

**REPORT OF THE 2021 WESTERN BLUEFIN STOCK ASSESSMENT MEETING***(Online, 30 August-1 September 2021)***SUMMARY**

*The online 2021 West Bluefin Tuna Stock Assessment meeting was held from 30 August to 1 September 2021. The Group reviewed preliminary assessment results by VPA and Stock Synthesis with model diagnostics. It was found that VPA model diagnostics indicate problematic performance, strong retrospective patterns, sensitivity to age 1 in recent years in the catch-at-age and poor fit to some indices. The Group agreed that these diagnostic results precluded the VPA model from further provisioning of management advice. The Stock Synthesis model include new assumptions for some of the selectivities. The new selectivities assume dome shapes where logistic shapes were assumed in the 2020 assessment. Based on the final Stock Synthesis model, projections were conducted to provide management advice. The fishery status for 2020 was determined to be not overfishing with greater than 95% probability.*

**RÉSUMÉ**

*La réunion de 2021 d'évaluation du stock de thon rouge de l'Ouest s'est tenue en ligne du 30 août au 1er septembre 2021. Le Groupe a examiné les résultats préliminaires de l'évaluation par VPA et Stock Synthesis avec les diagnostics des modèles. Il a été constaté que les diagnostics du modèle VPA indiquent une performance problématique, de fortes tendances rétrospectives, une sensibilité à l'âge 1 au cours des dernières années dans les prises par âge et un mauvais ajustement à certains indices. Le Groupe a convenu que ces résultats de diagnostic empêchaient le modèle VPA de formuler d'autres avis de gestion. Le modèle de Stock Synthesis comprend de nouveaux postulats pour certaines des sélectivités. Les nouvelles sélectivités postulent des formes en dôme alors que les formes logistiques avaient été postulées dans l'évaluation de 2020. Sur la base du modèle final de Stock Synthesis des projections ont été réalisées pour formuler un avis de gestion. L'état de la pêcherie pour 2020 a été déterminé comme n'étant pas en situation de surpêche avec une probabilité supérieure à 95 %.*

**RESUMEN**

*Del 30 de agosto al 1 de septiembre de 2021 se celebró la reunión en línea de evaluación de stock de atún rojo del oeste, en la que el Grupo revisó los resultados preliminares de la evaluación mediante el VPA y stock synthesis con diagnósticos del modelo. Se halló que los diagnósticos del modelo VPA indicaban un desempeño problemático, fuertes patrones retrospectivos, sensibilidad a la edad 1 en años recientes en la captura por edad y un ajuste pobre a algunos índices. El Grupo se mostró de acuerdo en que estos resultados de los diagnósticos impedían al modelo VPA a proporcionar asesoramiento científico adicional. El modelo stock synthesis incluye nuevos supuestos para algunas de las selectividades. Las nuevas selectividades asumen forma de cúpula mientras que en la evaluación de 2020 se asumieron una forma logística. A partir del modelo final de stock synthesis, se realizaron proyecciones para proporcionar asesoramiento de ordenación. El estado de la pesquería para 2020 se determinó como no experimentado sobrepesca con una probabilidad superior al 95 %.*

## 1. Opening, adoption of Agenda and meeting arrangements and assignment of rapporteurs

The 2021 Western Bluefin Stock Assessment Meeting of the Bluefin Tuna Species Group (“the Group”) was held online from 30 August to 1 September 2021. Dr. John Walter (USA), the Rapporteur for the western Atlantic bluefin tuna stock (WBFT), opened the meeting and served as Chair. On behalf of the Executive Secretary, the Assistant Executive Secretary welcomed the participants to the meeting. According, the Commission request for an independent review of the WBFT assessment and according to the terms of reference for the external review (Anon. 2021a), the Group also had the participation of the invited expert, Dr. Mark Maunder. The Group Chair proceeded to review the Agenda which was adopted after some 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>
Items 1, 6	A. Kimoto
Items 2.1, 3.1	K. Gillespie
Items 2.2, 3.2	H. Fukuda
Item 4	M. Lauretta, J. Walter, A. Kimoto
Item 5	N. Taylor

## 2. Model diagnostics

### 2.1 VPA

SCRS/2021/139 documented the 2021 assessment of the West Atlantic bluefin tuna using virtual population analysis (VPA). The paper summarized the VPA data inputs, assumptions, provisional results, diagnostics and time series estimates of spawning stock biomass (both early and late maturity scenarios) for the period 1974 to 2020, and recruitment for the period 1974 to 2017. The model incorporated revisions to key indices, particularly an index for small fish (US Rod & Reel (USRR) 66-144). Relative to the 2020 WBFT VPA, model results were heavily influenced by addition of recent data. Model diagnostics indicate some problems with the updated model including a severe trend in the residuals for some indices and a strong retrospective bias.

