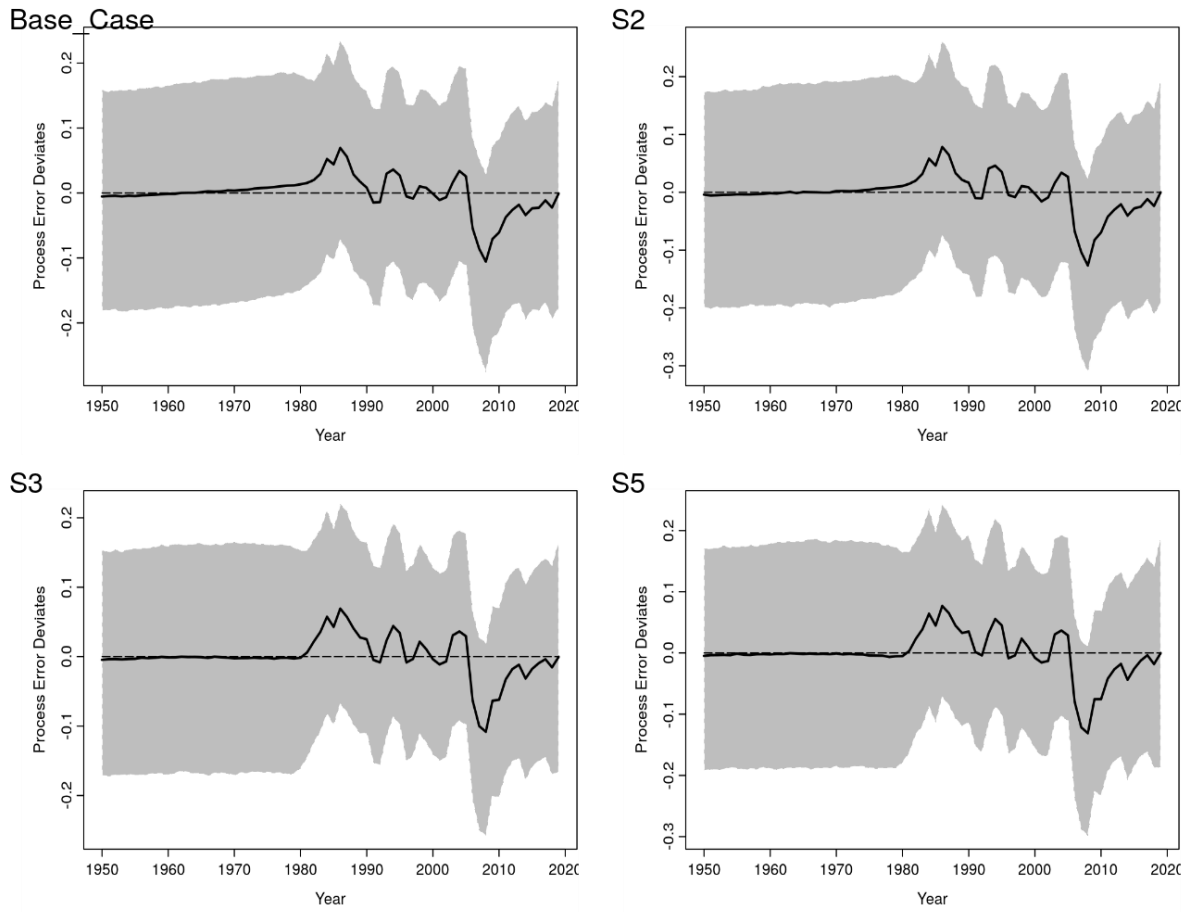


Figure 23. Process error deviations (median: solid line) for the 4 reference runs: (from top left to bottom right) runs 6, 16, 13, 17. Shaded grey area indicates 95% credibility intervals.

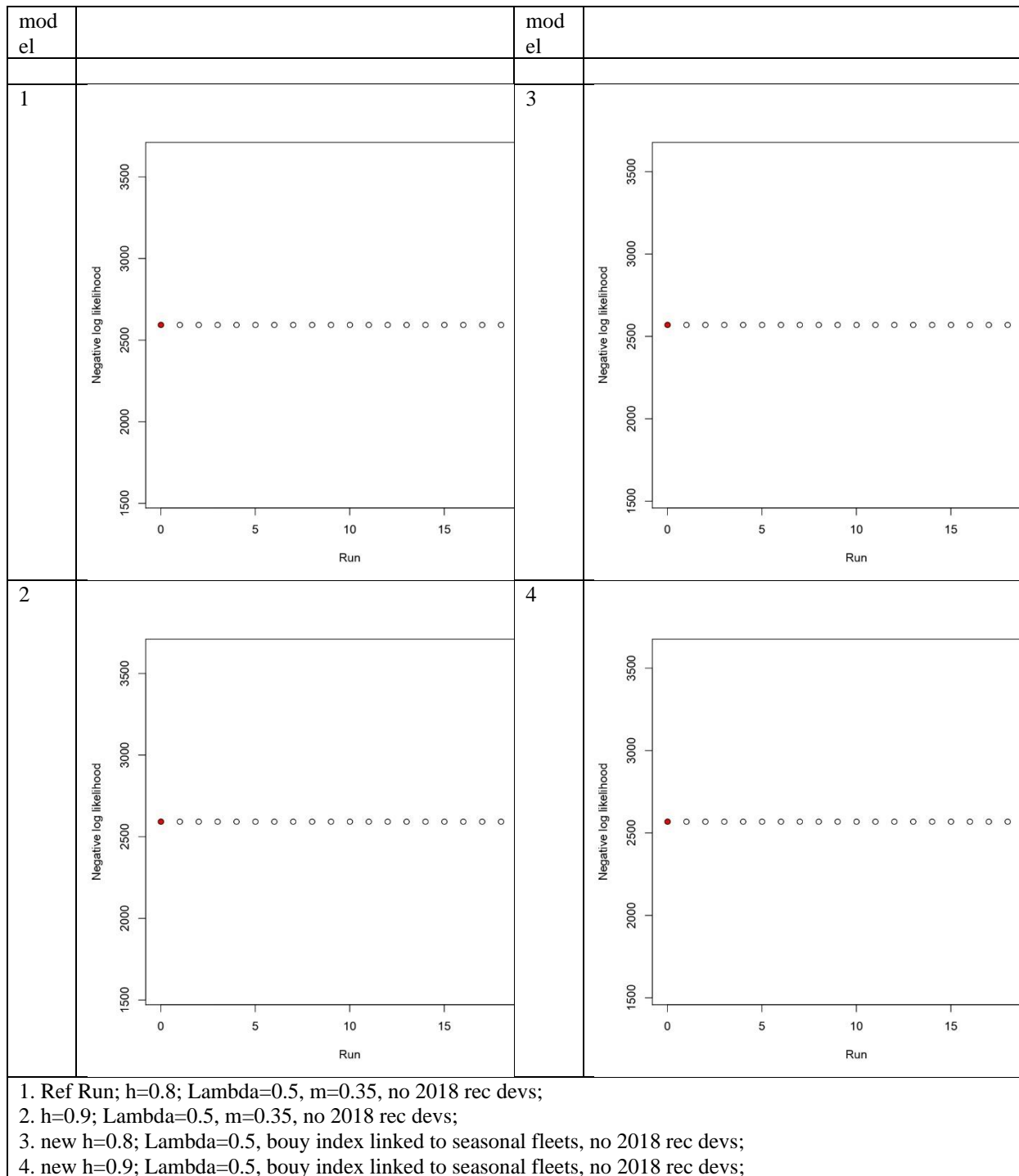


Figure 24. The jitter analysis for the Stock Synthesis runs.

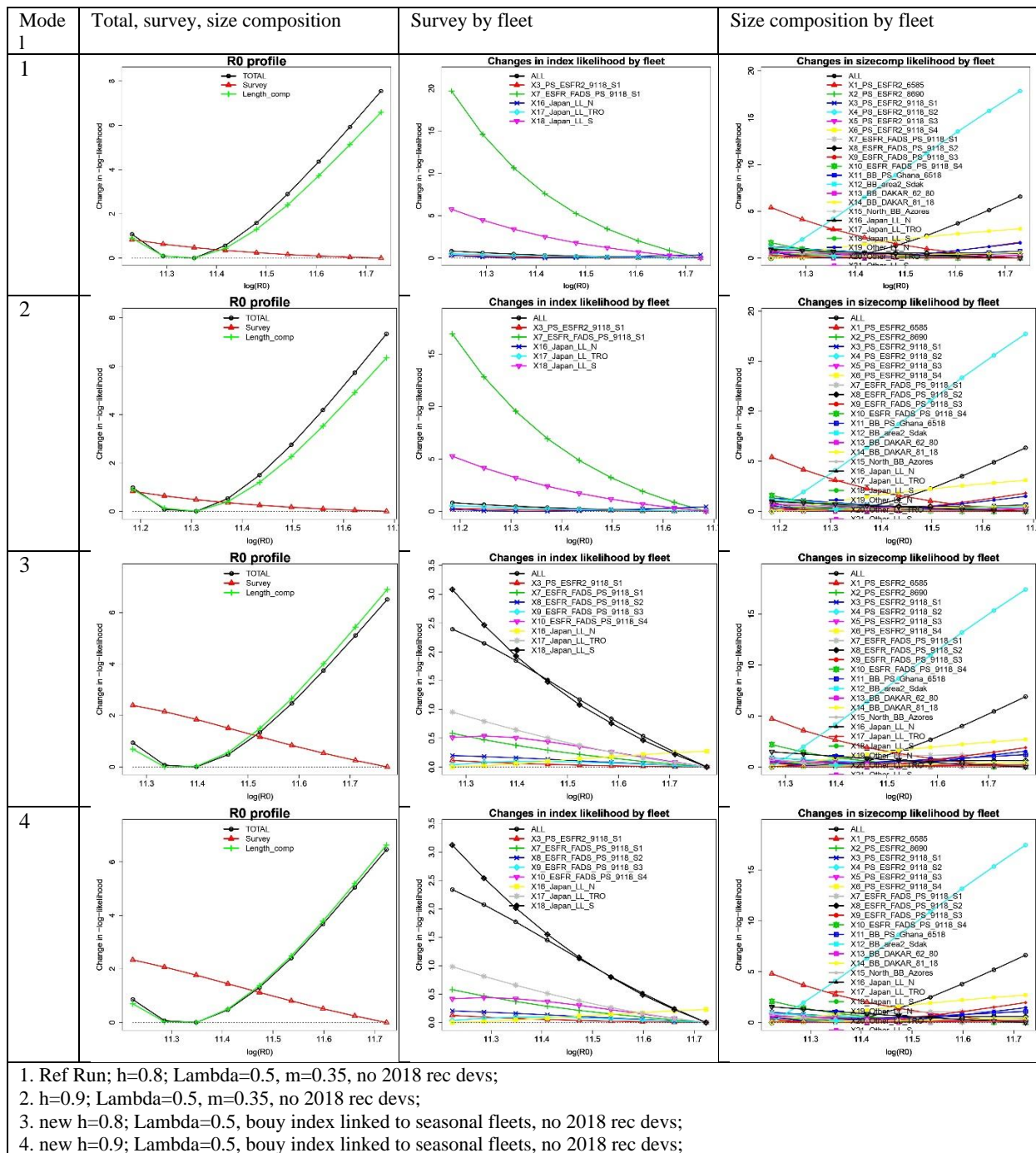


Figure 25. The likelihood profile of R_0 for the Stock Synthesis runs.

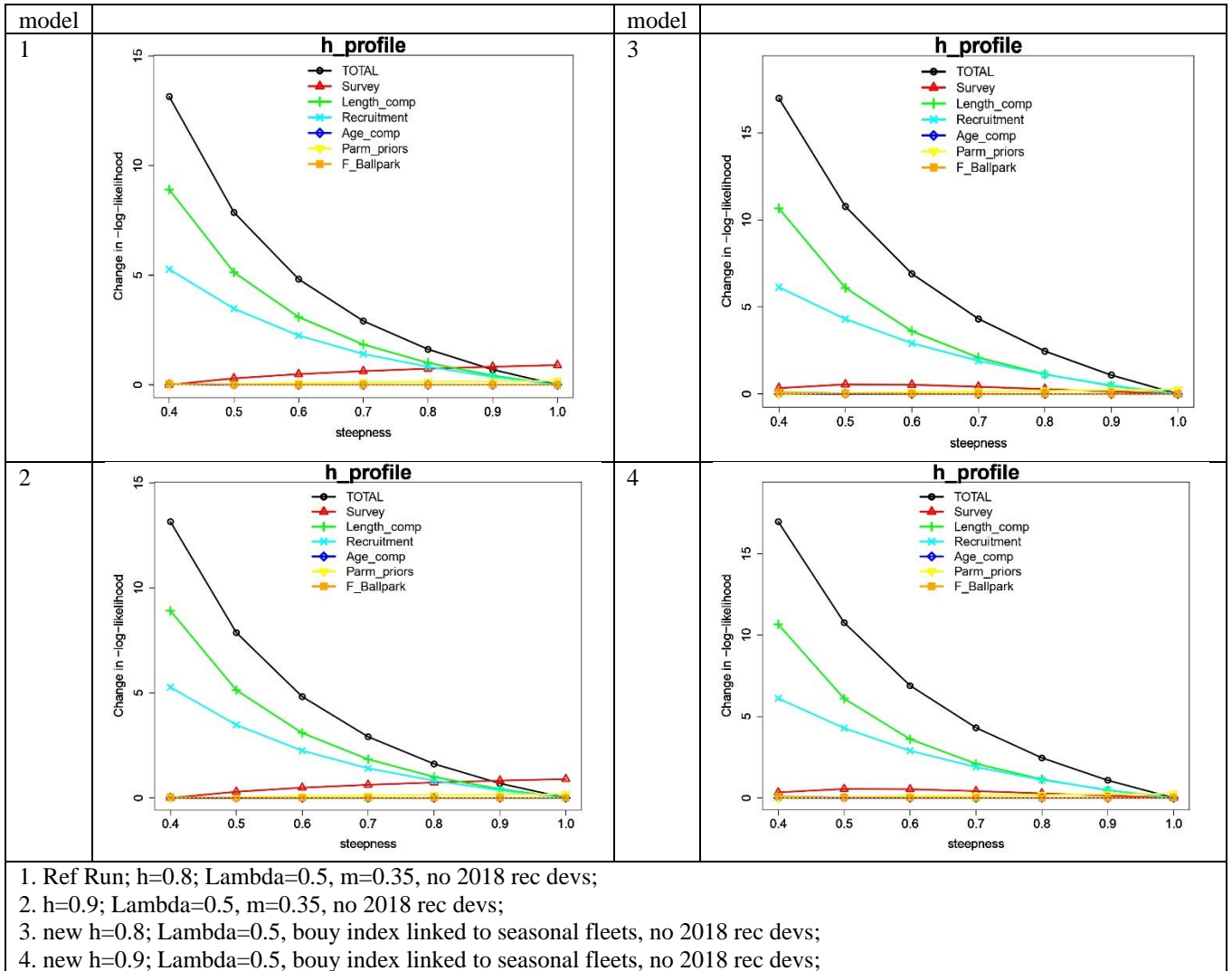


Figure 26. The likelihood profile of steepness (h) for the Stock Synthesis runs.

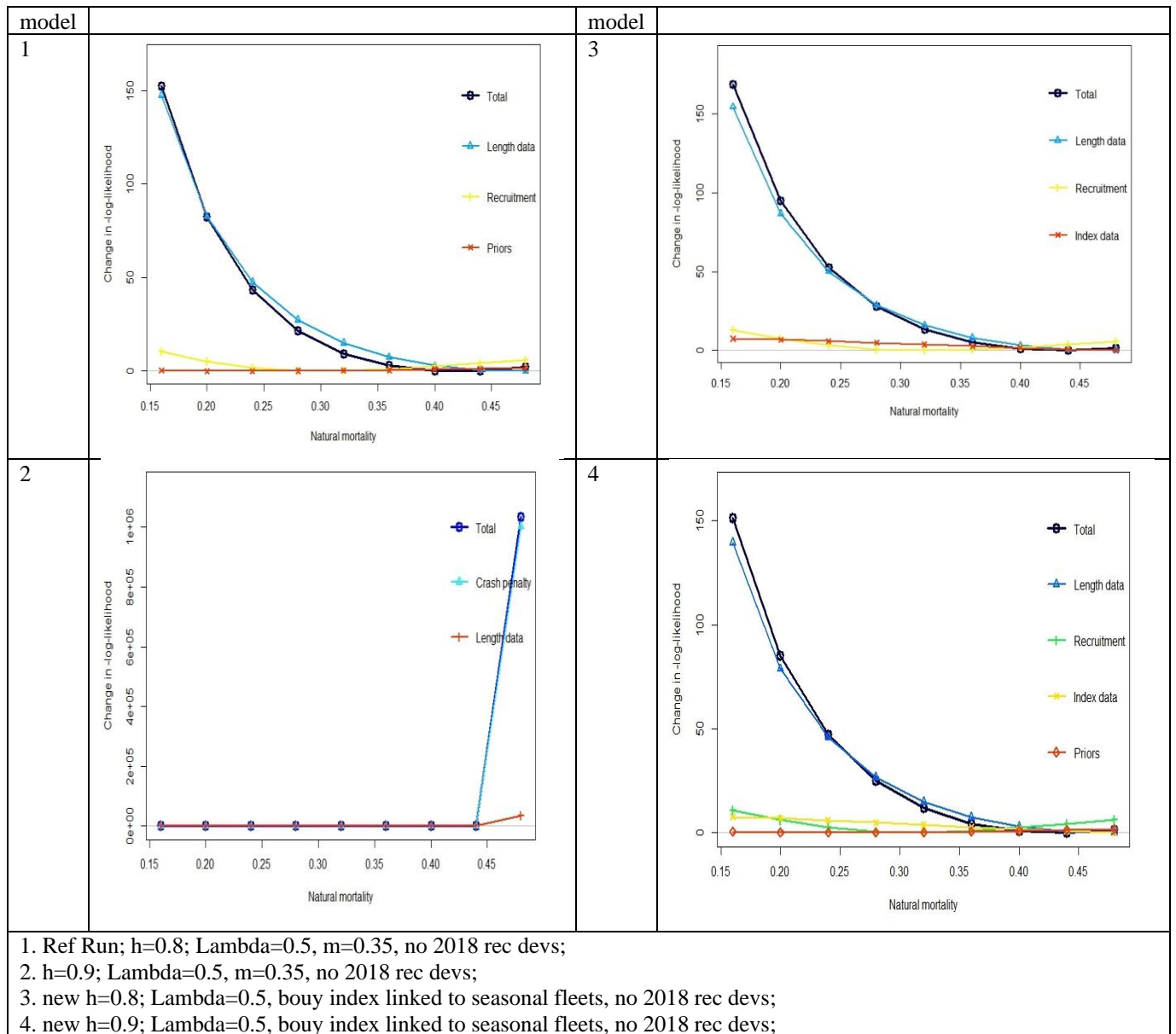


Figure 27. The likelihood profile of natural mortality (M) for the Stock Synthesis runs.

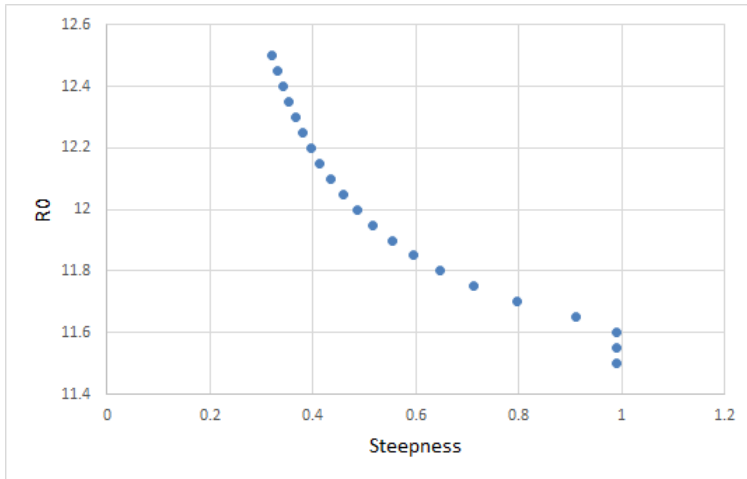


Figure 28. The high correlation between steepness and R0. Fixing certain values of steepness largely predetermined R0, therefore while R0 was estimated in the model, steepness was fixed.

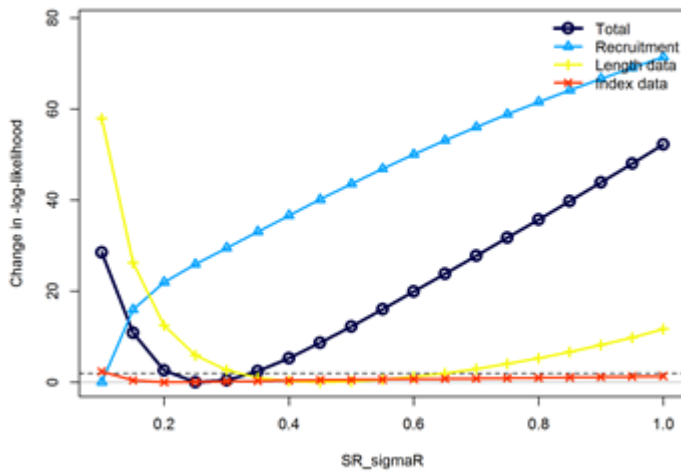


Figure 29. Likelihood profile of the annual variance in recruitment (SigmaR) from the reference case.

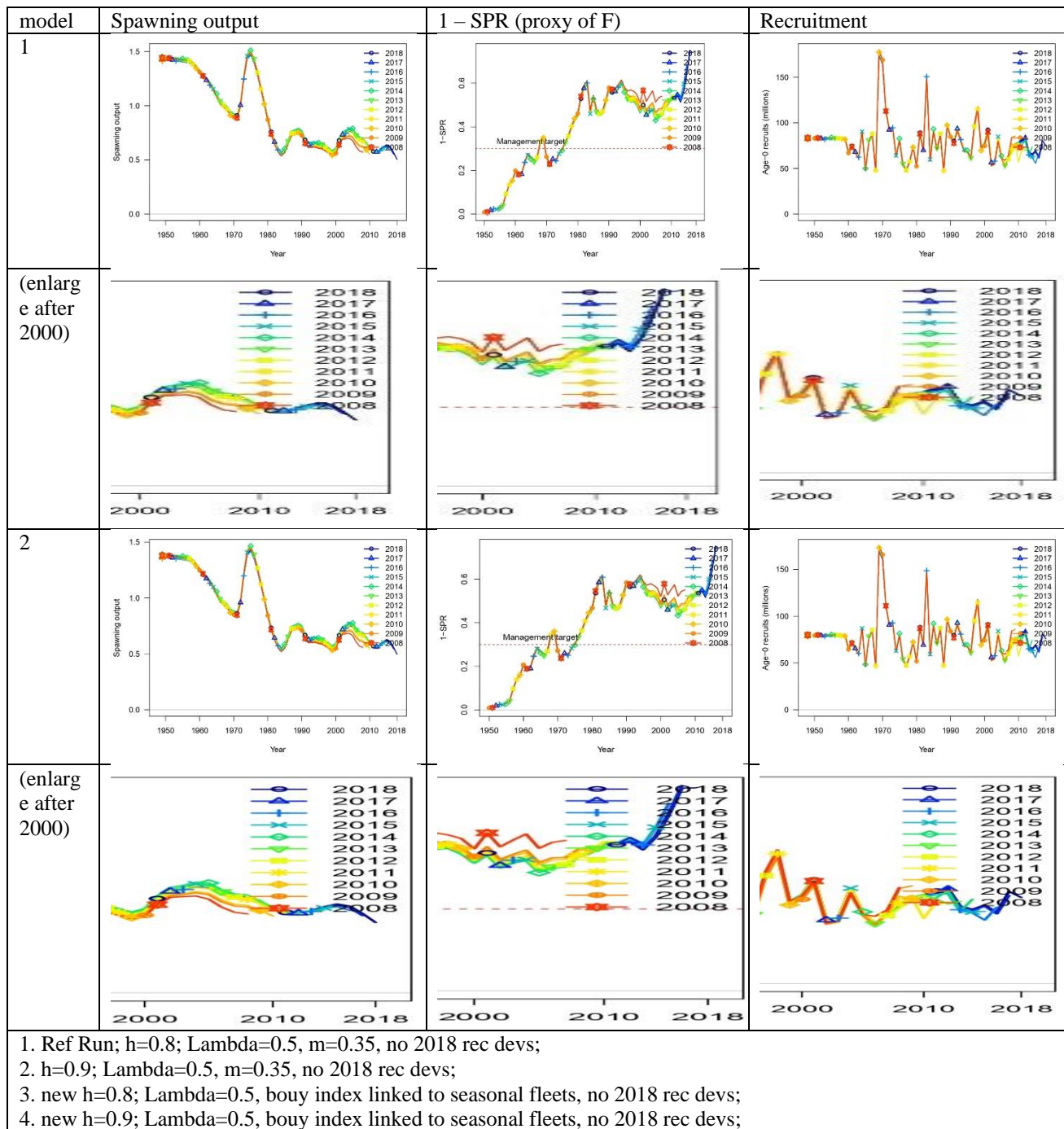


Figure 30. Retrospective analyses on the Stock Synthesis models.

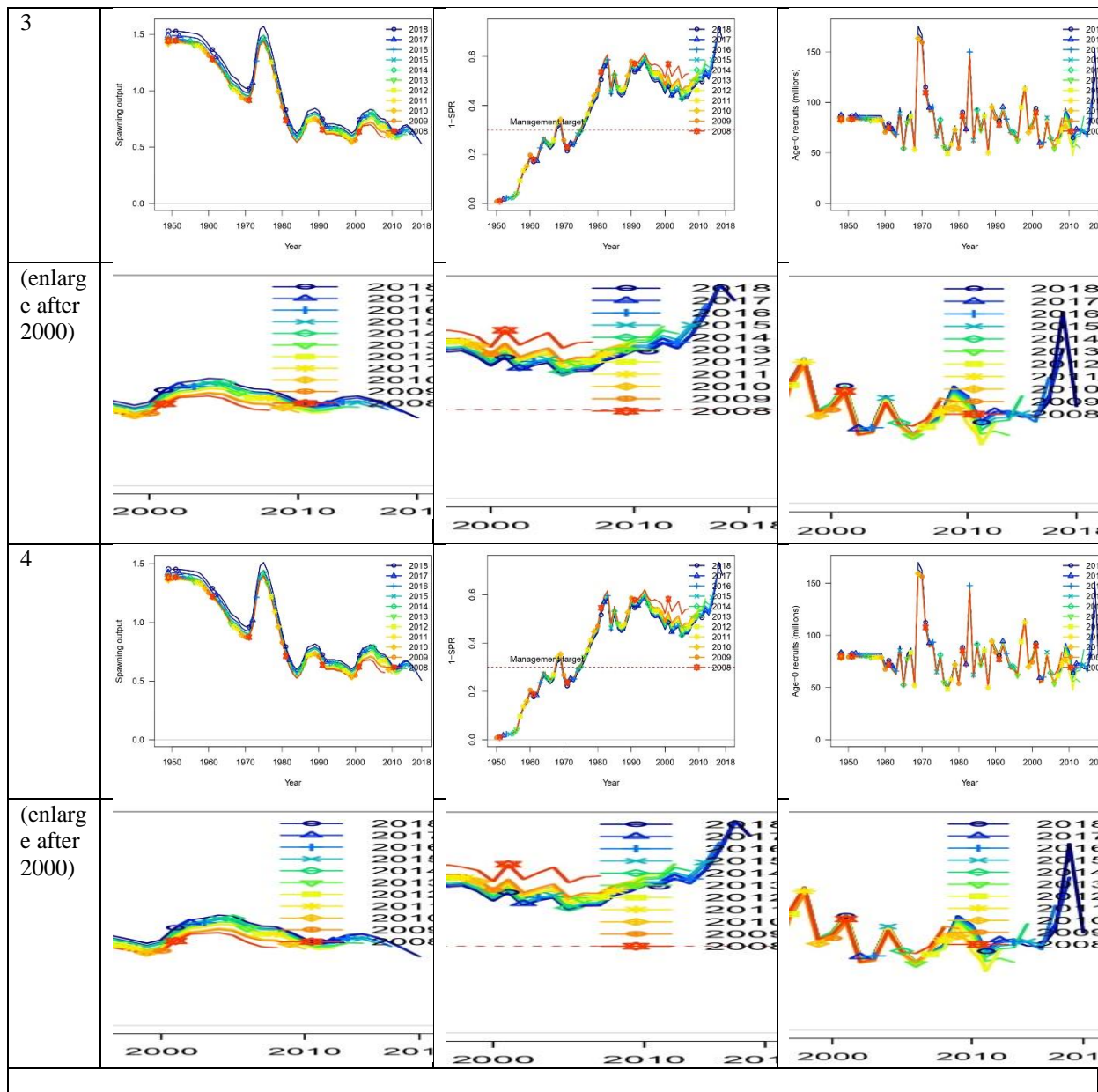


Figure 30 – continued from previous page. Retrospective analyses on the Stock Synthesis models.

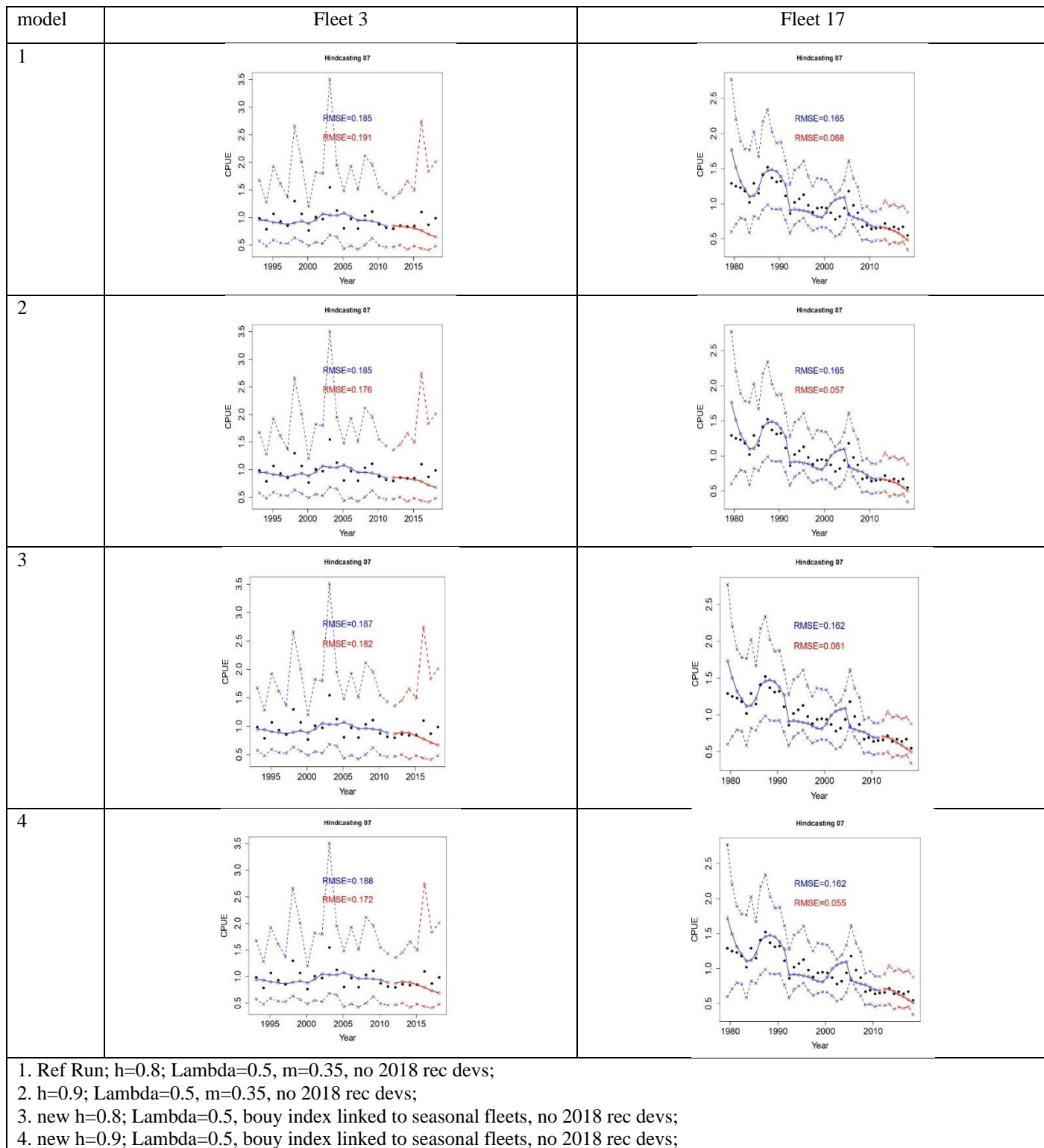


Figure 31. The hindcasting analysis for the Stock Synthesis model runs.

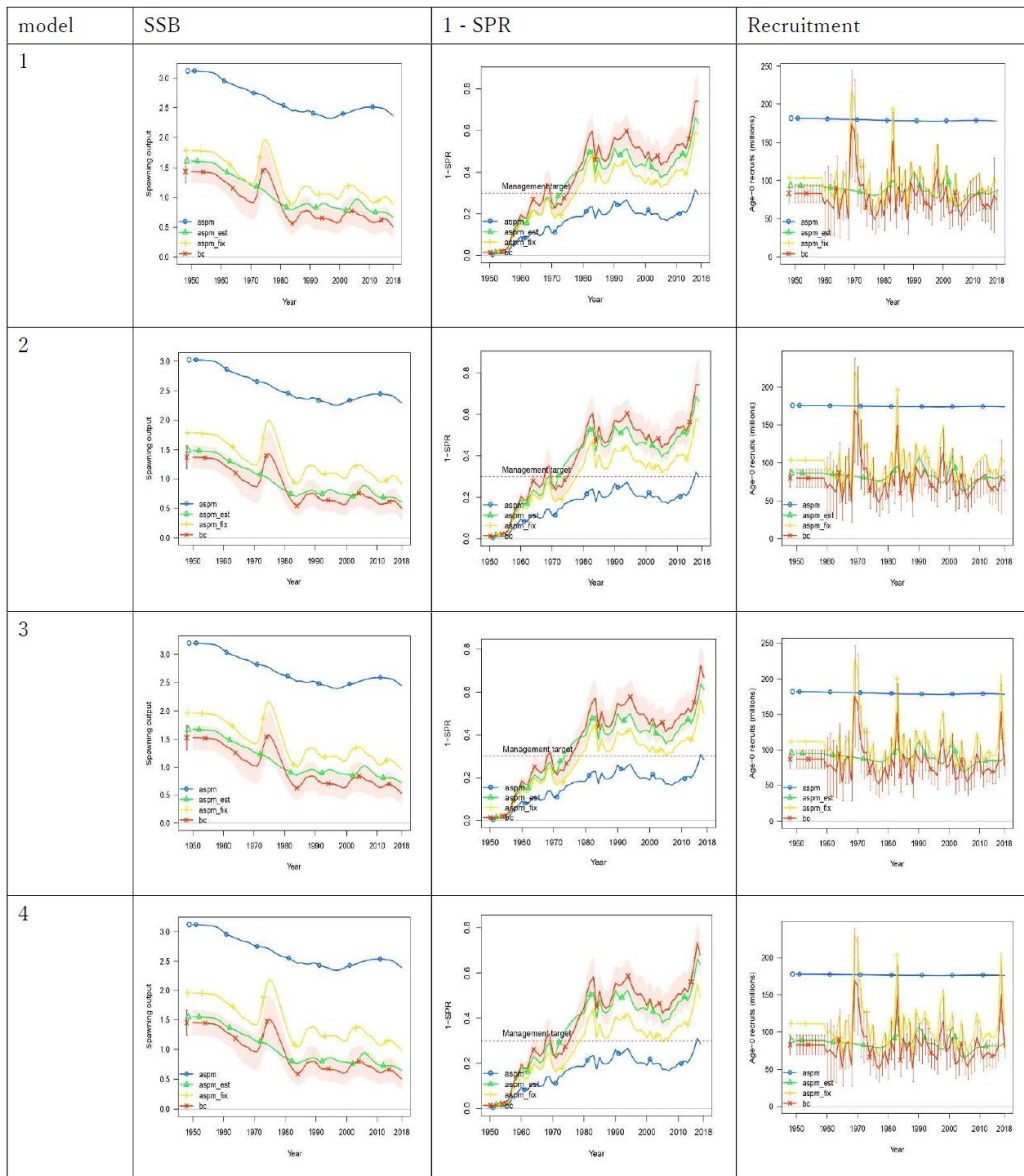


Fig. 8 ASPM analysis for uncertainty grid analysis

(bc: base case (integrated model), aspm: using the selectivity parameters from integrated model, the recruitment deviation is not used, aspm_est: using the selectivity parameters from integrated model, but estimated recruitment deviation, aspm_fix: using the selectivity parameters and recruitment deviation from integrated model).

1. Ref Run; $h=0.8$; $\Lambda=0.5$, $m=0.35$, no 2018 rec devs;
2. $h=0.9$; $\Lambda=0.5$, $m=0.35$, no 2018 rec devs;
3. new $h=0.8$; $\Lambda=0.5$, bouy index linked to seasonal fleets, no 2018 rec devs;
4. new $h=0.9$; $\Lambda=0.5$, bouy index linked to seasonal fleets, no 2018 rec devs;

Figure 32. Age Structured Production Model (ASPM) analysis for Stock Synthesis model. Note: bc: base case (integrated model), aspm: using the selectivity parameters from integrated model, the recruitment deviation is not used, aspm_est: using the selectivity parameters from integrated model, but estimated recruitment deviation, aspm_fix: using the selectivity parameters and recruitment deviation from integrated model).

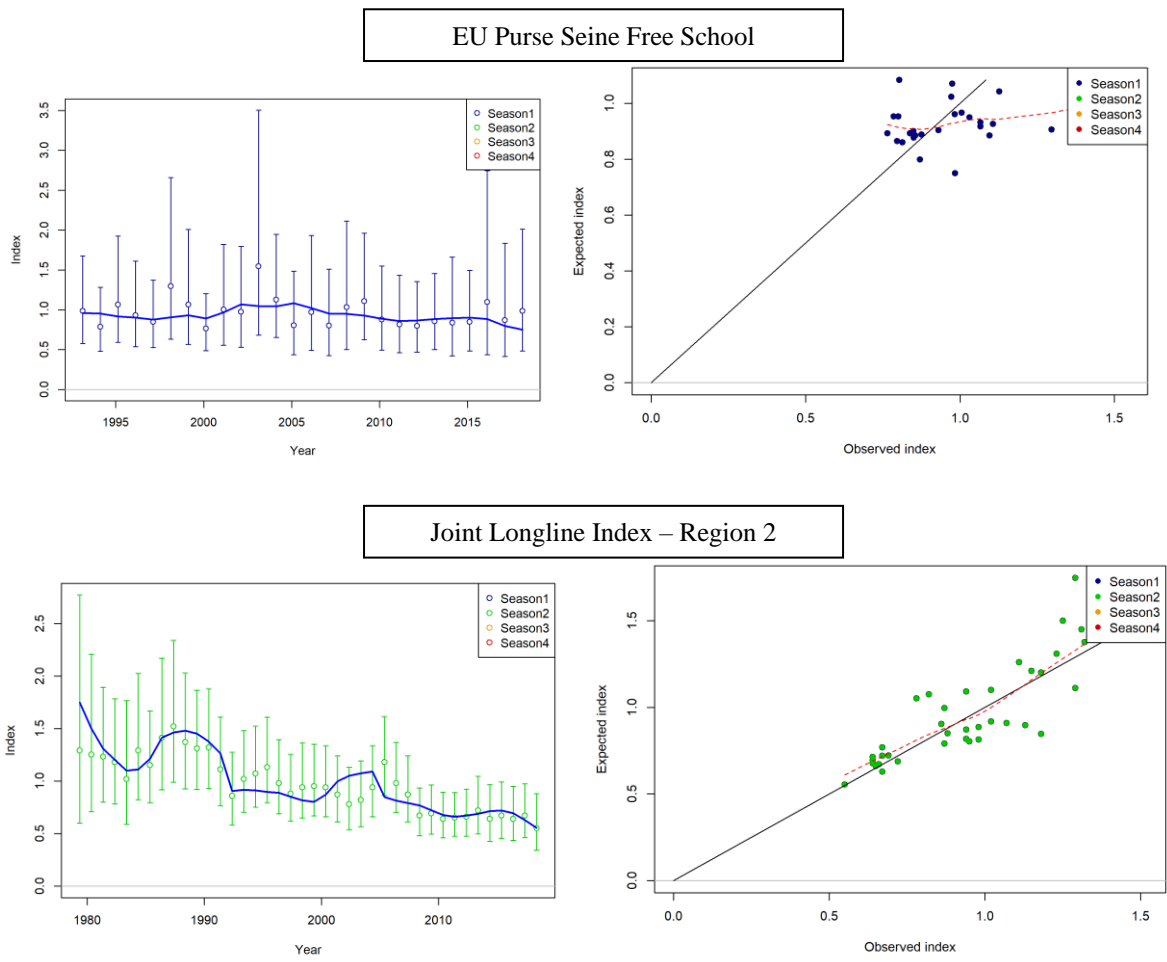


Figure 33. Fits to indices of abundance for Stock Synthesis Run 1.

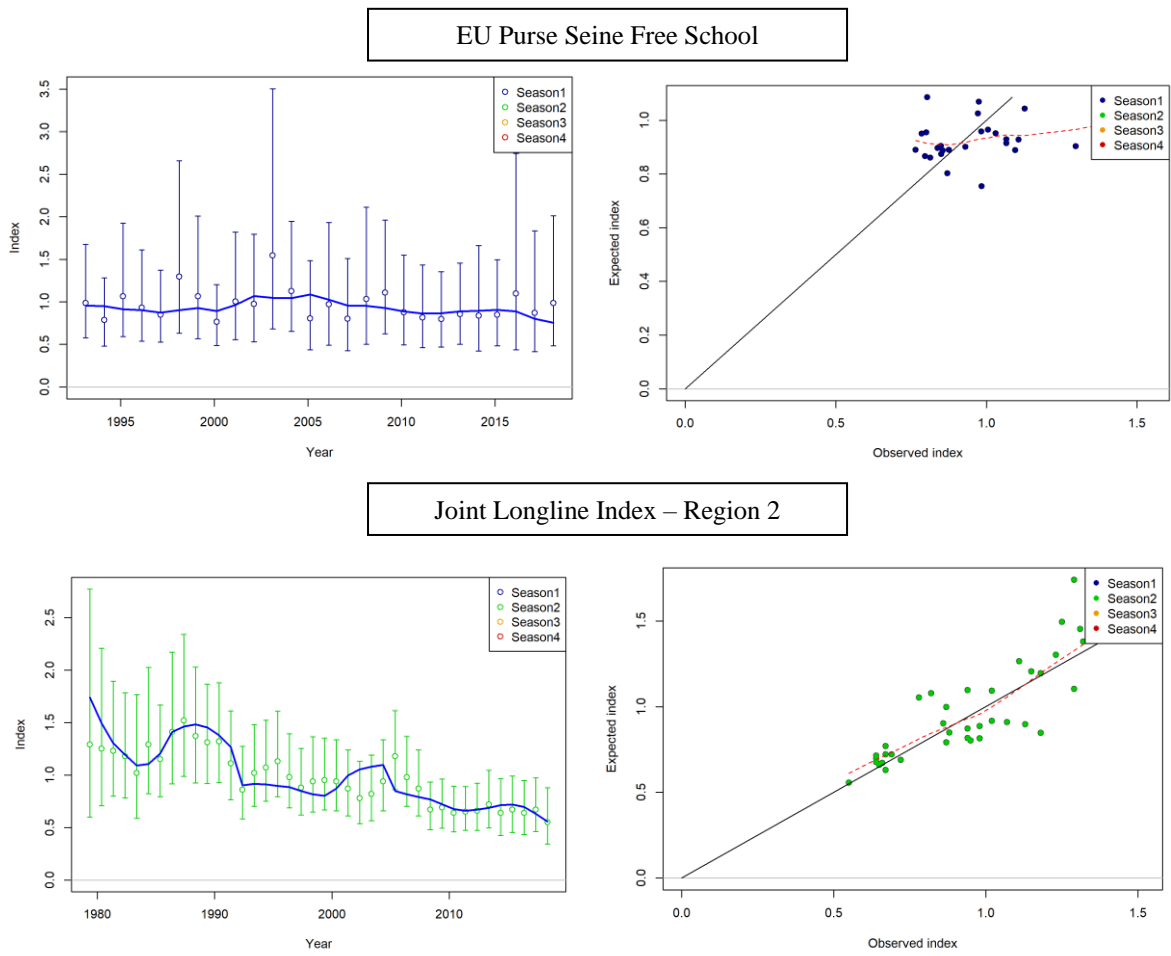
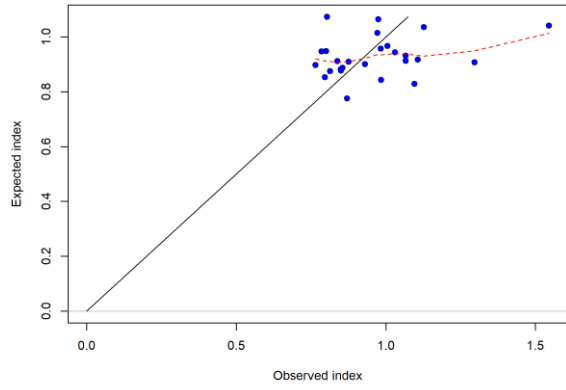
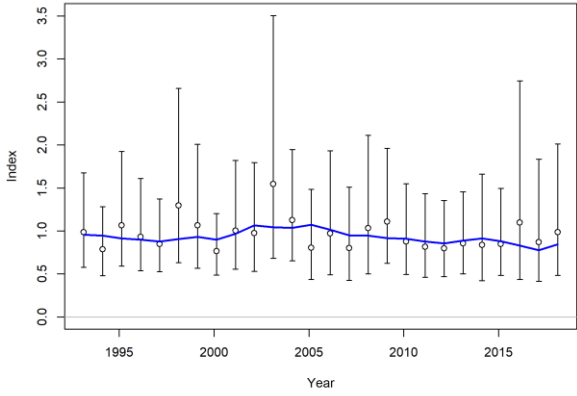
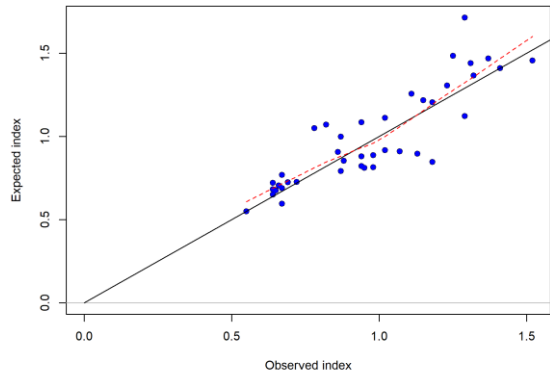
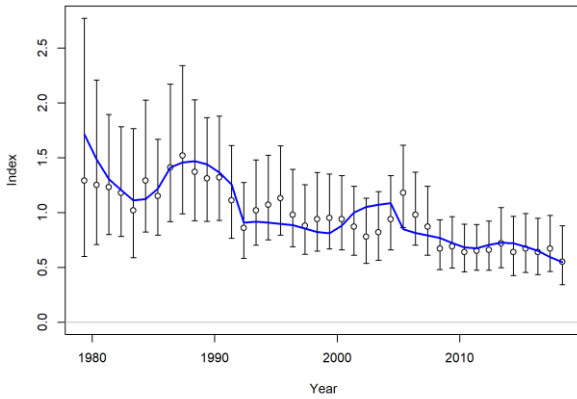


Figure 34. Fits to indices of abundance for Stock Synthesis Run 2.