The Group noted the substantial effort of Sub-groups in revising the indices considered in this model and the exploration of data related to shifts in recruitment. Significant discussion was dedicated to several of the poor VPA diagnostic results. It was noted that 2021 continuity runs, when compared to the 2020 VPA base case, showed a strong difference in scale in recruitment and spawning stock biomass estimates from 2005 onwards (**Figure 1 and 2**). The Group further noted the striking effect of the jackknife removal of the USRR 66-144 index (**Figure 3**), leading to substantial increases in recruitment in recent years (i.e. USRR 66-144 essentially constraining a strongly positive recruitment trend). Similarly, removal of recent data in retrospective analysis (**Figure 4**) provided an altered representation of both recruitment and biomass patterns, resulting in lower recent values for both. Noting the poor residuals associated with the USRR 66-144 index, it was suggested that a base case run could exclude this index. The author noted that this could be problematic for two reasons: i) this is only available small fish index and ii) a retrospective run on the USRR 66-144 jackknife (**Figure 3**) showed an even more amplified recent recruitment estimate and even more severe retrospective patterns. There was brief discussion on the positive bias observed in the bootstraps of both recruitment and biomass relative to the deterministic runs. It was suggested that this could be a result of poor residuals in juvenile fish fits.

The Group discussed exclusion of some data sources. Previous VPA assessment models (2017 and 2020) excluded US greater than 177 and two Canadian handline indices in the southwestern Nova Scotia and in the Gulf of St. Lawrence (CAN SWNS and CAN GSL). This was, again, the case for this assessment model due to large residuals and conflicting residual patterns in US and Canadian indices (**Figure 5**). This led to discussion on how selectivity, catchability, and vulnerability were considered in the both the indices and VPA. The author clarified that selectivity and catchability were held constant for each fleet and indicator across the various time series. These assumptions were largely driven by analyses conducted during the WBFT indices review in early 2021 (Anon., 2021b) which indicated that due to permitting rules (e.g. size class bag limits) and fishery spatial dynamics, targeting and catch size for each fleet is conserved among years. The author noted that in years where there is a high abundance of a particular cohort (potentially 2020 where large number of 2-3 years old were observed), these permitting rules may negatively bias estimation of the Kobe apical F.

Noting several potentially problematic features of the model performance, there was discussion on whether the VPA would be suitable for providing management advice. Before making a final decision, the Group suggested that the following sensitivity runs be tested and presented: i) halving of the catch-at-age for small fish (i.e. reduce absolute amount of catch for ages 2-3) in 2019 and 2020 to test the influence on recruitment versus influence of catch-at-age for older fish; ii) allowing the standard deviation on the vulnerability link parameter to increase up to 1.2; iii) walking the selectivity and catchability on the USRR 66-144; iv) conducting a bootstrap without 2020 data.

The Group was presented with these additional diagnostics (SCRS/2021/139) which indicated that i) halving the catch-at-age for 2-3 years old in 2020 and alternatively in both 2019 and 2020 had little impact on the problematic residual and retrospective patterns; ii) increasing the standard deviation of vulnerability had no discernable impact; iii) allowing selectivity and catchability on USRR 66-144 to walk resulted in slightly better fits and residuals, however, did not improve poor retrospectives; iv) bootstraps that excluded 2020 data still showed a substantial positive bias relative to the deterministic runs. In general, none of these tests improved retrospective and residual patterns. The author also tested the model's sensitivity to age 1 fish in the catch data. The relatively small catch of age 1 fish was further reduced to a catch of a single age 1 fish in each year since 1995. Surprisingly, this resulted in recruitment from 2007 and onward being significantly reduced. Notably, the positive recent recruitment pattern disappeared. This would seem to indicate that poorly informed data are having an inappropriately large effect on recruitment estimates even while selectivity for this age group is zero or near zero (the minimum size limit is 67 cm). After some discussion, the Group agreed that these unusual diagnostic results should preclude this model, in its current form, from further development and provisioning of management advice. It was suggested, however, that qualitative information for this model could be used to provide narrative to management advice from this Group.