EU Purse Seine Free School



Joint Longline Index – Region 2



Juvenile Echosounder Buoy Index

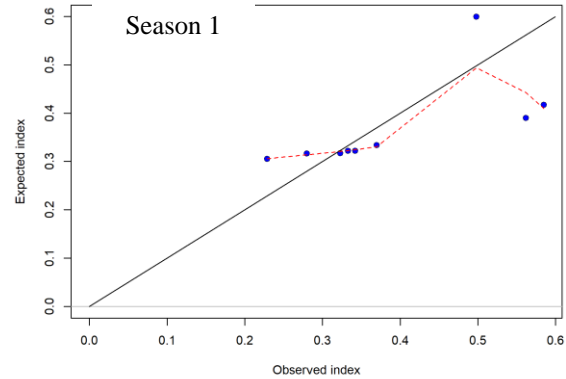
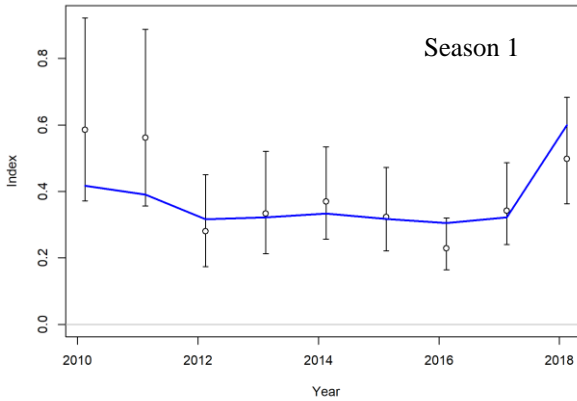


Figure 35. Fits to indices of abundance for Stock Synthesis Run 3 (continues on next page).

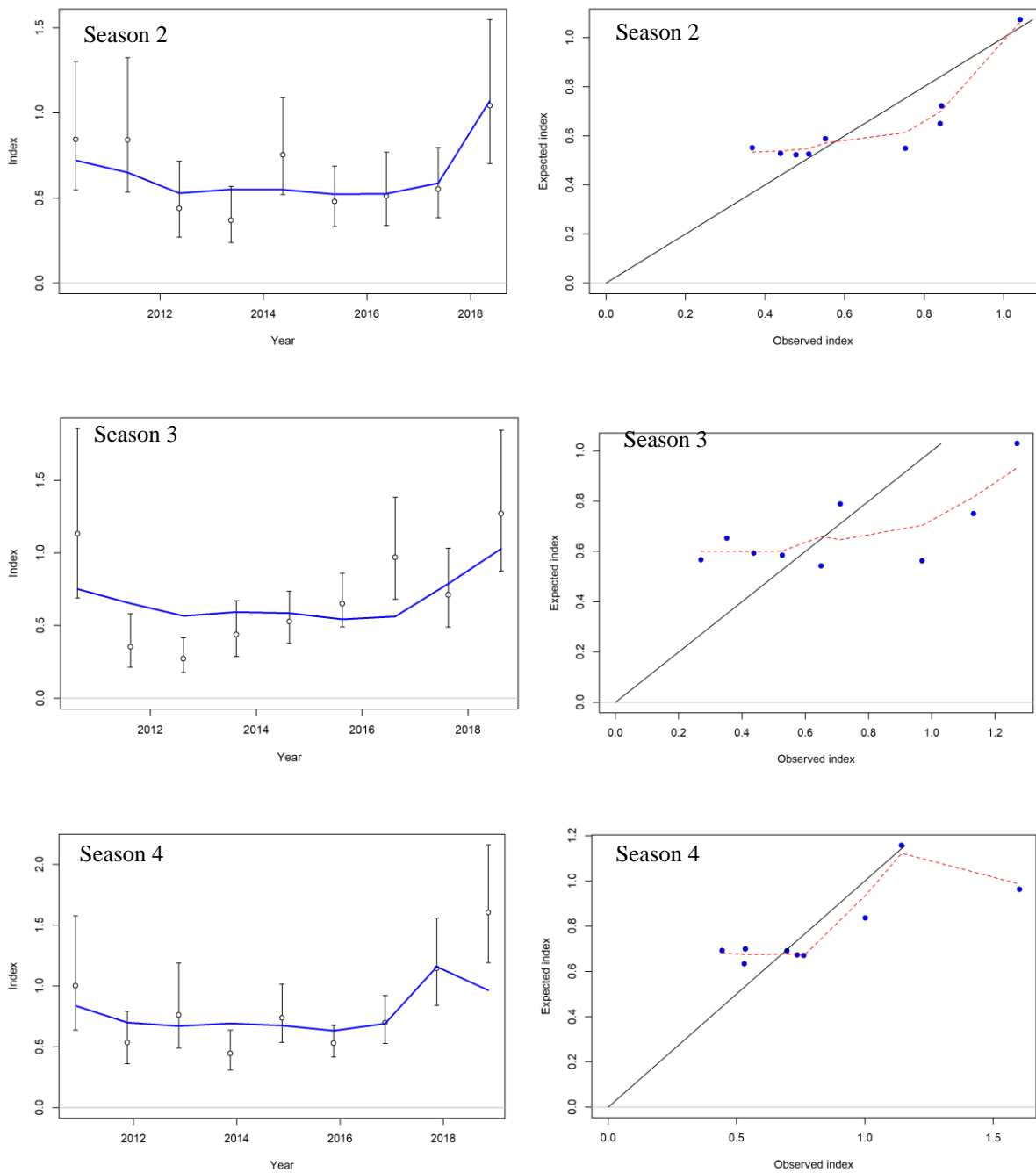


Figure 35 – *continued from previous page.* Fits to indices of abundance for Stock Synthesis Run 3.

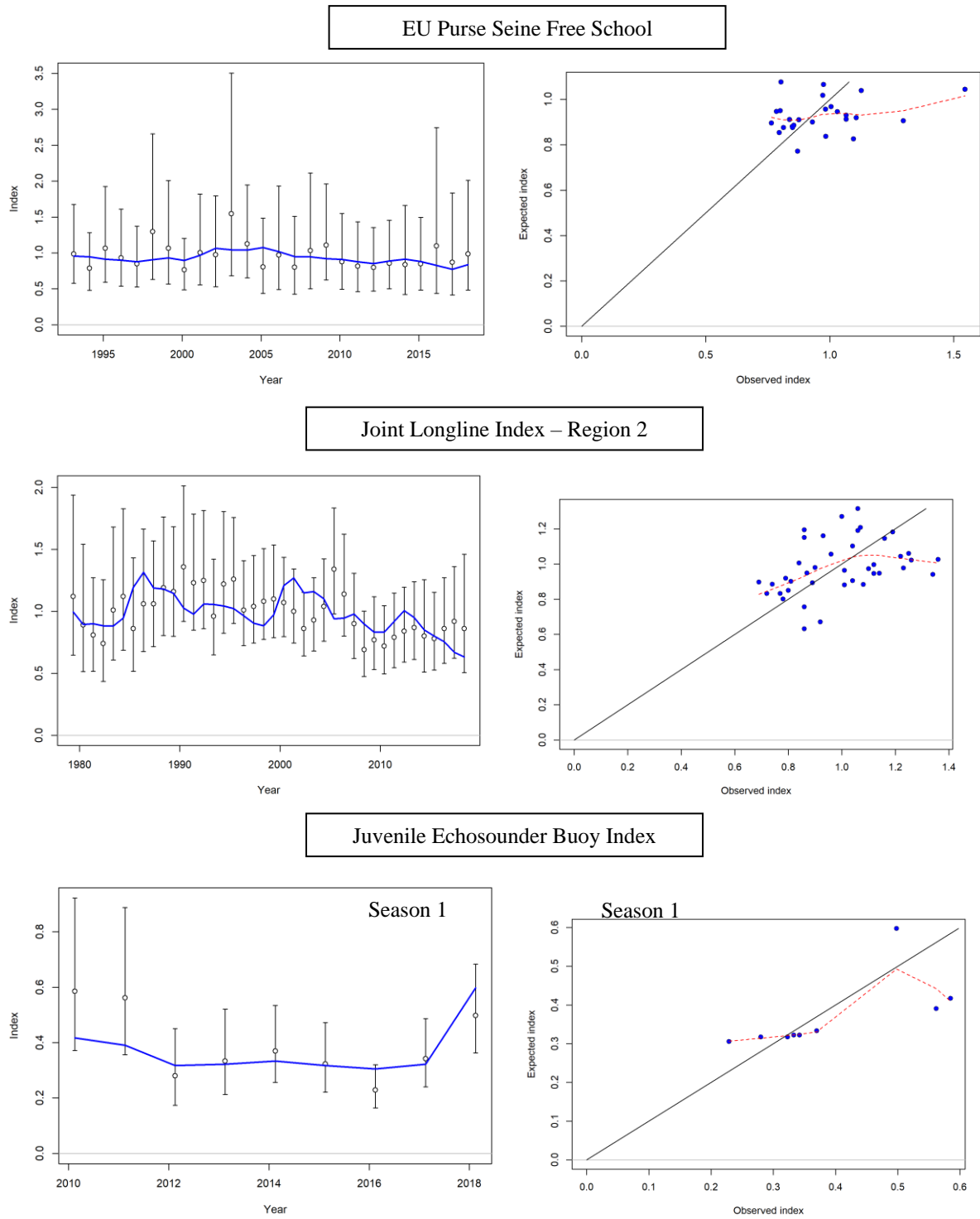


Figure 36. Fits to indices of abundance for Stock Synthesis Run 4 (*continues on next page*).

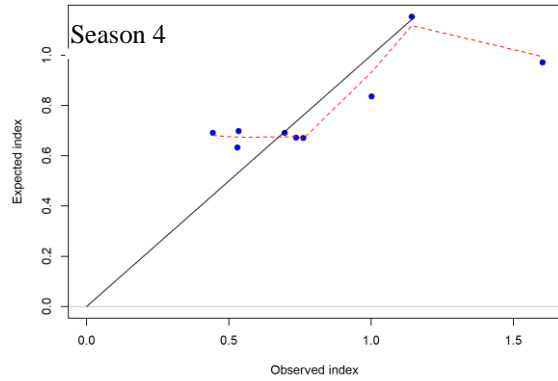
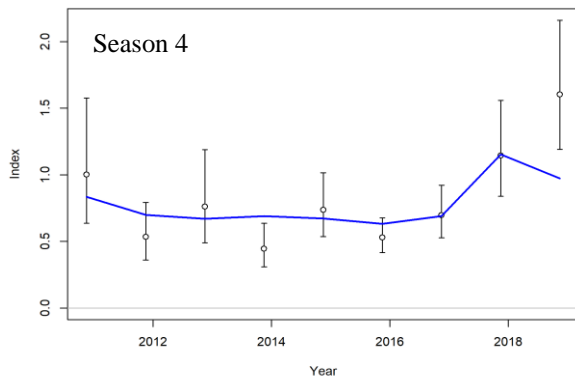
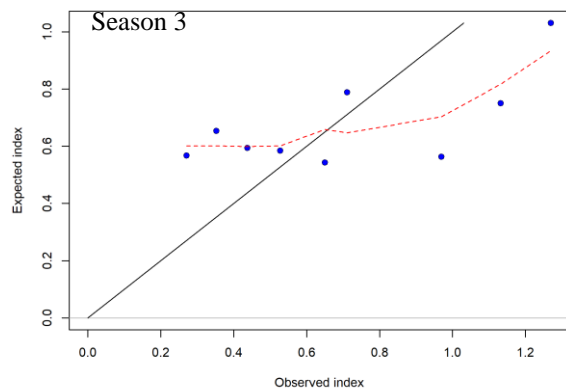
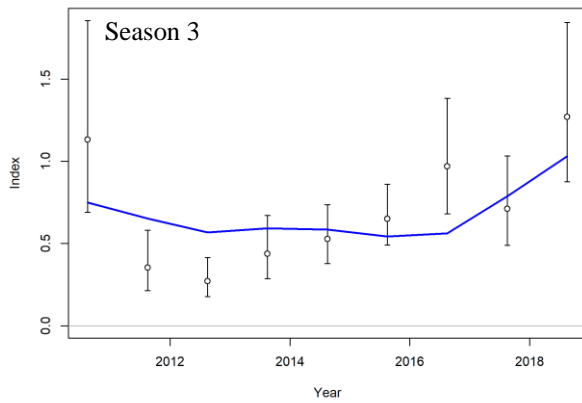
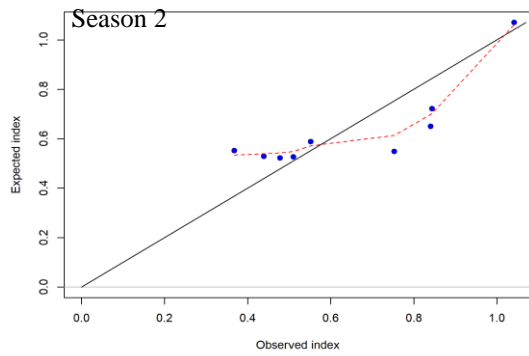
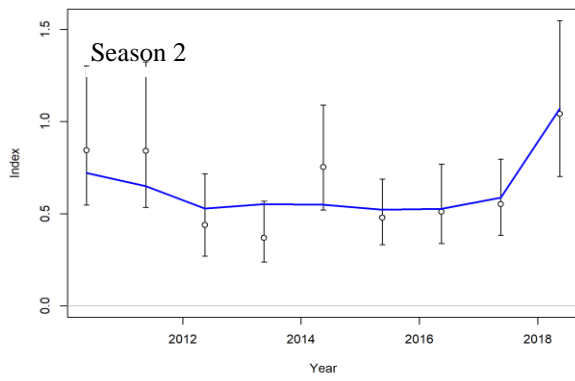


Figure 36– continued from previous page. Fits to indices of abundance for Stock Synthesis Run 4.

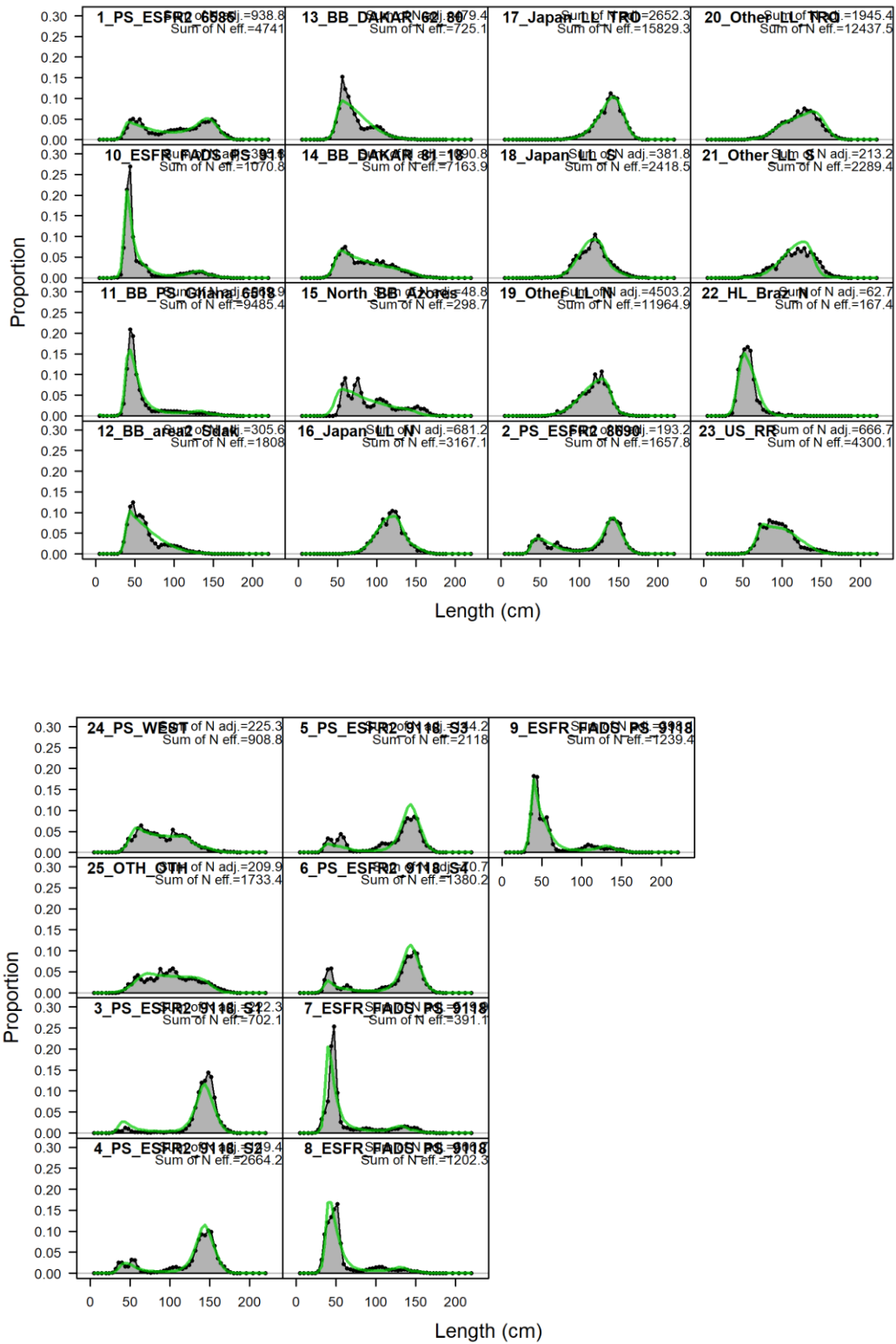


Figure 37. The fits to the length composition, aggregated by fleet for Stock Synthesis Run 1.

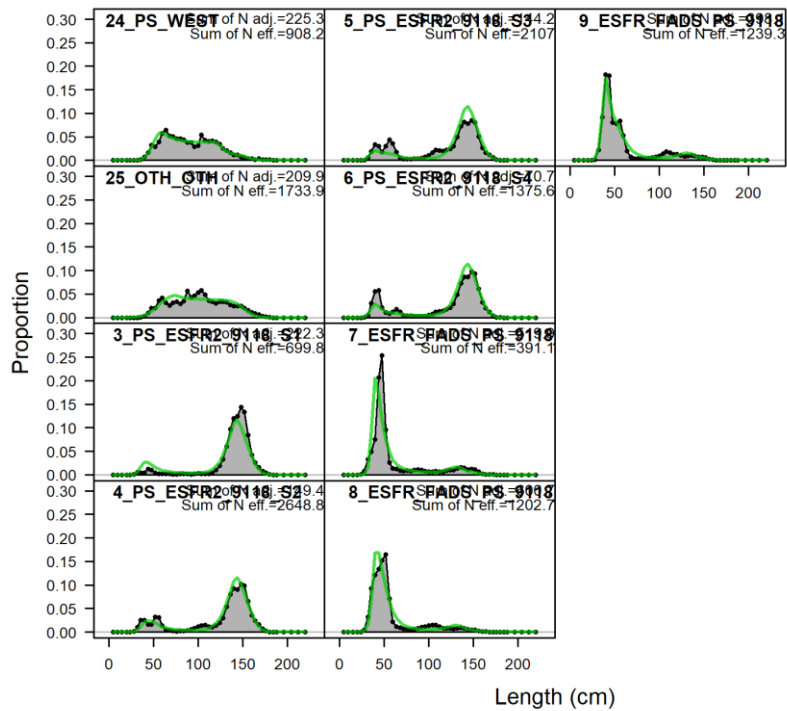
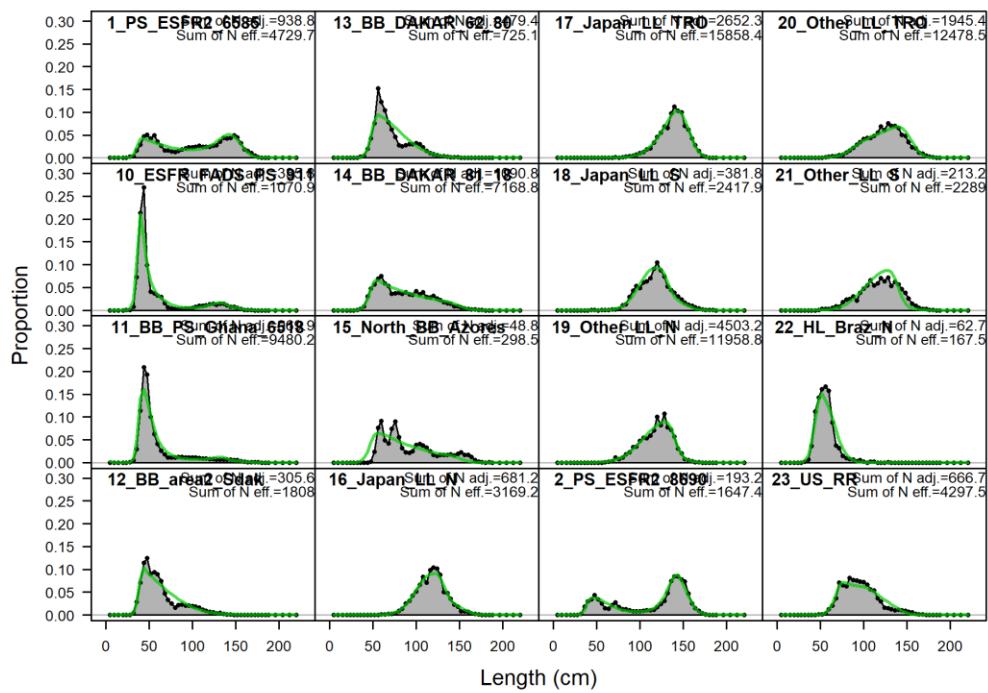


Figure 38. The fits to the length composition, aggregated by fleet for Stock Synthesis Run 2.

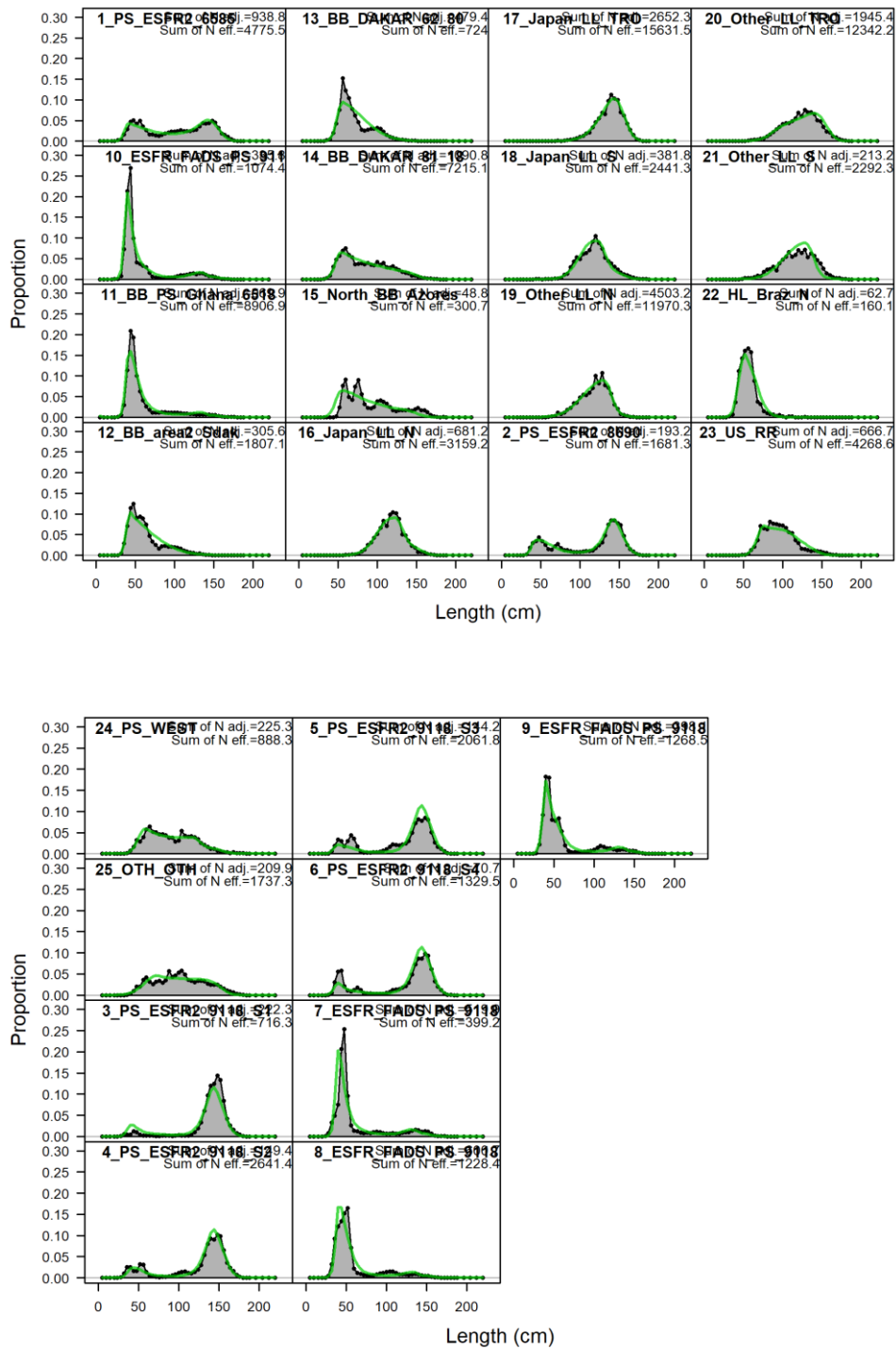


Figure 39. The fits to the length composition, aggregated by fleet for Stock Synthesis Run 3.

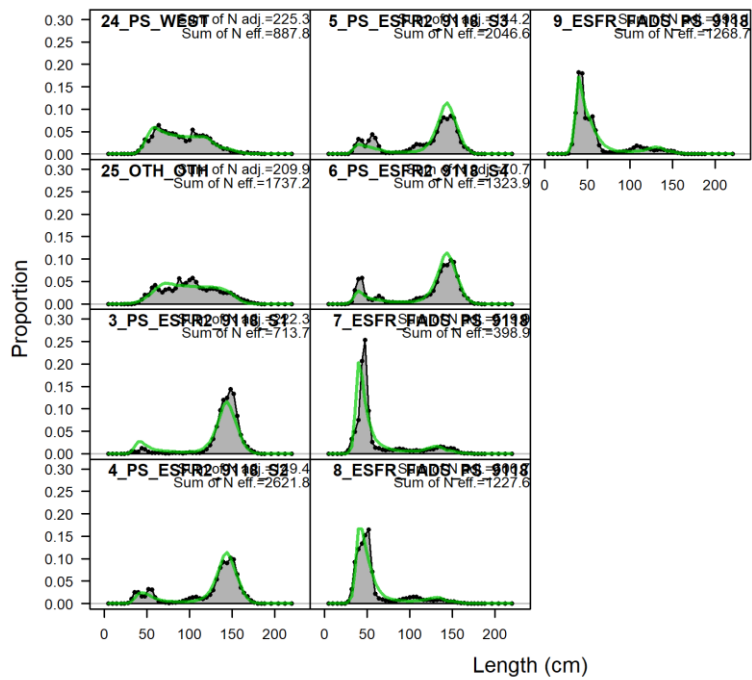
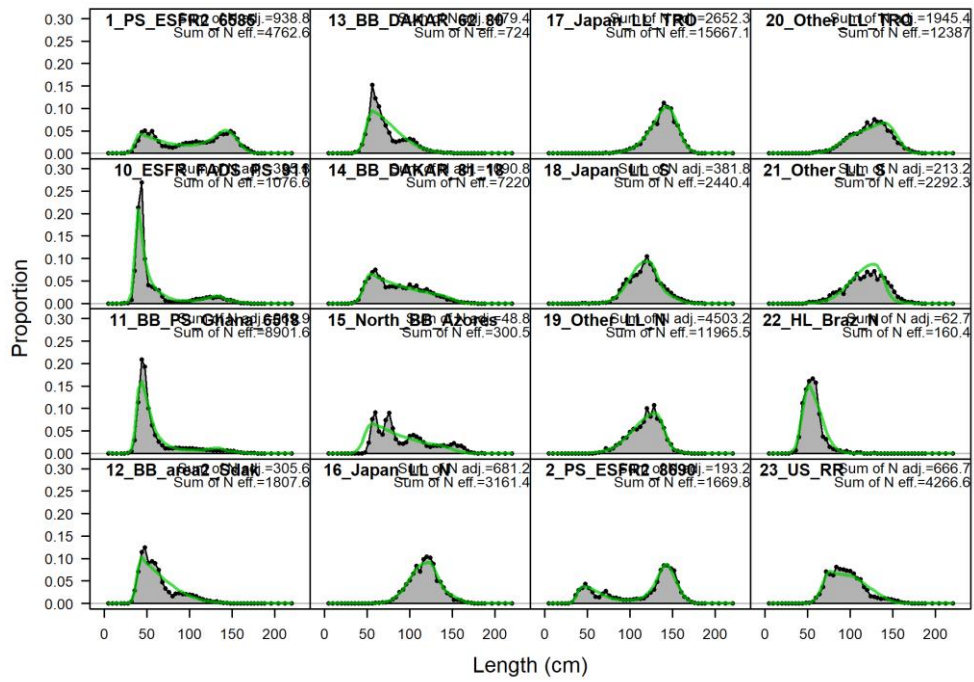


Figure 40. The fits to the length composition, aggregated by fleet for Stock Synthesis Run 4.

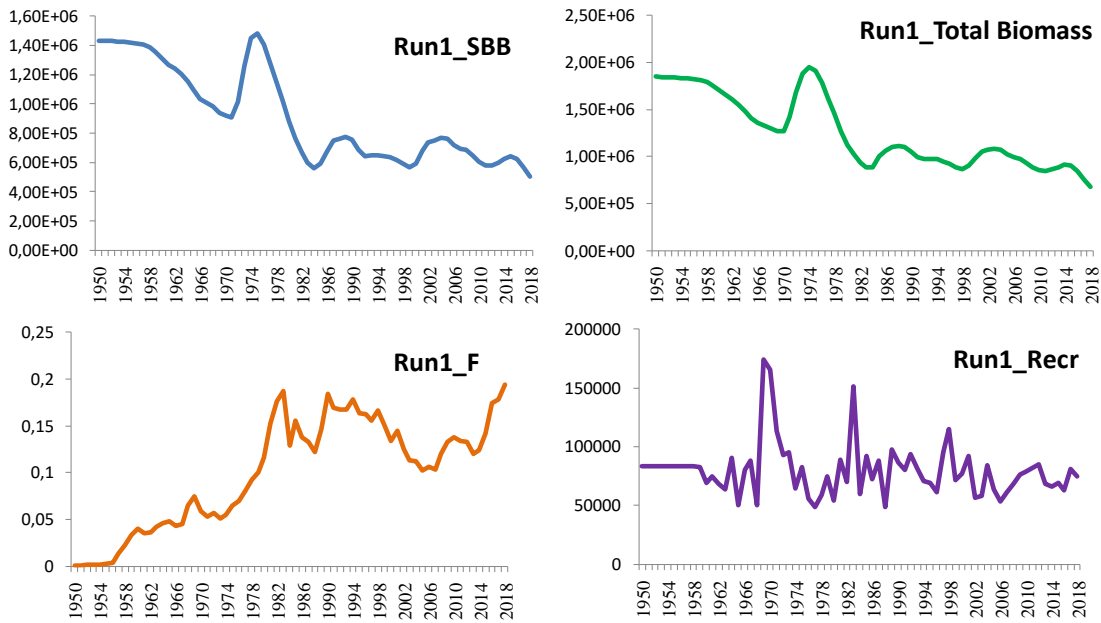


Figure 41. Trends in spawning biomass, total biomass, fishing mortality and recruitment for Stock Synthesis model Run 1.

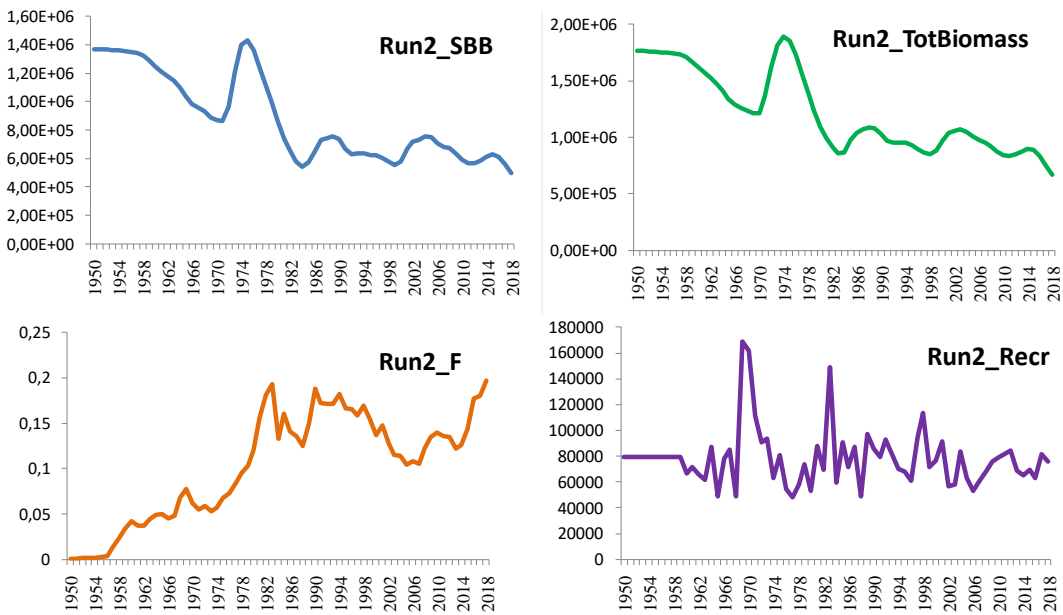


Figure 42. Trends in spawning biomass, total biomass, fishing mortality and recruitment for Stock Synthesis model Run 2.

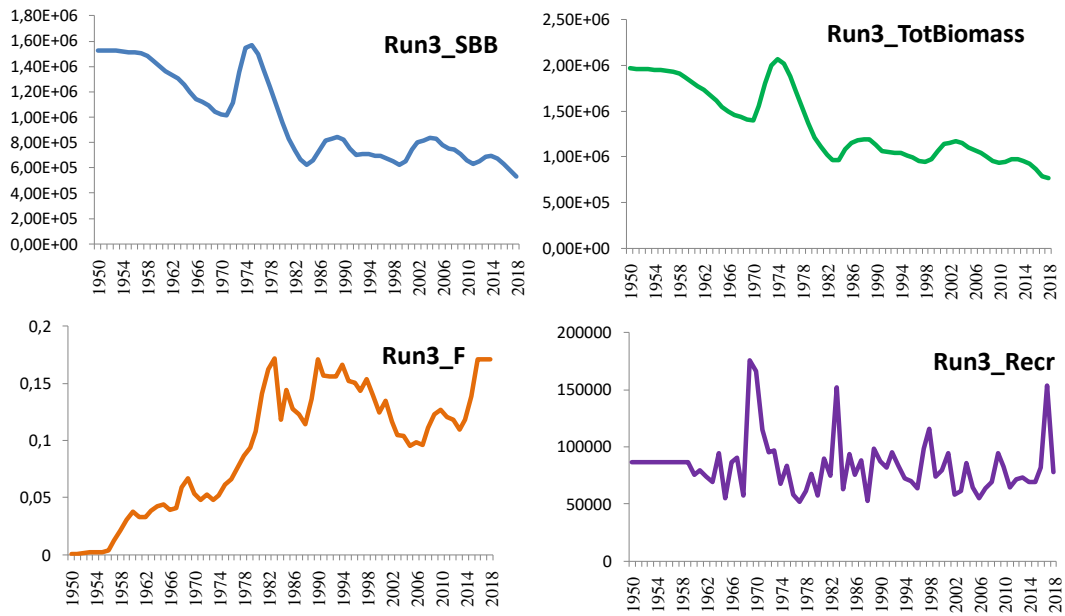


Figure 43. Trends in spawning biomass, total biomass, fishing mortality and recruitment for Stock Synthesis model Run 3.

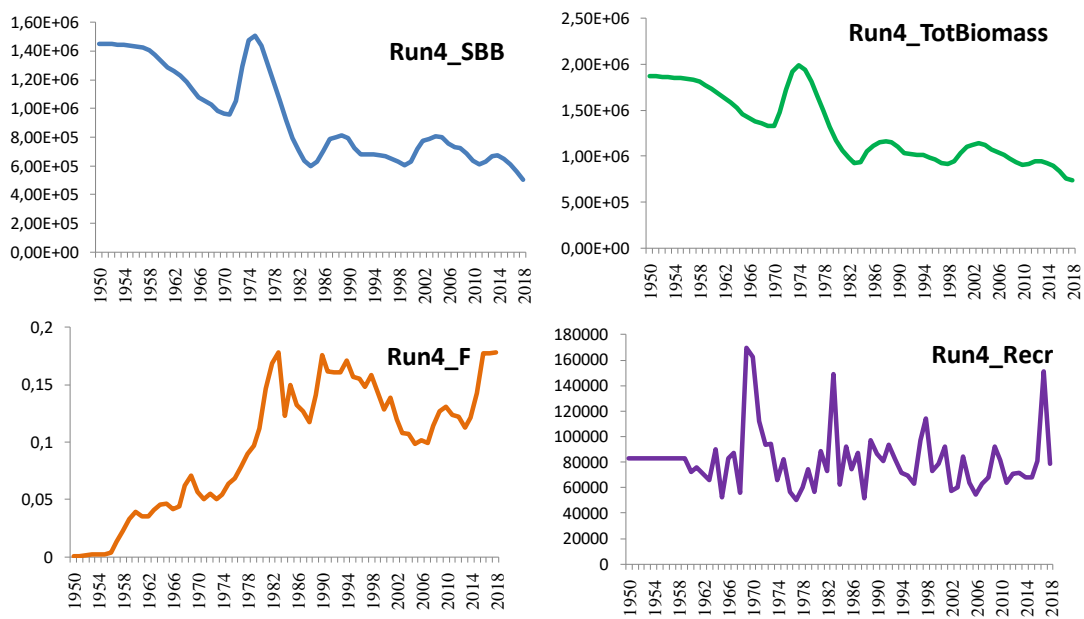


Figure 44. Trends in spawning biomass, total biomass, fishing mortality and recruitment for Stock Synthesis model Run 4

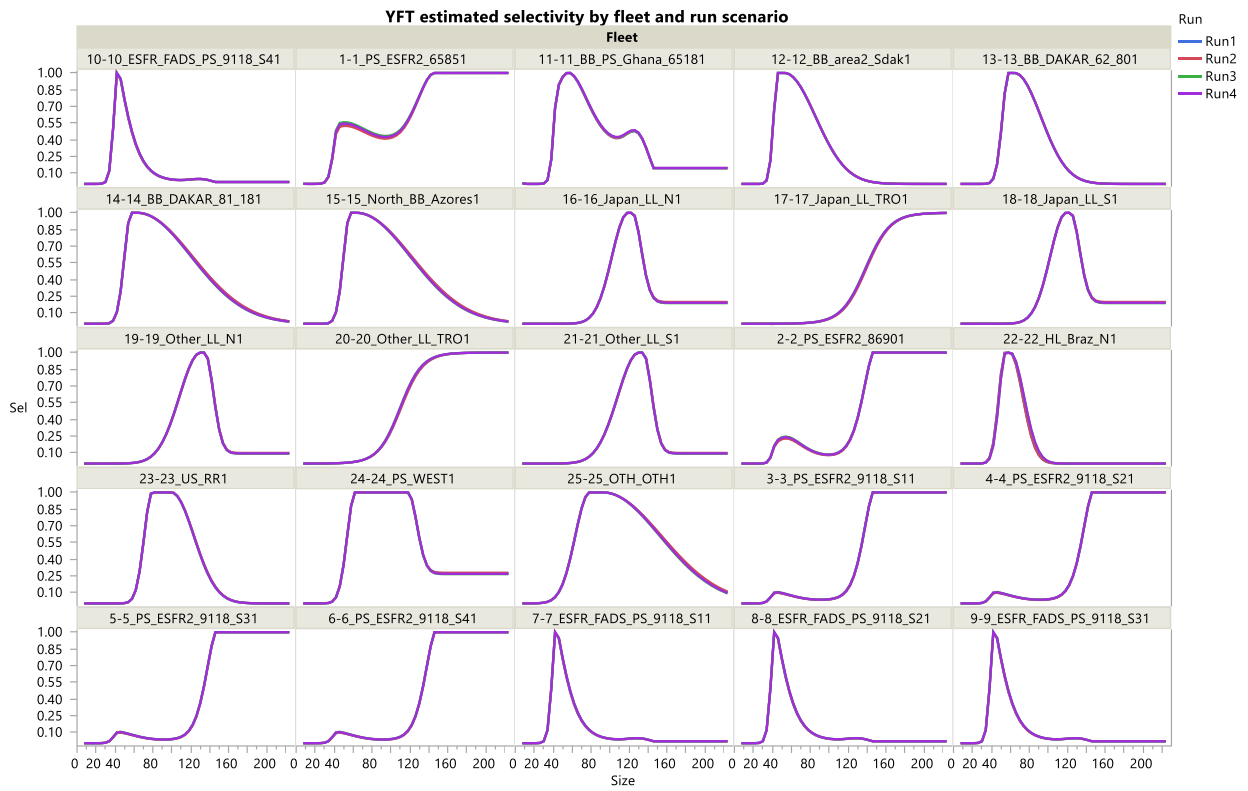
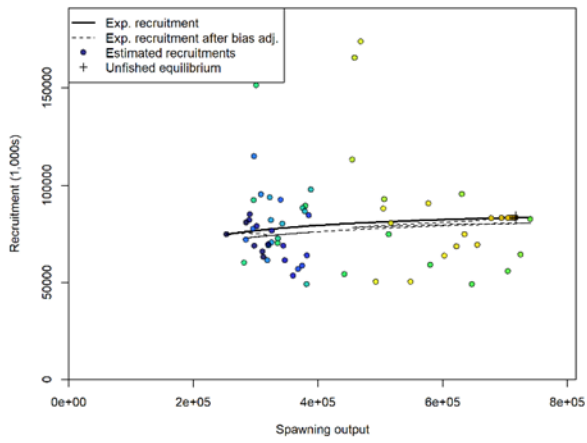
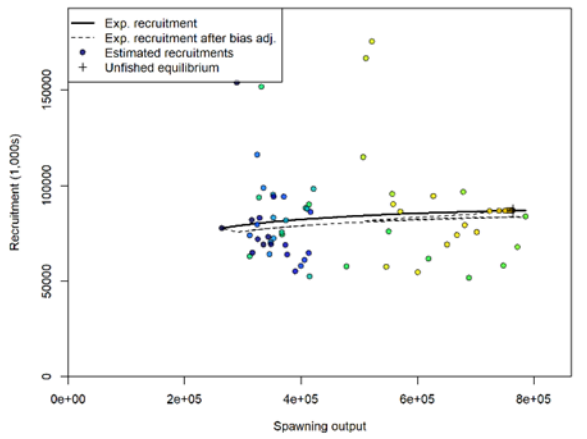
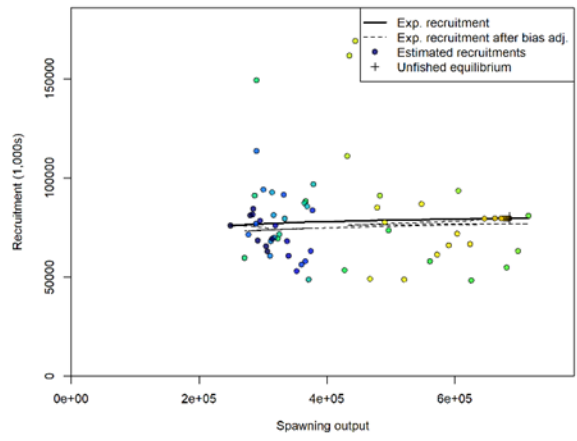


Figure 45. The model estimated selectivity values by fleet ID for the Stock Synthesis runs.

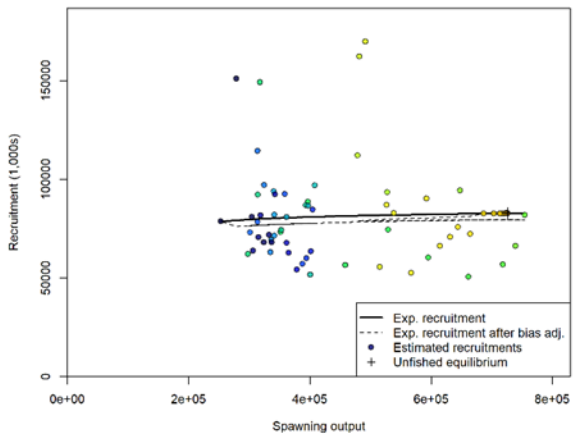
Run 1



Run 2



Run 3



Run 4

Figure 46. The estimated stock recruitment relationships showed little evidence of a relationship between SSB and recruits for the Stock Synthesis runs.

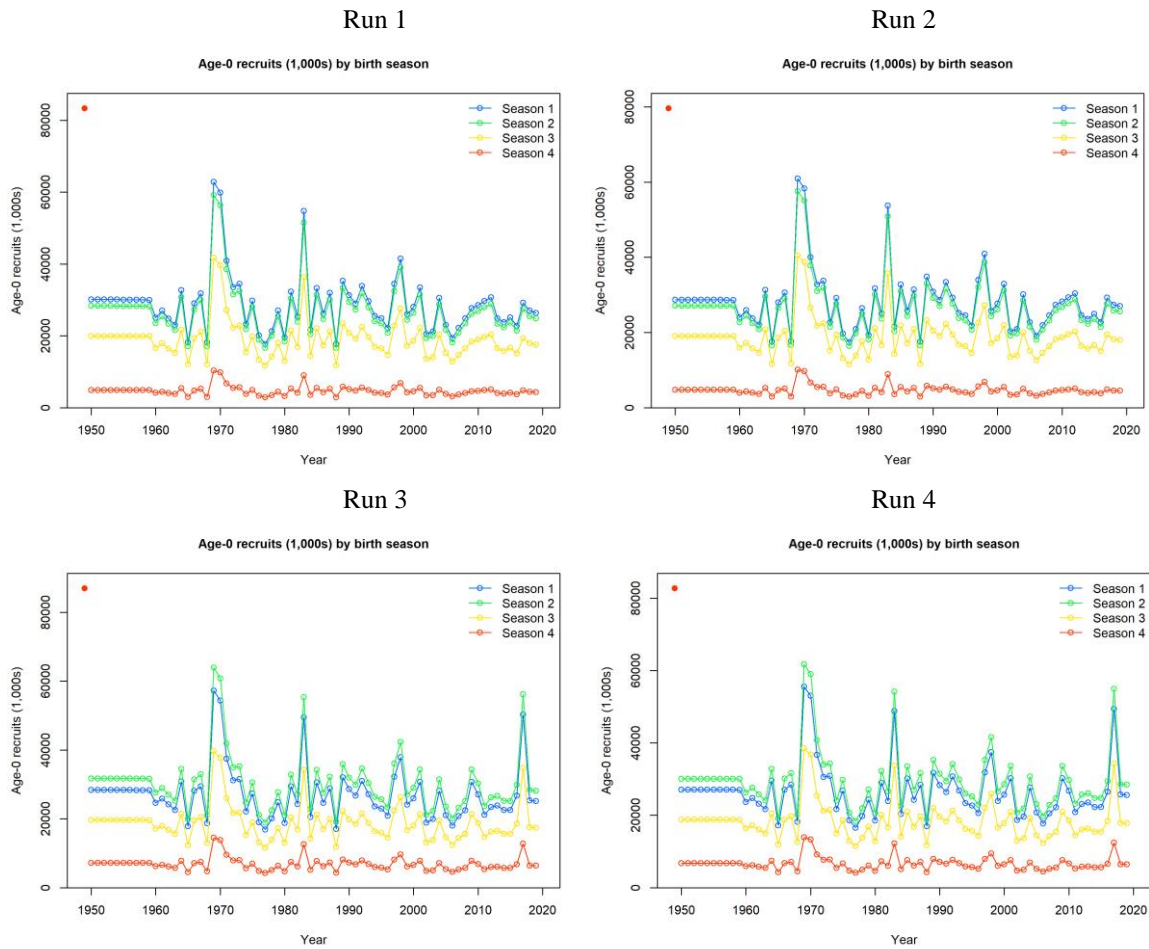


Figure 47. Recruitment by season for the Stock Synthesis runs indicates that the highest fraction of recruits was estimated to be born in seasons 1 and 2 (Jan-June) and the lowest in season 4 (Oct-Dec).

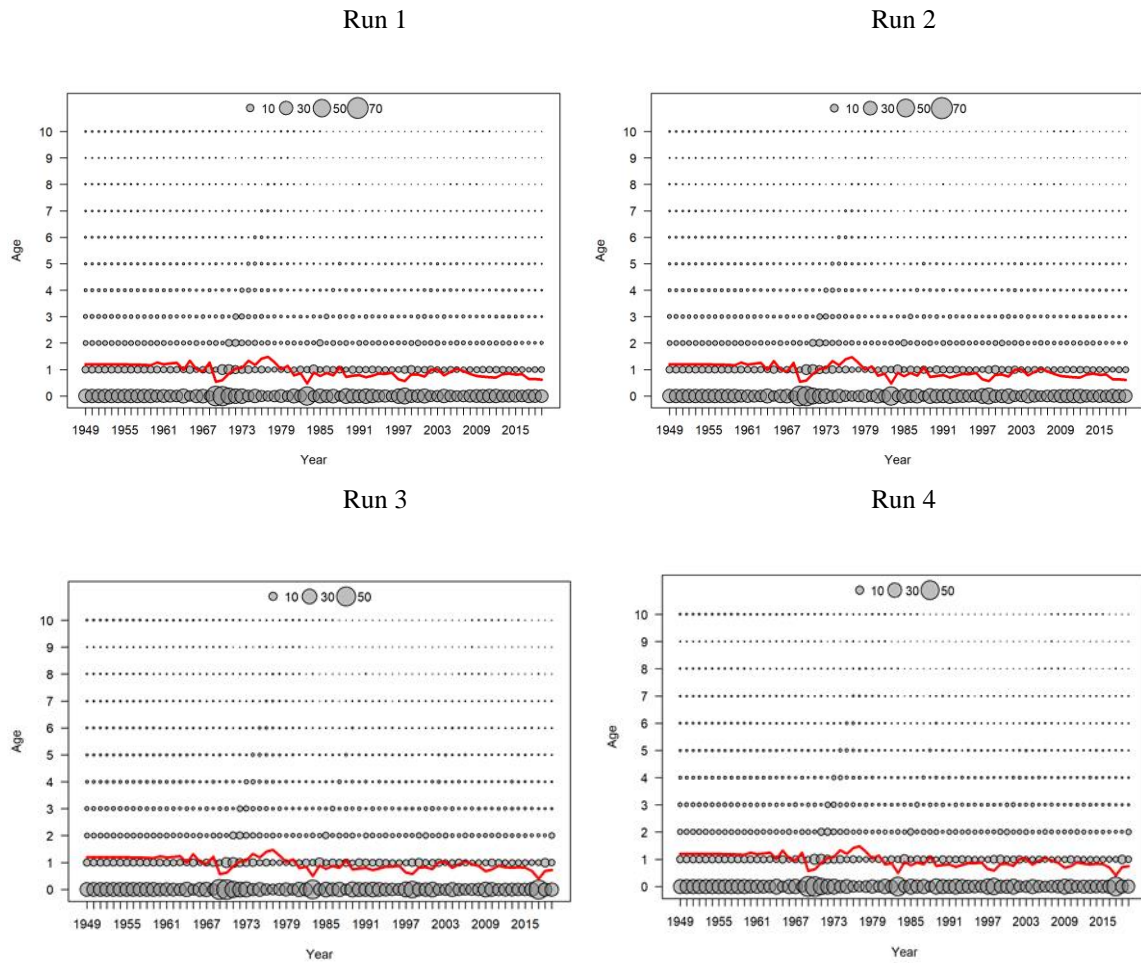


Figure 48. Time series of the numbers at age from Stock Synthesis runs shows little evidence of strong cohort structure and a decline in the mean age in the population over time.

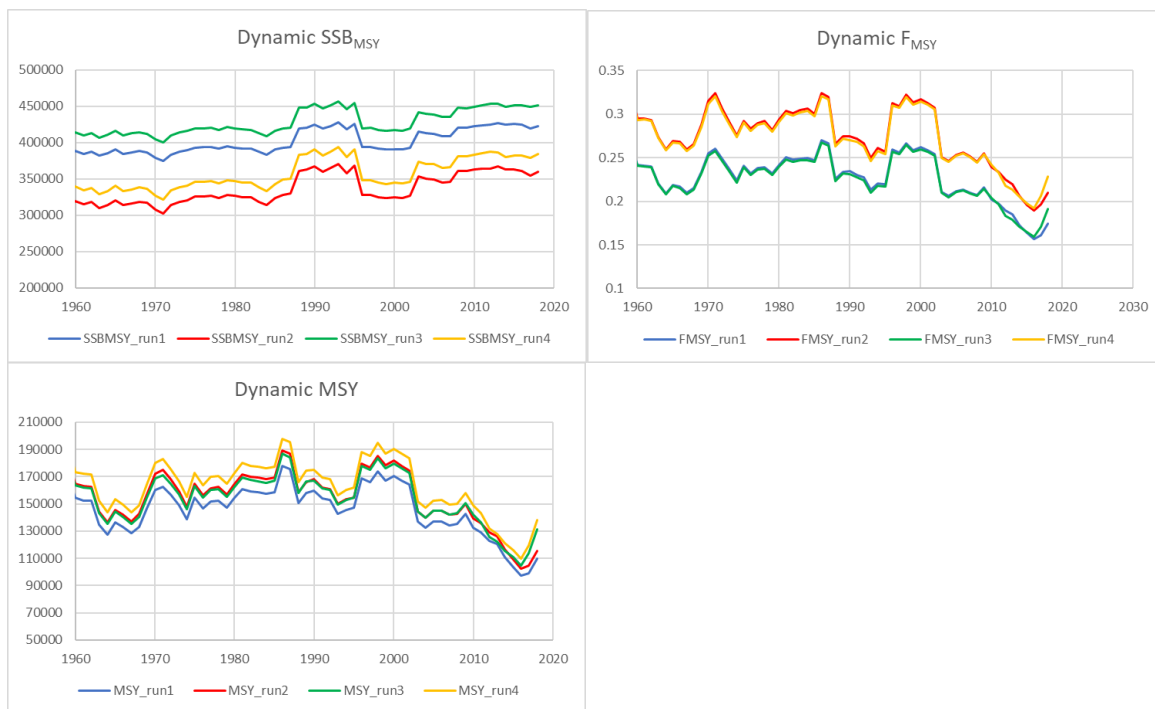


Figure 49. Dynamic SSB_{MSY} , F_{MSY} and MSY for the Stock Synthesis runs.

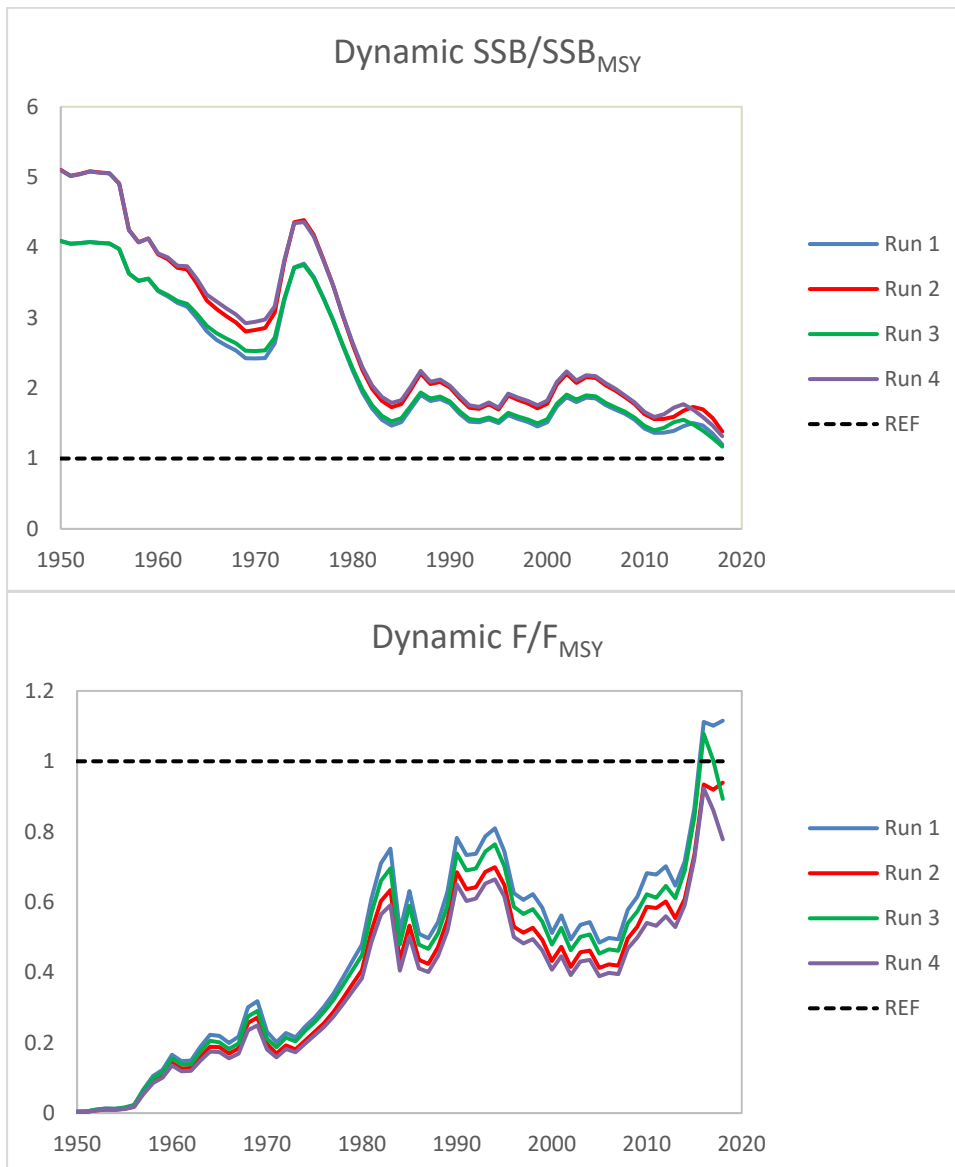


Figure 50. The dynamic SSB/SSB_{MSY} and F/F_{MSY} for the Stock Synthesis runs.

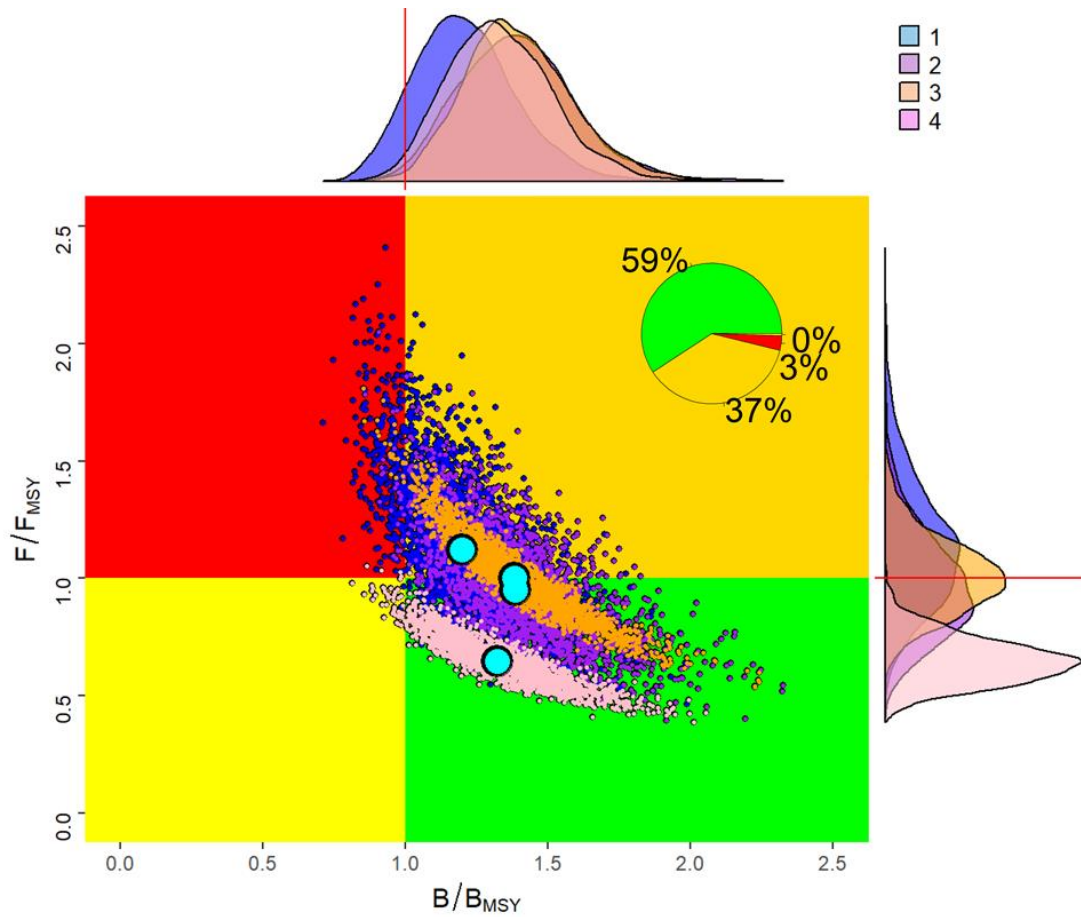


Figure 51. Estimates for 2018 biomass and fishing mortality relative to B_{MSY} and F_{MSY} using 2500 MVN iterations from the Stock Synthesis runs for Atlantic yellowfin stock.

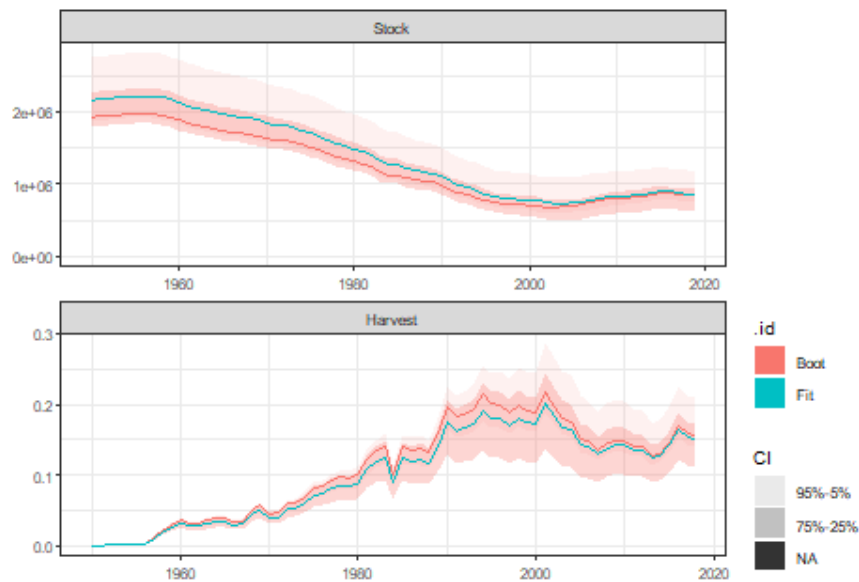


Figure 52. Trajectories of biomass (t) and F for the Atlantic yellowfin tuna Reference Case from MPB. Green and red lines show the model fit and the median of 500 bootstrapped iterations, respectively. The shade areas represent the 95% confidence interval.

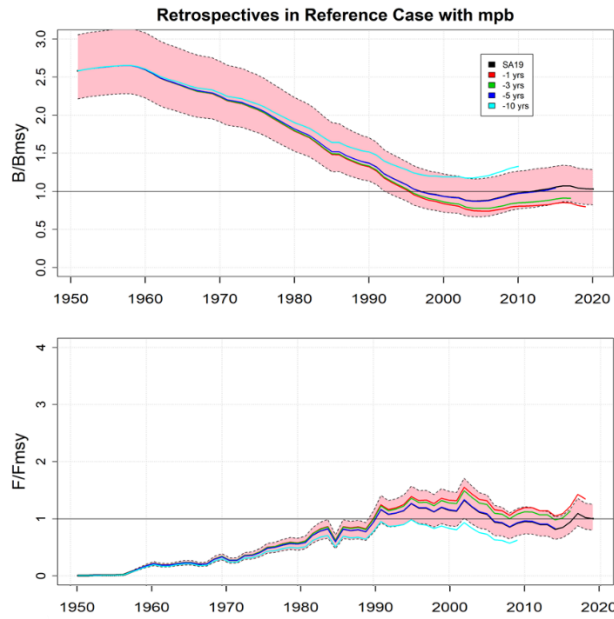


Figure 53. Retrospective analysis. Trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} from the Atlantic yellowfin tuna for the Reference Case and retrospective analysis. Black, red, green, blue, and skyblue lines show the Reference Case, retrospective -1, -3, -5, and -10 years, respectively. The shade areas represent the 95% confidence interval.

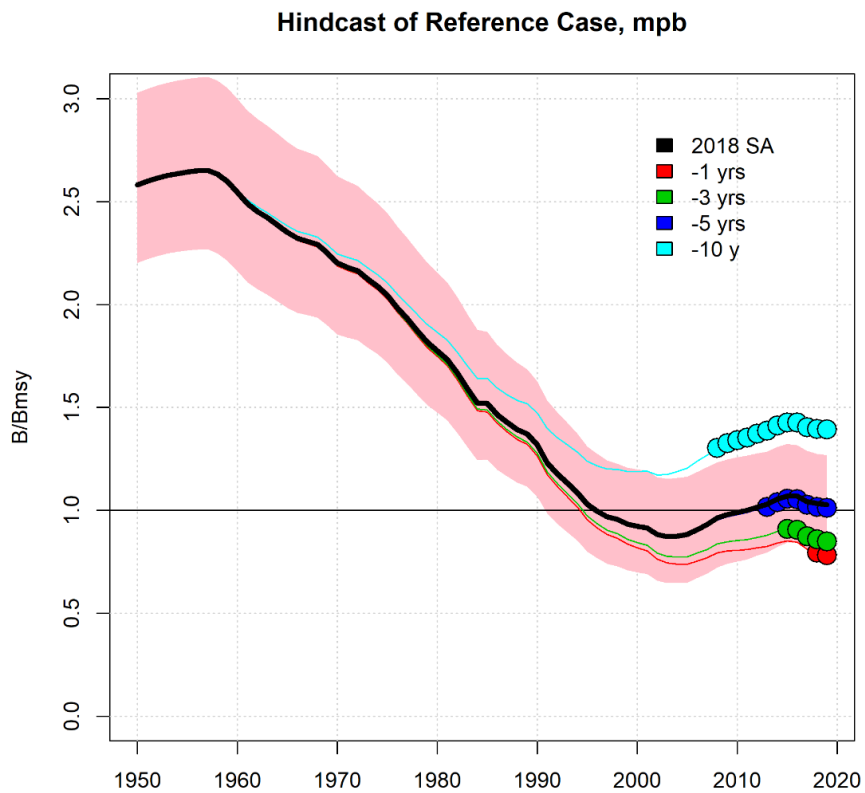


Figure 54. Forward projection of relative biomass from the retrospective runs for the MPB model compare to the reference case (2018 SA, terminal year of stock assessment) including the 80% confidence bounds (shade area).

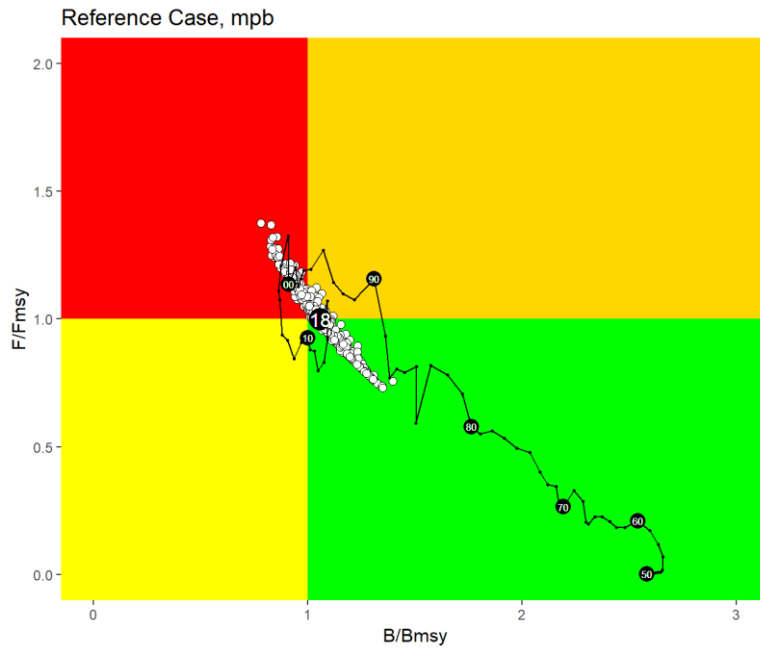


Figure 55. Estimated median historical trend of Atlantic yellowfin stock using the MPB-Reference Case (black line). 500 bootstraps for 2018 of biomass and fishing mortality relative to B_{MSY} and F_{MSY} . Top-right panel: Estimated probabilities of the stock in 2018 being in each of the Kobe plot quadrants estimated from the 500 bootstrapped iterations.

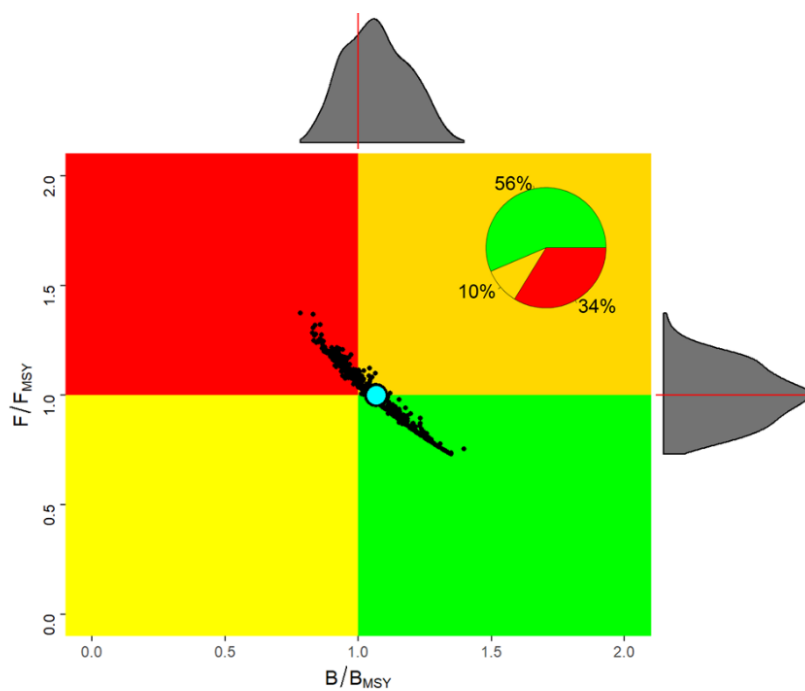


Figure 56. Estimated for 2018 biomass and fishing mortality relative to B_{MSY} and F_{MSY} using 500 bootstrapped iterations from MPB for Atlantic yellowfin stock showing the marginal density of the estimates.

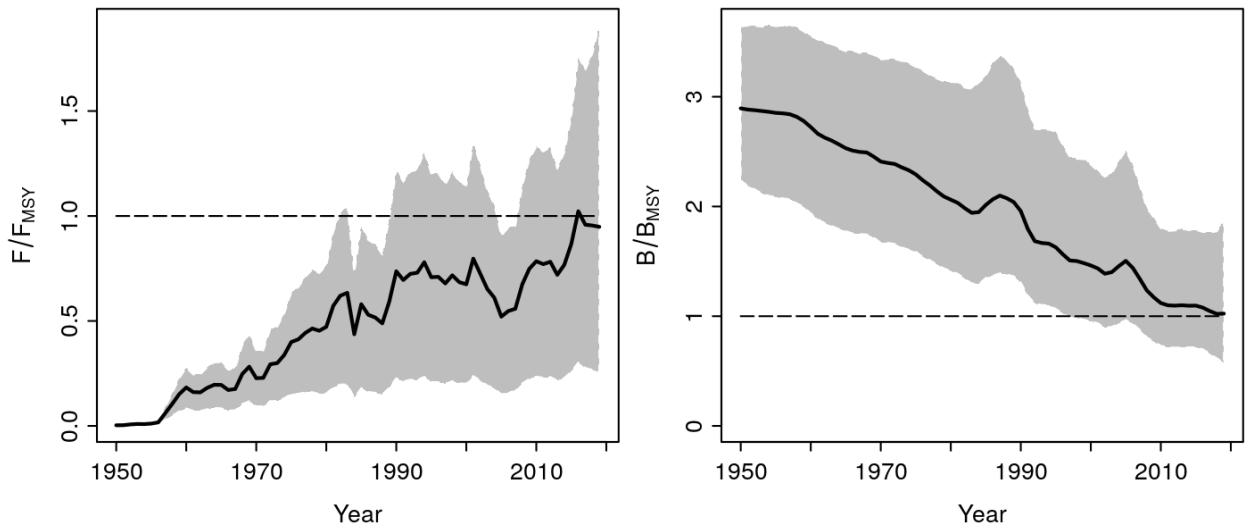


Figure 57. Trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} predicted from posteriors from the JABBA Reference Base Case for Atlantic yellowfin stock. Grey shade areas represent the 95% credibility interval.

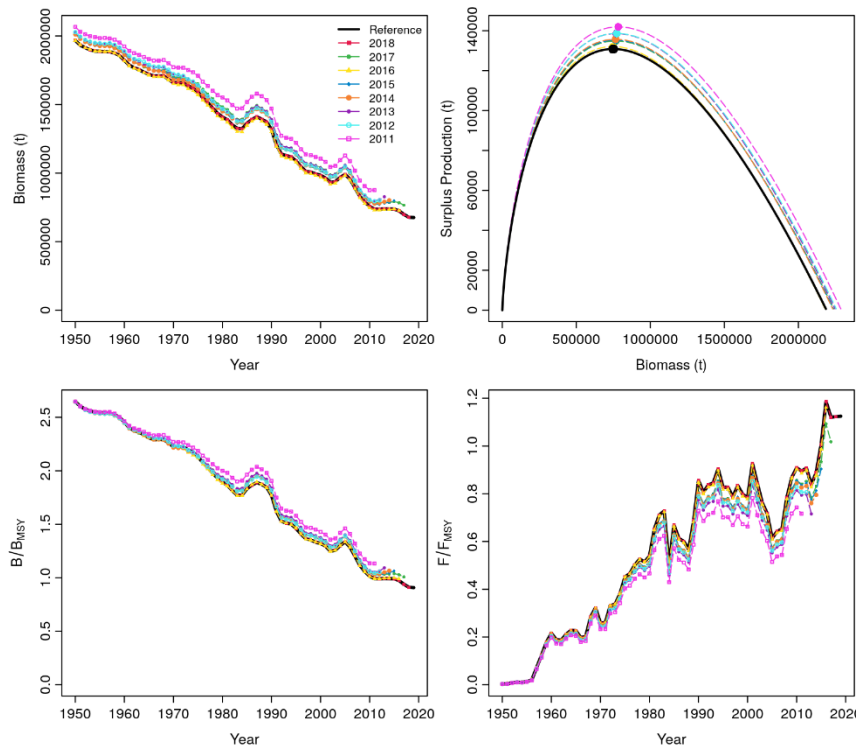


Figure 58. Retrospective analysis for stock biomass (t), surplus production function (maximum = MSY), B/B_{MSY} and F/F_{MSY} shown for the JABBA Reference Base Case. The label “Reference” indicates the model fits and associated 95% CIs. The numeric year label indicates the retrospective results, sequentially excluding CPUE data back to 2011.

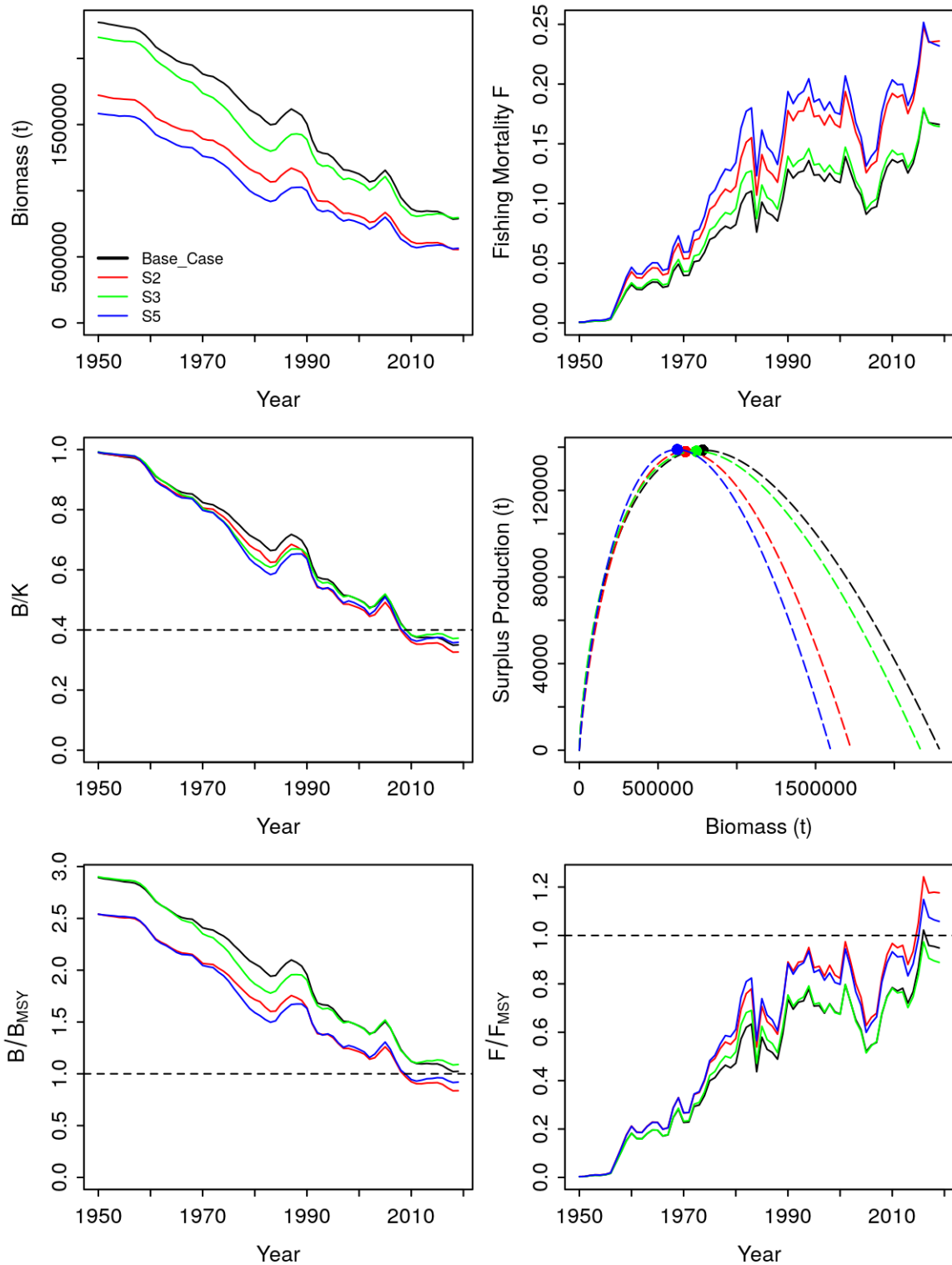


Figure 59. Trends in biomass and fishing mortality (upper panels), biomass relative to K (B/K) and surplus production curve (middle panels) and biomass relative to B_{MSY} (B/B_{MSY}) and fishing mortality relative to F_{MSY} (F/F_{MSY}) (bottom panels) for each scenario from the JABBA Reference Base Case (black), S2 (red), S3 (green), and S5 (blue) for Atlantic yellowfin tuna.

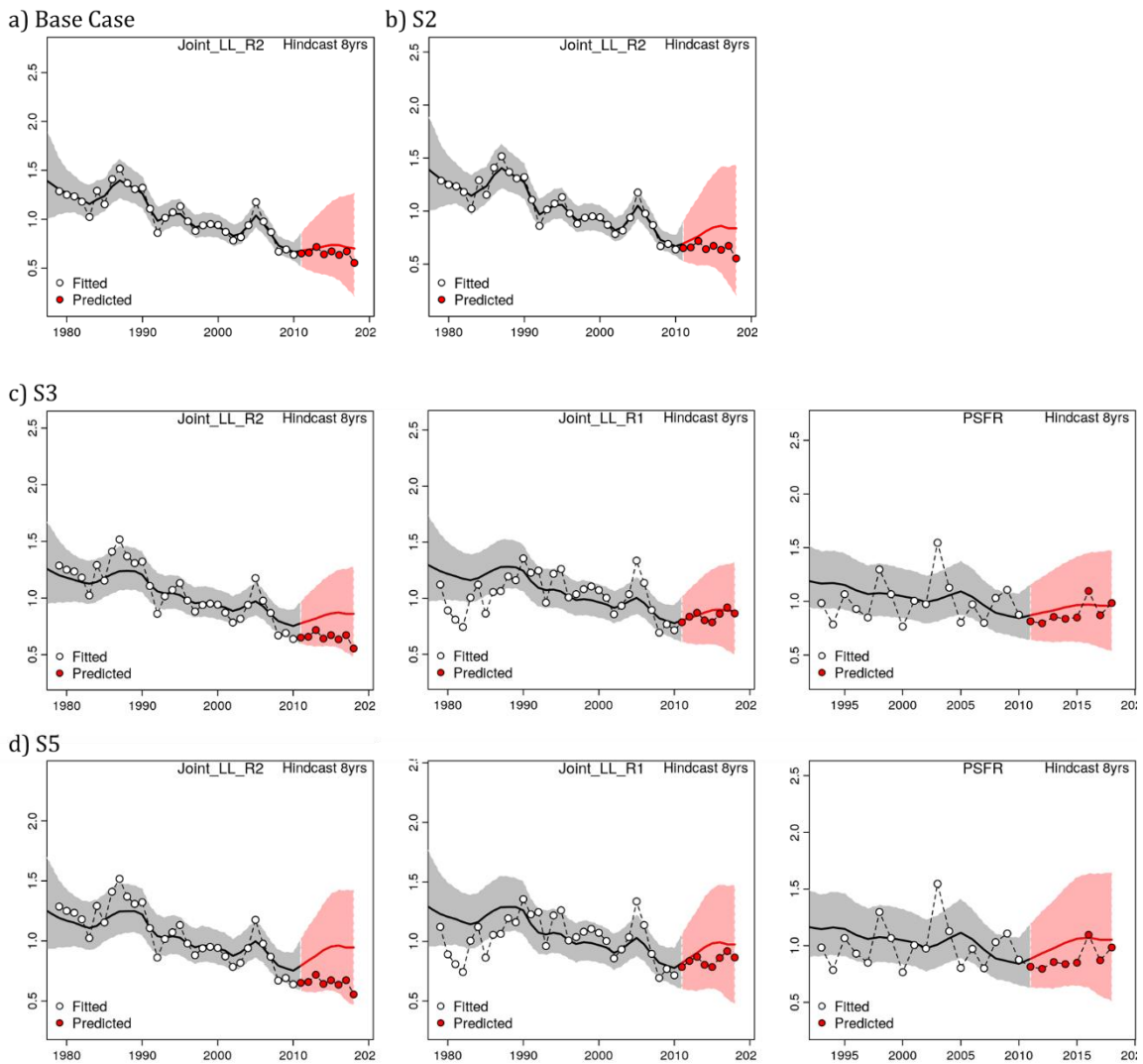


Figure 60. The predicted abundance indices for (none fitted) hindcasting periods of 8 years fitted for the four JABBA Reference Cases (a: Base Case, b: S2, c: S3, and d: S5) for Atlantic yellowfin stock. Predicted mean CPUE and 95% CIs are denoted by black lines with grey shaded area and red lines with red shaded areas for the fitted and hindcasting years, respectively.

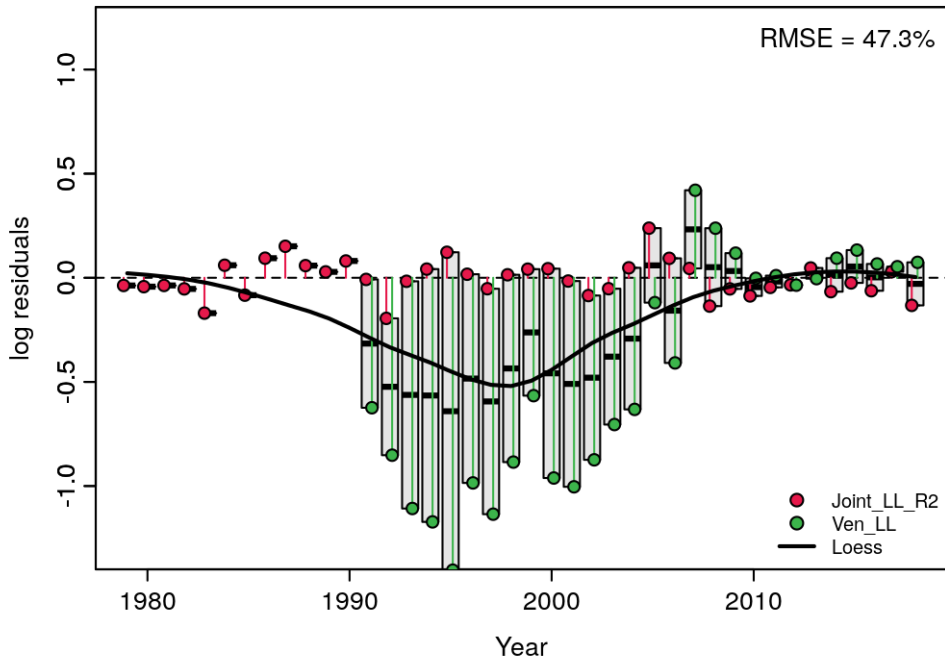


Figure 61. JABBA residual diagnostic plots for sensitivity analysis of Venezuelan longline index examined for each scenario for Atlantic yellowfin tuna. Boxplots indicate the median and quantiles of all residuals available for any given year, and solid black lines indicate a loess smoother through all residuals.

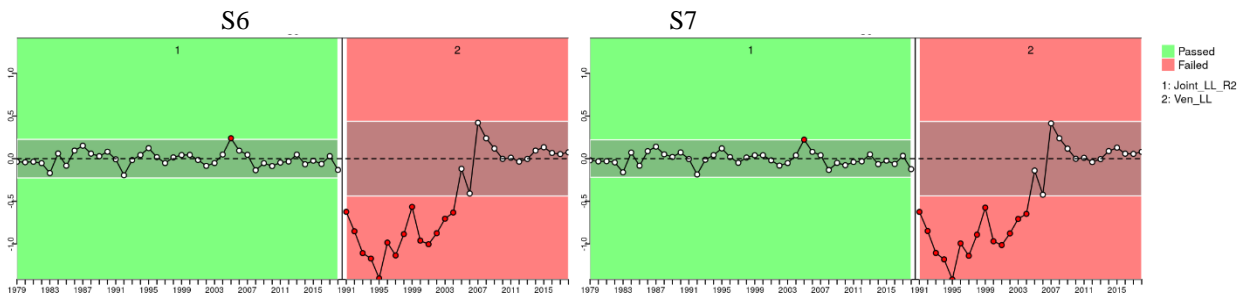


Figure 62. Runs tests to quantitatively evaluate the diagnostic test of randomness for the time series of CPUE residuals by fleet for each scenario. Red panels indicate the lack of randomness for the time-series residuals ($p < 0.05$) while green panels indicate the opposite. The inner shaded area shows three standard errors from the overall mean and red circles identify a specific year with residuals greater than this threshold value (3x sigma rule).

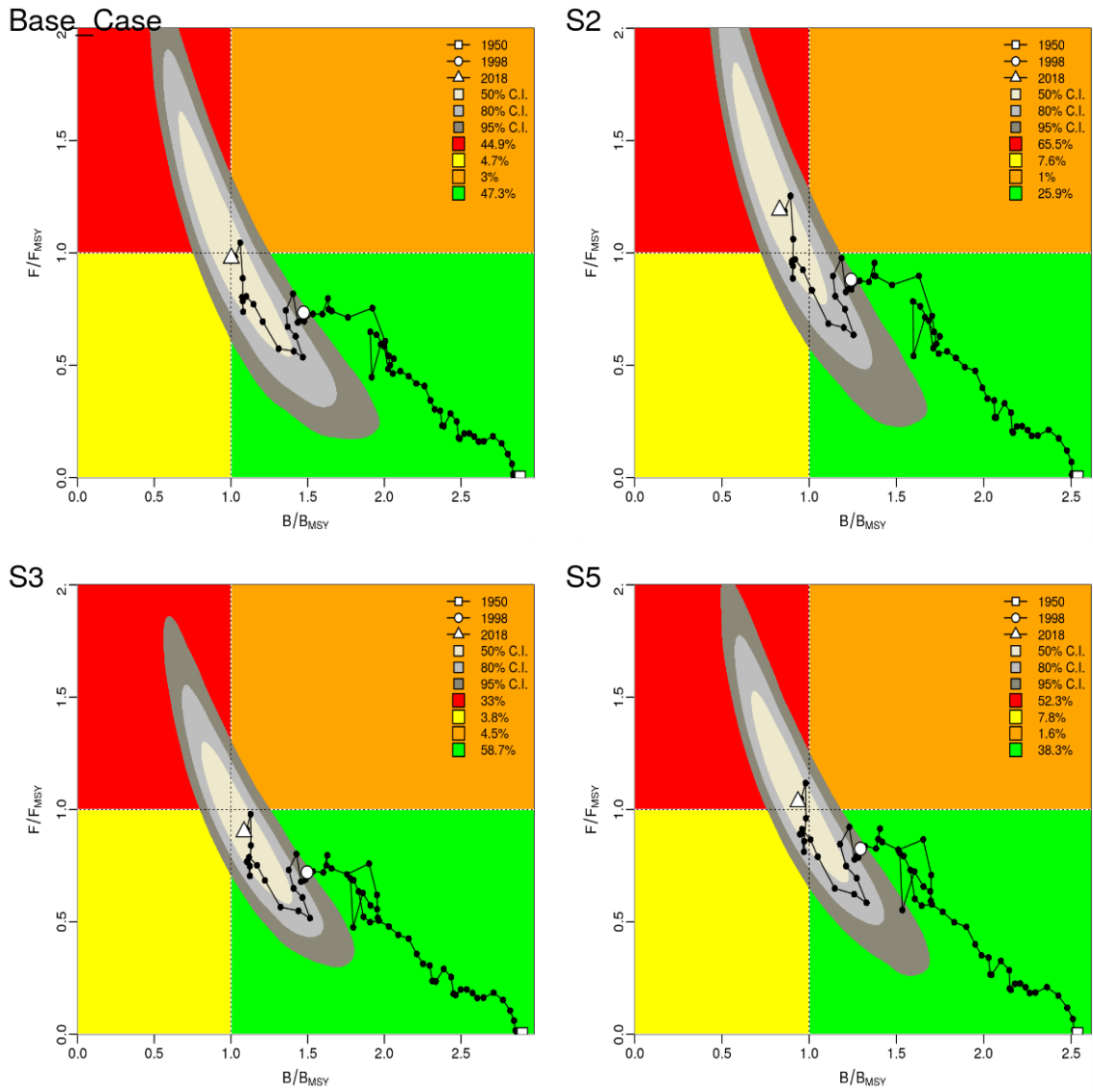


Figure 63. Kobe phase plot of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} for the terminal assessment year 2018 for Atlantic yellowfin stock from each JABBA Reference Case (Base Case, S2, S3, and S5) showing the marginal density of the estimates from 10000 MCMC iterations. The probability of the terminal year points falling within each quadrant is indicated in the figure legend.

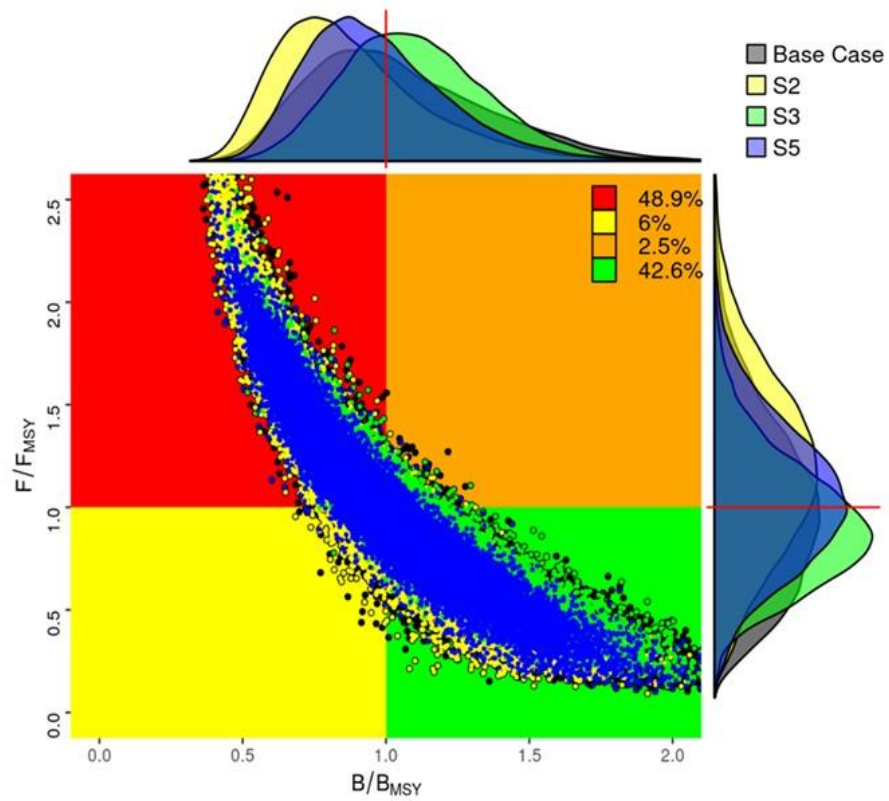


Figure 64. Combined Kobe phase plot of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} for the terminal assessment year 2018 for Atlantic yellowfin stock from the JABBA all Reference Cases (gray: Base Case, yellow: S2, green: S3, and blue: S5) showing the marginal density of the estimates from 10000 MCMC iterations in each model. The probability of the terminal year points falling within each quadrant is indicated in the figure legend.

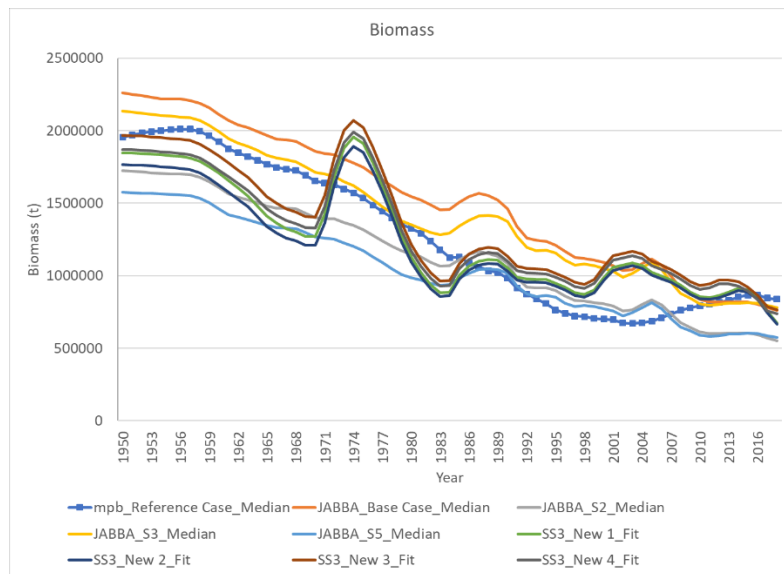


Figure 65. Estimates of total biomass obtained for all model runs used to develop the management advice.

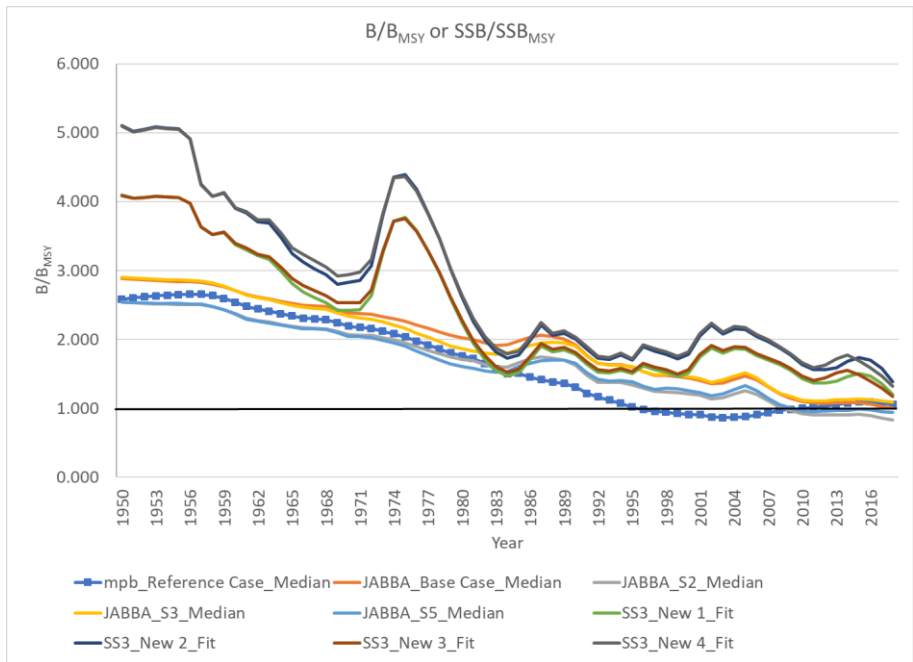


Figure 66. Estimates of relative Biomass B/B_{msy} obtained for all model runs used to develop the management advice.

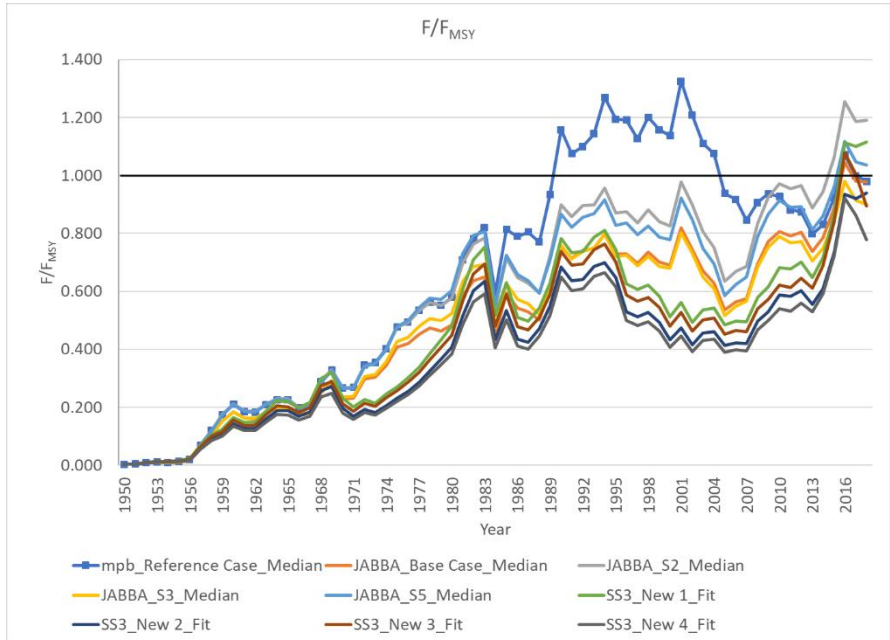


Figure 67. Estimates of relative fishing mortality F/F_{msy} obtained for all model runs used to develop the management advice.

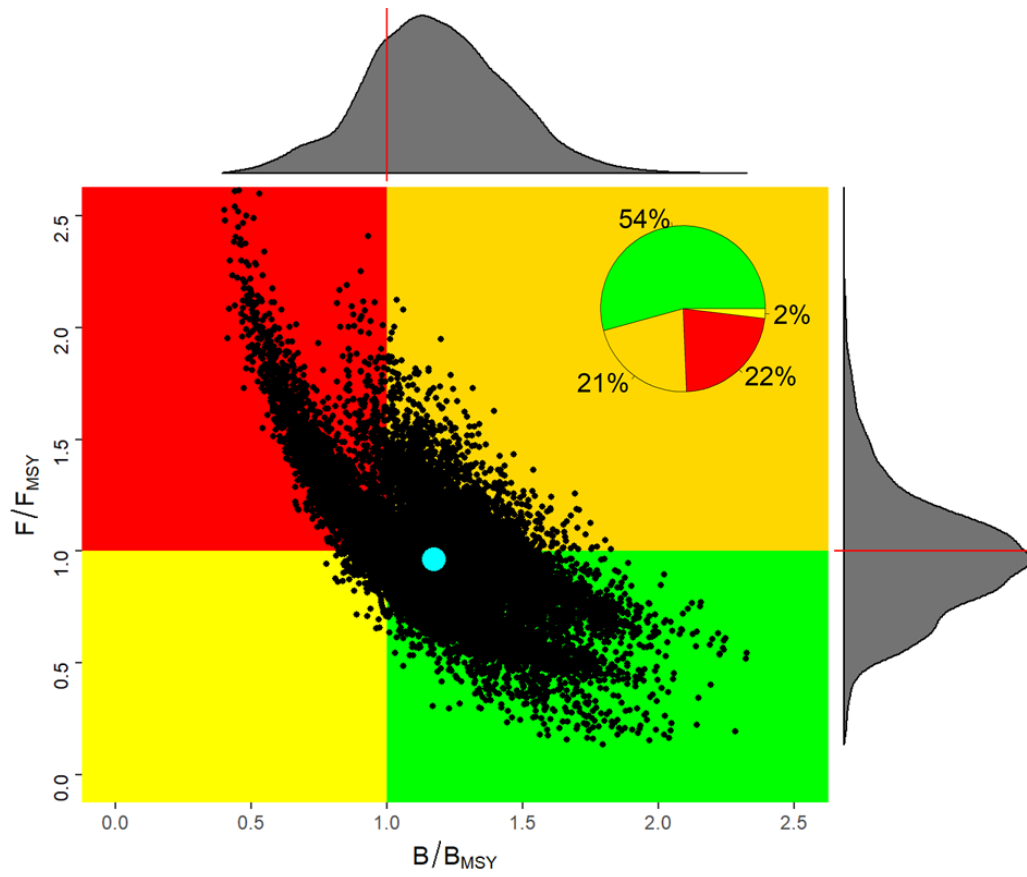


Figure 68. Kobe plot estimated from the combination of stock synthesis, JABBA and MPB model runs chosen to develop the management advice.

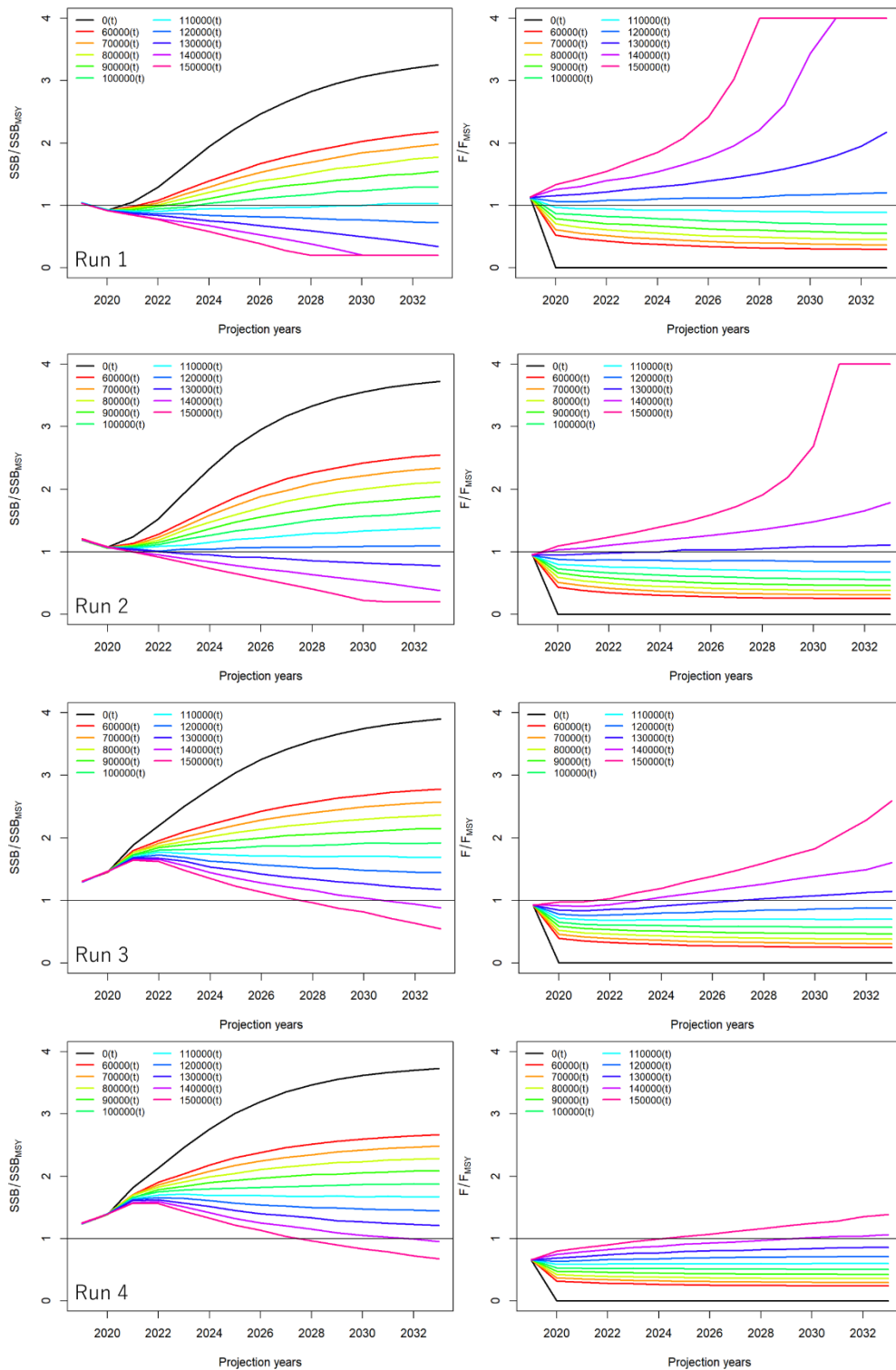


Figure 69. Trends of projected relative biomass (left panel, B/B_{MSY}) and fishing mortality (right panel, F/F_{MSY}) of Atlantic yellowfin stock under different TAC scenarios (0, 60000 – 150000 t) from SS3 uncertainty grid runs (Run 1, Run 2, Run 3, and Run 4). Each line represents the median of 10000 MVN iterations by projection year.

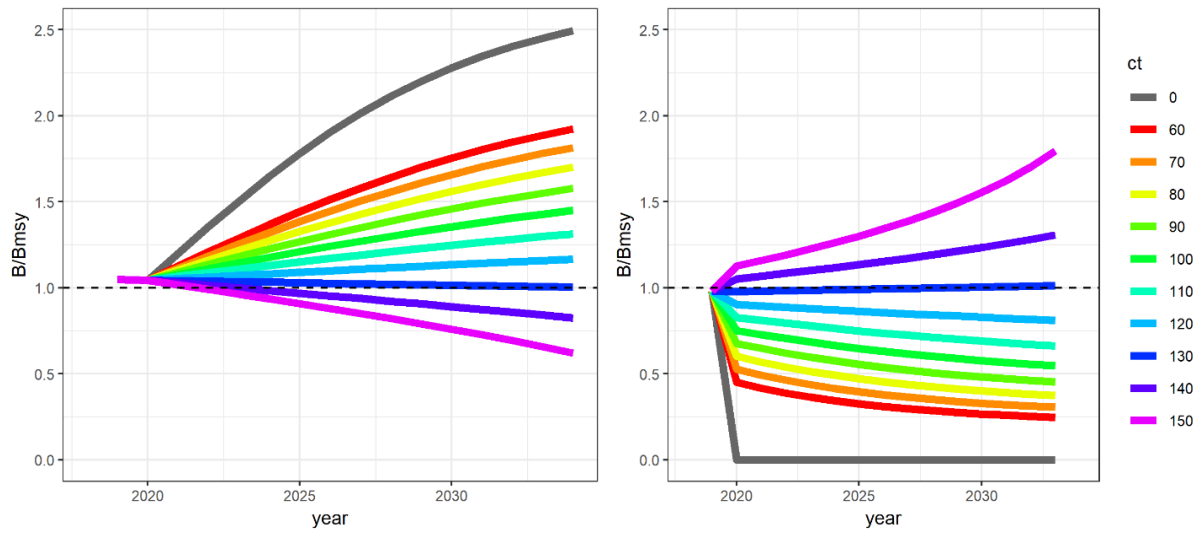


Figure 70. Trends of projected relative biomass (left panel, B/B_{MSY}) and fishing mortality (right panel, F/F_{MSY}) of Atlantic yellowfin stock under different TAC scenarios (0, 60,000 – 150,000 t) from MPB Reference Case. Each line represents the median of 500 bootstrap iterations by projected year.

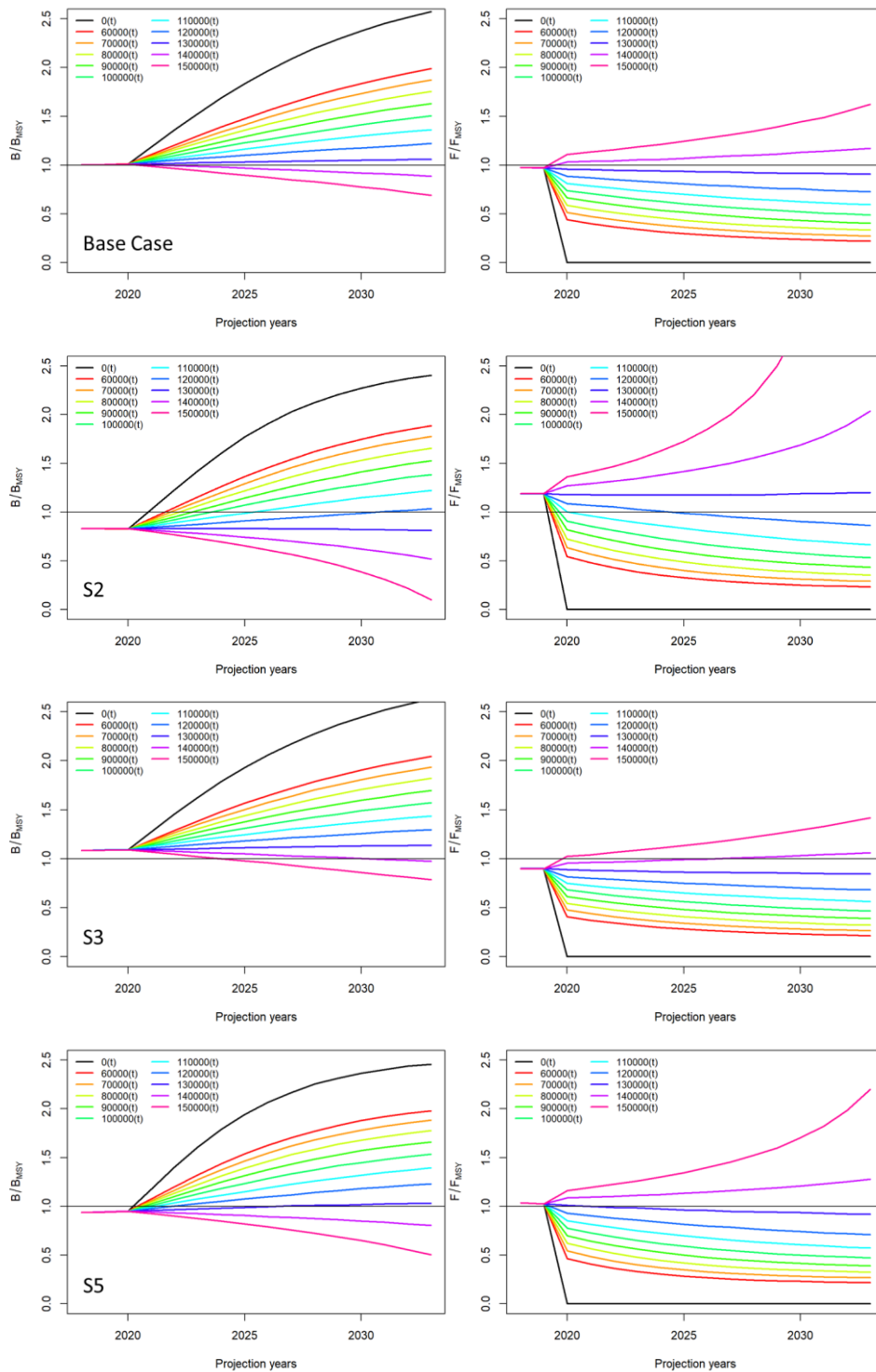


Figure 71. Trends of projected relative biomass (left panel, B/B_{MSY}) and fishing mortality (right panel, F/F_{MSY}) of Atlantic yellowfin stock under different TAC scenarios (0, 60,000 – 150,000 t) from JABBA Reference Cases (Base Case, S2, S3, and S5). Each line represents the median of 36000 MCMC iterations by projected year.

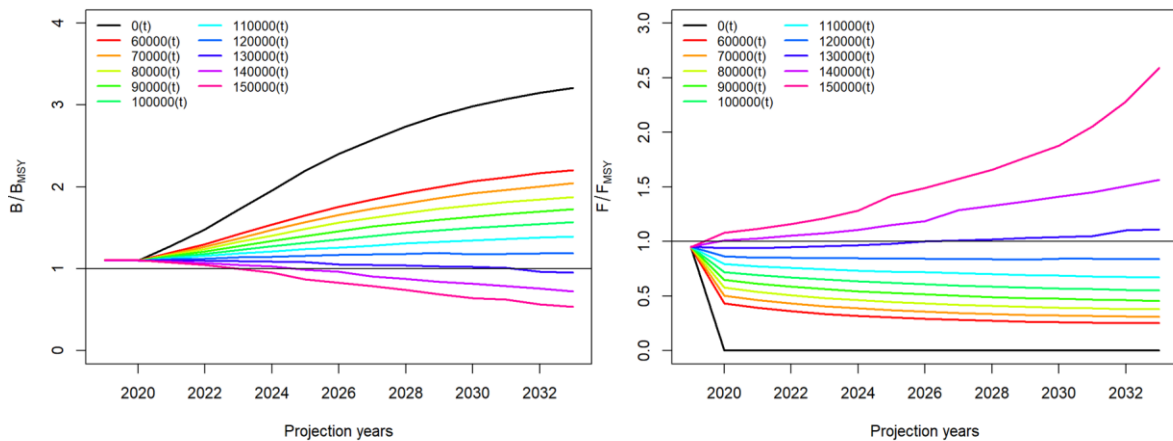


Figure 72. Trends of projected relative biomass (left panel, B/B_{MSY}) and fishing mortality (right panel, F/F_{MSY}) of Atlantic yellowfin stock under different TAC scenarios (0, 60000 – 150000 t) from JABBA, MPB, and SS3 using 9 runs (JABBA (Base Case, S2, S3, and S5), MPB, Stock Synthesis (runs 1-4)). Each line represents the median of 20000 iterations by projected year. This result was used to develop the management advice of Atlantic YFT stock

PHASE and TASK		2018						2020						2021																
		VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Phase 1	1.1) Develop detailed workplan	█	█	█	█	█	█																							
	1.2) Intiate MSE framework	█	█	█	█	█	█																							
	1.3) Participate in workshops	█	█	█	█	█	█																							
	1.4) Ensure technical integration with stock assessments	█	█	█	█	█	█																							
	1.5) Ensure quality in inputs	█	█	█	█	█	█																							
Phase 2	2.1) Condition OM																													
	2.1.1) Develop ss3 for SKJ																													
	2.1.2) Condition OM																													
	2.2) Analisis OEM																													
	2.3) Identify MP																													
	2.3.1) Assessment model																													
Phase 3	2.3.2) Management advice																													
	2.4) Preliminary simulations																													
	3.1) Evaluation of MPs.																													
	3.2) Summary and presentation of results																													
Phase 3	3.3) Dissemination of the main findings																													
	3.4) Peer review publication																													

Figure 73. Calendar and list of activities proposed for phase two and three for the research project in support of the MSE for tropical tunas

Agenda

1. Opening, adoption of Agenda and meeting arrangements
2. Summary of available data for assessment
 - 2.1 Biology
 - 2.2 Catch, effort, size and CAS estimates
 - 2.3 Relative Abundance estimates
3. Stocks Assessment Methods and other data relevant to the assessment
 - 3.1 Stock Synthesis
 - 3.2 Surplus production model MPB
 - 3.3 Bayesian Surplus Production Models
4. Stock status results
 - 4.1 Stock Synthesis
 - 4.2 Surplus production model MPB
 - 4.3 Bayesian Surplus Production Models
 - 4.4 Synthesis of assessment results
5. Projections
 - 5.1 Projections JABBA
 - 5.2 Projections MPB
 - 5.3 Projections Stock Synthesis
 - 5.4 Kobe matrix for yellowfin tuna
6. Recommendations
 - 6.1 Research and statistics
 - 6.2 Management
7. Other matters
8. Adoption of the report and closure

List of Participants

CONTRACTING PARTIES**BRAZIL****Travassos, Paulo**

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Laboratorio de Ecologia Marinha - LEMAR,
 Departamento de Pesca e Aquicultura - DEPAq Avenida Dom Manoel Medeiros s/n - Dois Irmaos, CEP 52.171-
 900 Recife, Pernambuco, Brazil
 Tel: +55 81 998 344271, E-Mail: paulo.travassos@ufrpe.br, pautrx@hotmail.com

Sant'Ana, Rodrigo

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) 3341 7714, E-Mail: rsantana@univali.br

CÔTE D'IVOIRE**Akia, Sosthène Alban Valeryn**

Centre de Recherches Océanologiques de Côte d'Ivoire, Département Ressources Aquatiques Vivantes - DRAV, 29 Rue des
 Pêcheurs, BP V 18, Abidjan 01
 Tel: +225 58 309 442, E-Mail: sosthene.akia@ird.fr

Amande, Monin Justin

Chercheur Halieute, Centre de Recherches Océanologiques de Côte d'Ivoire, Département Ressources Aquatiques Vivantes -
 DRAV, 29 Rue des Pêcheurs, BP V 18, Abidjan 01
 Tel: +225 05 927 927, Fax: +225 21 351 155, E-Mail: monin.amande@yahoo.fr; monin.amande@cro-ci.org

Diaha, N'guessan constance

Laboratoire de biologie des poissons du Département des Ressources Aquatiques Vivantes (DRAV) du Centre de Recherches
 Océanologiques (CRO). 29, Rue des Pêcheurs, BP V18 Abidjan, Côte d'Ivoire
 Tel: +225 07 790 495, E-Mail: diahaconstance@yahoo.fr

Joanny, Tapé

Centre de Recherches Océanologiques de Côte d'Ivoire, Département Ressources Aquatiques Vivantes - DRAV, 29 Rue des
 Pêcheurs, BP V 18, Abidjan 01
 Tel: +225 08 080 473, E-Mail: joannytape@yahoo.fr

Yao, Jacques Datté

Secrétaire Exécutif, Comité d'Administration du Régime Franc (CARF), Rue des Pêcheurs 20, Box 947, Abidjan 20
 Tel: +225 479 46135, Fax: +225 232 46263, E-Mail: dattejacques@gmail.com; dattejy@gmx.net

Yaya, Soro

02 Box 801 Abidjan 02 University of Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire
 Tel: +225 083 32252, E-Mail: soro_yaya@yahoo.fr

EUROPEAN UNION**Gaertner, Daniel**

IRD-UMR MARBEC, 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

Herrera Armas, Miguel Angel

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

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

Pascual Alayón, Pedro José

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, Fax: +34 922 599 495, E-Mail: pedro.pascual@ieo.es

Sharma, Rishi

SEFSC, 4505 NE 30th Ave, Portland, OR 97211, Portland, Oregon 97211, United States

Tel: +1 203 501 0577, E-Mail: rishi_hermit@hotmail.com

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 0653 4886, E-Mail: davyangueko@yahoo.fr; davyangueko83@gmail.com

GHANA

Amador, Moses Kofi

Senior Fisheries Officer, Ministry of Fisheries and aquaculture Development, Fisheries Commission

Tel: +233 202 707 402, E-Mail: kofi.amador@gmail.com

Ayivi, Sylvia Sefakor Awo

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

JAPAN

Matsumoto, Takayuki

Tuna and Skipjack Resources Division, National Research Institute of Far Seas Fisheries, Japan Fisheries Research and Education Agency, 5-7-1 Orido, Shimizu Shizuoka 424-8633

Tel: +81 54 336 6000, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: matumot@affrc.go.jp; takayukimatsumoto2016@gmail.com

Satoh, Keisuke

Head, Tuna Fisheries Resources Group, Tuna and Skipjack Resources Division, National Research Institute of Far Seas Fisheries, Japan Fisheries Research and Education Agency, 5-7-1, Chome Orido, Shizuoka-Shi Shimizu-Ku 424-8633

Tel: +81 54 336 6045, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: kstu21@fra.affrc.go.jp

Uozumi, Yuji

Visiting Scientist, National Research Institute of Far Seas Fisheries, Japan Fisheries Research and Education Agency, Shizuoka Shimizu 424-8633

Yokoi, Hiroki

National Research Institute of Far Seas Fisheries, 5-7-1 Orido, Shizuoka Shimizu 424-8638

Tel: +81 54 336 6045, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: yokoih@affrc.go.jp

LIBERIA

Broh, Nasi T.

Manager, Statistics, National Fisheries & Aquaculture Authority, Monrovia Bushrod Island

Tel: +231 770 566 167, E-Mail: ntbroh@nafaa.gov.lr; tuaned2004@yahoo.com

MAURITANIA

Habibe, Beyahe Meissa

Chef du Laboratoire Évaluation des Ressources Vivantes Aquatiques (LERVA), Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches - IMROP, B.P. 22, Cite IMROP Villa N° 8, Nouadhibou

Tel: +222 2242 1047, Fax: +222 574 5081, E-Mail: beyahem@yahoo.fr; bmouldhabib@gmail.com

NIGERIA

Okpe, Hyacinth Anebi

Assistant Director (Fisheries), Federal Ministry of Agriculture and Rural Development, Department of Fisheries and Aquaculture, Monitoring, Control and Surveillance Division, Area 11, Garki Abuja

Tel: +234 70 6623 2156, E-Mail: hokpe@yahoo.com; Hyacinthokpe80@gmail.com

SENEGAL

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: famngom@yahoo.com

SIERRA LEONE

Mansaray, Mamoud

Senior Fisheries Officer, Ministry of Fisheries and Marine Resources, 7th Floor Youyi Building, Freetown

Tel: +232 762 55590, E-Mail: mansaraymamoud85@gmail.com

UNITED STATES

Brown, Craig A.

Chief, Highly Migratory Species Branch, Sustainable Fisheries Division, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia B

each Drive, Miami Florida 33149

Tel: +1 305 586 6589, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

Cass-Calay, Shannon

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

Die, David

Cooperative Institute of Marine and Atmospheric Studies, University of Miami, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami Florida 33149

Tel: +1 305 458 0749, Fax: +1 305 421 4607, E-Mail: ddie@rsmas.miami.edu

Walter, John

NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami Florida 33149

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

VENEZUELA

Narváez Ruiz, Mariela del Valle

Lab. 34, Edif. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Departamento de Biología Pesquera, Av. Universidad, Cerro Colorado, 6101 Cumaná Estado Sucre

Tel: +58 412 085 1602, E-Mail: mnarvaezruiz@gmail.com

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

CHINESE TAIPEI

Su, Nan-Jay

Assistant Professor, Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, No. 2 Pei-Ning Rd. Keelung, 20224

Tel: +886 2 2462 2192 #5046, E-Mail: nanjay@ntou.edu.tw

OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

INTERNATIONAL SEAFOOD SUSTAINABILITY FOUNDATION – ISSF

Kebe, Papa

Conseiller, Villa numero 288 Siples-II Dakar, B.P. 45.828, Dakar Fann, Senegal

Tel: +221 33 867 92 82; Tel. Cellular: +221 77 565 02 87, E-Mail: papa.amary@gmail.com

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: +1 506 651 6020, E-Mail: gary.d.melvin@gmail.com; gary.melvin@dfo-mpo.gc.ca

ICCAT Secretariat

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

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

Ortiz Mauricio, Kimoto Ai, Ailloud Lisa

List of Papers and Presentations

Reference	Title	Authors
SCRS/2019/011	Report of the Yellowfin tuna stock assessment session	Anon.
SCRS/2019/100	Datos estadísticos de la pesquería de túnidos de las Islas Canarias durante el periodo 1975 a 2018	Delgado R.
SCRS/2019/107	Using effort control measures to implement catch capacity limits in ICCAT PS fisheries: an update	Sharma R., and Herrera M.
SCRS/2019/115	Stock assessment for Atlantic yellowfin using a biomass production model	Merino G., Murua H., Urtizberea A., Santiago J., Andonegi E., and Winker H.
SCRS/2019/120	Regional abundance indices of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) inferred from data based on the Taiwanese distant-water longline fishery in the Atlantic Ocean	Sung YF., Lin WR., Su NJ., and Lu YS.
SCRS/2019/121	Stock synthesis model for Atlantic yellowfin tuna	Walter J., Urtizberea A., Hiroki Y., Satoh K., Ortiz M., Kimoto K, and Matsumoto T.
SCRS/2019/122	Standardization of yellowfin tuna CPUE in the Atlantic Ocean by the Japanese longline fishery which includes cluster analysis	Matsumoto T., Yokoi H., and Hoyle S.
SCRS/2019/123	Standardized catch rates for yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) from the Venezuelan pelagic longline fishery in the Caribbean Sea and adjacent waters of the western central Atlantic for the period of 1991-2018.	Narvaez M., Alarcon J., Evaristo E., Gutierrez X., and Arocha F.
SCRS/2019/124	Estimation of Ghana tasks I and II purse seine and baitboat catch 2012 – 2018: data input 2019 yellowfin stock assessment	Ortiz M., Palma C., Ayivi S., and Bannerman P.
SCRS/2019/125	Atlantic Yellowfin tuna stock assessment: an implementation of Bayesian state-space surplus production model using JABBA	Sant'Ana R., Mourato B., Kimoto A., Walter J., and Winker H.

Reference	Title Presentation	Authors
SCRS/P/2019/037	Age Estimates of Yellowfin Tuna Caught near Ascension Island	Downes K., Pacicco A., and Ailloud L.
SCRS/P/2019/039	Catch, effort, size and weight of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) from the Venezuelan purse seine and baitboat fleets operating in the Caribbean Sea and the western central Atlantic	Narváez M., Alarcón J., Evaristo, E., Marcano J., and Arocha F.
SCRS/P/2019/043	Diagnostics for stock synthesis model SS3	Yokoi H., Satoh K., Walter J., and Matsumoto T.

SCRS Document and Presentations Abstracts as provided by the authors

SCRS/2019/100. - This document presents a summary of the development and current composition of the Canary Islands baitboat fleet and the catches made between 1975 and 2018. This paper also presents size histograms of the different species caught in 2018 and the average between 2013 and 2017. An estimate of fishing effort was made, differentiating between vessels lesser than and greater than 50 GRT, taking into account that the former (vessels less than 50 GRT) carry out daily trips, with an average of 9 hours at sea, whereas the latter carry out trips lasting more than a day.

SCRS/2019/107 - Total Allowable Catches (TAC's) have been implemented for numerous stocks by ICCAT. However, catch controls, while ensuring that overall fishing mortalities are not exceeded, are not implemented properly because some ICCAT CPCs exceed targets on a regular basis or are not covered by the measures. This is an issue in multi-species fisheries where monitoring of catch in near-real time is complex, especially for industrial tuna purse seine and pole-and-line fisheries, that very often catch juvenile yellowfin tuna and bigeye tuna when targeting skipjack tuna, as those species tend to aggregate forming mixed schools. Also, discards of tropical tunas are usually not reported to the ICCAT and may be important in industrial purse seine and longline fisheries. In other multi-species fisheries, the adoption of measures on one stock may prompt changes of target to other stocks, with a potential to undermine the status of those, -e.g. longline fisheries changing gear configuration, purse seine fisheries shifting from free-school to associated sets, or the contrary, and multi-gear fisheries moving from a gear targeting a stock (pole-and-line targeting skipjack tuna) to another (handline targeting yellowfin tuna).

We examined the historic data series of catch and effort for the Purse seine fleet on tropical tuna in the Atlantic Ocean. Based on the information numerous models were developed to predict how much would be caught at a particular effort target. While these catch targets may vary by time and area, the implementation of time-area closures by the ICCAT has not been successful, mostly due to effort redistribution and catches in areas outside the closure making up for the catch reduction expected from it or an unwanted increase in the catches of other stocks (ICCAT 2016). The purpose of this study is to explore how full seasonal closures (monthly measures), where vessels remain in port, may better assist surface fisheries in achieving the targets set by the ICCAT. We developed a model based on parameter estimates of individual models to estimate catches by time as a function of available biomass for BET, effort by strata (month), and month-effort interactions to estimate BET catch targets (and associated YFT and SKJ as a result). While these models are subject to some uncertainty, they provide managers with the ability to predict catches over a time-period, thereby facilitating monitoring and the use of a more precautionary adaptive approach in attaining conservation targets with a desired precision level. In addition, the implementation of seasonal fishery closures has proved successful at the IATTC, which has been using a control rule based on this principle for over fifteen years with stocks maintained by the target reference level throughout that period. Management systems based on seasonal fishery closures have also proved to be more efficient than those based on TACs, due to the latter leading to underreporting unless extensive monitoring is in place. Some examples of how the control rule may be implemented are provided. A decision support tool is developed based on the data and proposed season closures to implement an overall target catch on Bigeye tuna, one of the stocks managed to a TAC by ICCAT.

SCRS/2019/115. - In this paper we present a stock assessment for Atlantic Ocean yellowfin 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 not overfished and not undergoing overexploitation with a 43.4% of probability. However, the initial set of diagnostics calculated with the best fit to the available data suggest that these results need further analysis. This could be refining the space of parameters to facilitate model estimates and to try alternative CPUE indices. These results are a start point for the stock assessment of yellowfin and will be further explored during the stock assessment session in July 2019.

SCRS/2019/116 - Standardization of yellowfin tuna CPUE by Japanese longline in the Atlantic Ocean was conducted using generalized linear models (GLM). The models incorporated fishing power based on vessel ID where available, and used cluster analysis to account for targeting. The variables year-quarter, vessel ID, latlong5 (five-degree latitude-longitude block), cluster, number of hooks per basket and number of hooks per set were used in the standardization. The numbers of clusters selected were 4 for all the regions. Dominant species differed among clusters. The effects of each covariate varied by region and period. The CPUE trends differed among regions, and were similar to those estimated using the 'traditional method' (without vessel ID and cluster analysis), though with some differences probably due to the inclusion of vessel effects and cluster variables.

SCRS/2019/117 - Standardized index of relative abundance for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) was estimated using Generalized Linear Models approach assuming a delta lognormal model distribution. For this, a combination of data sources (the Venezuelan Pelagic Longline Observer Program 1991-2011 and the National Observer Program 2012-2018) was used, considering as categorical variables year, season/quarter, condition and type of bait, vessel type, depth of fishing, and area. As indicators of overall model fitting, diagnostic plots were evaluated. The standardized yellowfin tuna catch rate index show relatively stable values through 2004 subsequently catch rates increased to a maximum in 2007. Thereafter, standardized catch rates showed a declining trend that appears to be stabilized during the last four years (2015-2018).

SCRS/2019/118 - 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 – 2018. 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 2017. 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 yellowfin 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/2019/119 - Tropical tunas, including bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), are major target species for the Taiwanese distant-water tuna longline fishery, with the main fishing ground occurring in tropical waters of the Atlantic Ocean. Regional abundance indices of yellowfin tuna were developed by period using generalized linear models (GLMs). A whole period (from 1967-2018) and three separate periods from 1967-1989, 1990-2005, and 2006-2018 with the information on operation type (i.e., the number of hooks per basket, HPB) available for this late period were considered in the standardization models of yellowfin tuna CPUE (catch per unit effort). Standardized CPUE of yellowfin tuna showed almost identical trends between whole and separate periods. However, the trends differed among regions especially in recent years from 2010, with an increase for the western tropical Atlantic Ocean but slightly decrease in the eastern tropical waters.

SCRS/2019/121 - This paper represents a stock assessment of Atlantic yellowfin tuna using the age and length structured integrated assessment model Stock Synthesis version 3.30.09 (SS). The model configuration is largely similar to that of the 2016 assessment and benefits from a joint longline index rather than several separate longline indices with conflicting trends. Additionally, the model benefits from substantially revised length composition input which has reduced conflicting length data and homogenized the fleet structure. Initially we constructed a reference model and tested its performance across a suite of standard model diagnostic tests which indicated decent model performance. Then we produced a series of sensitivity models that evaluated different model formulations. After evaluation of the sensitivity runs, a structured uncertainty grid across multiple model assumptions and structures may be developed. This uncertainty grid is designed to capture much of the key uncertainties in model inputs and parameter assumptions and represents the basis for quantification of Kobe management advice.

Summary of active Commission requests and previous SCRS responses for tropical tunas

Ghana's comprehensive and detailed capacity management plan on the level of catches. Rec. 16- 01, paragraph 12c:

Background: (Rec. 16-01), paragraph 12c. *Ghana shall be allowed to change the number of its vessels by gear type within its capacity limits communicated to ICCAT in 2005, on the basis of two baitboats for one purse seine vessel. Such change must be approved by the Commission. To that end, Ghana shall notify a comprehensive and detailed capacity management plan to the Commission at least 90 days before the Annual Meeting. The approval is notably subject to the assessment by the SCRS of the potential impact of such a plan on the level of catches.*

The SCRS has not yet provide a response to this request because it has not received the information required to evaluate the impact of changes in the Ghana capacity management plan.

Evaluate the efficacy of the area/time closure referred to in paragraph 13 for the reduction of catches of tropical tuna juveniles. Rec. 16-01, paragraph 15

Background: (Rec. 16-01), paragraph 15. *As soon as possible and at the latest by 2018, the SCRS shall evaluate the efficacy of the area/time closure referred to in paragraph 13 for the reduction of catches of juvenile bigeye and yellowfin tunas. In addition the SCRS shall advise the Commission on a possible alternative area/time-closure of fishing activities on FADs to reduce the catch of small bigeye and yellowfin tuna at various levels.*

In 2017 the SCRS was not able to respond to this request, however, in 2018 it did provide a response building on a number of moratorium analyses that were conducted by the SCRS in previous years. Although the SCRS conducted a preliminary analysis, it reiterated that additional years of data (beyond 2017) would be required to adequately assess the result of the new closure, and those data will not be available until after the deadline provided by the Commission.

The Committee noted that preliminary results indicate that further increases in the number of purse seiners and relocation of effort to areas outside the moratorium has undermined the effectiveness of the moratorium in achieving the objective set by the Commission.

The Committee noted that while more time is needed to be able to answer the request from the Commission to evaluate de current moratorium, preliminary results show that FAD effort relocation to areas outside the moratorium and/or future increases of the effort (number of purse seiners, number of FADs sets, etc.) may render this measure ineffective unless additional measures are adopted to address these impacts.

The Committee considered that a larger area, possibly combined with a longer closure, may address the issue of redistribution of effort. Along with a thorough analysis of the AOTTP data and of the interplay between fishing capacity, fishing effort and fishing mortality, these considerations will allow the further exploration of the effectiveness of any time/area closures within a much broader management context.

Recommendations made by the FAD Working Group (Annex 8) and develop a work plan. Rec. 16-01, paragraph 49 (a)

Background: [Rec. 16-01] paragraph 49(a). *At its 2017 meeting the SCRS shall address to the extent possible the Recommendations made by the FAD Working Group in 2016 (Annex 8) and for the remaining ones develop a work plan to be presented to the Commission at its 2017 Annual meeting.*

In 2017 the SCRS started incorporating some of the actions recommended by the FAD working group in 2016 as part of the group's workplan. During 2018 the SCRS made progress on some of these actions including definitions of FAD related terms, which were presented to the tRFMO FAD working group in early 2019, reporting requirements and data submission forms (i.e. ST08). Other recommended actions are still to be considered by the tropical working group and have to be developed as part of the Tropical tuna working group working plan and the plans of other SCRS working groups related to FAD fishing.

Provide performance indicators for skipjack, bigeye and yellowfin tuna, with the perspective to develop management strategy evaluations for tropical tunas. Rec. 16-01, paragraph 49 (b)

Background: [Rec. 16-01] paragraph 49(b). *At its 2017 meeting the SCRS shall provide performance indicators for skipjack, bigeye and yellowfin tuna as specified in Annex 9, with the perspective to develop management strategy evaluations for tropical tunas.*

In 2017 the SCRS recommended and performance indicators developed for North albacore (see Report of the Second Intersessional meeting of Panel 2, Anon. 2017b) can be used as an initial list to be used for MSE simulations. The SCRS conducted phase one of a project on tropical tuna MSE ((Merino et al 2018)).

Develop a table that quantifies the expected impact on MSY, BMSY, and relative stock status for both bigeye and yellowfin resulting from reductions of the individual proportional contributions of major fisheries to the total catch. Rec. 16-01, paragraph 49 (c)

Background: [Rec. 16-01] paragraph 49(c). *At its 2017 meeting the SCRS shall develop a table for consideration by the Commission that quantifies the expected impact on MSY, BMSY, and relative stock status for both bigeye and yellowfin resulting from reductions of the individual proportional contributions of longline, FAD purse seine, free school purse seine, and baitboat fisheries to the total catch.*

In 2017 and 2018 the SCRS provided extensive responses to this request which were considered but the Commission in the respective annual meetings.

Evaluate the contribution of by-catches and discards to the overall catches in ICCAT tropical tuna fisheries, on a fishery by fishery basis. Rec. 16-01, paragraph 53

Background: [Rec. 16-01] paragraph 53. The SCRS shall evaluate the contribution of by-catches and discards to the overall catches in ICCAT tropical tuna fisheries, on a fishery by fishery basis.

The SCRS provided a response to the Commission on this matter in 2017.

Advise the Commission on possible measures allowing to reduce discards and to mitigate onboard post-harvest losses and by-catch in ICCAT tropical tuna fisheries. Rec. 16-01, paragraph 53

Background: [Rec. 16-01] paragraph 53. *The SCRS shall advise the Commission on possible measures allowing to reduce discards and to mitigate onboard post-harvest losses and by-catch in ICCAT tropical tuna fisheries.* The SCRS provided a response to the Commission on this matter in 2017.