## **2.2 Stock Synthesis**

Documents SCRS/2021/140 and SCRS/2021/141 presented the input data and model configuration of the candidate base-case model embedded to the Stock Synthesis version 3.30.14 for the 2021 stock assessment of the western Atlantic bluefin tuna. The catch and composition data over the historical period (1950-2018) were nearly identical whereas those for the years 2019-2020 were updated. Most of the indices of abundance were simply updated using the same standardization method with up-to-date data. Four out of 12 indices of abundance were the subjects of major updates to revise the method for the data curation and standardization based on the thorough review and following agreement by the Technical Sub-group on Abundance indices as well as the BFT Species Group.

Given the data set, the authors noted that the continuity-like runs (2021 Continuity and Prototype runs; **Table 1**), which conformed to the 2020 stock assessment model configuration as close as possible with the 2 additional years of data (2019 and 2020), experienced difficulties in model convergence as well as a notable conflict of information among the data for the population scale estimates. To solve the issues, a modification, which changed the selectivity shape from asymptotic selectivity to dome-shape selectivity for all fleets except the CAN GSL index, was proposed. This modification reduced the data conflict on the population scale estimates and allowed the model to better achieve convergence criteria to a smaller final gradient than the continuity-like model. The Group agreed to some minor changes mainly to avoid allowing likely outlier data to have overly influential impact on the likelihoods, such as 1) removing one CPUE data point (year 1986) from the historical Japanese longline CPUE (JPN LL early); 2) aggregating the last five bins of size composition data (above 300 cm) for the USA and Mexican longline (MEX-USA LL) in the Gulf of Mexico (GOM); 3) not fixing but estimating the initial equilibrium fishing mortality for the Canadian and USA Harpoon (CAN USA HP) based on the initial equilibrium catch data.

The proposed base case model showed some improvements in the model convergence (diagnosed by randomly perturbations of the starting values of all parameters) and the model consistency (diagnosed by the likelihood profile over the fixed population scale parameter and the retrospective analysis for the spawning stock biomass estimates) from the previous assessments. The goodness-of-fit analysis did not indicate the critical misfit of the proposed base case model to the aggregated size composition data. Although the model fit to the JPN LL early index was improved in terms of its likelihood penalty, overall model fits to the indices of abundance remain as an issue as in several previous assessments. The authors also introduced the results of the diagnostics using the Age Structured Production Models (ASPMs) and the Catch Curve Analysis (CCA). ASPMs elucidated the production relationship in the model under the assumed biological and removal processes and a consistency in some of the input data with this relationship. CCA indicated some contributions of the size composition data to the estimation of the absolute biomass, although it was not consistent with the production relationship elucidated by the ASPMs.

The Group discussed about the changes in shapes of the selectivity from asymptotic to dome shape as this is a significant change of the model assumption. Recent research (Sampson and Scott, 2011; as well as modeling practice by Waterhouse *et al.*, 2014) indicate that the asymptotic length-based selectivity should be chosen carefully because the asymptotic selectivity in the model, which fitted to the size composition data, is a strong assumption that implies an upper bound to population size along with the other biological assumptions (e.g. natural mortality and growth) (Minte-vera *et al.*, 2017). Alternatively, there is also often a confounding between depletion and doming of the descending limb. For this reason, there is a general modeling practice that it is convenient and desirable if one fleet can be reasonably assumed to be asymptotic, which helps the model to interpret the descending limb of the catch curve. In this case modeling the Gulf of St Lawrence handline fishery from years 1950-1987 as asymptotic provided that single asymptotic fleet.

There was a suggestion that the constant asymptotic selectivity for the MEX-USA LL would be appropriate given the biological knowledge about the spawning migration of the large sized fish and a historical stability of the longline fleets in the Gulf of Mexico (GOM). However, there were also counterarguments that the fishery could be dome-shaped given the spatial and temporal distributions of the largest sized fish as well as the fishery operation. One observation was highlighted that there is a clear descending limb estimated in the selectivity of the JPN LL in the GOM although this fleet had been a predominant fleet during mid-1970's to early 1980's with targeting a large spawner cohort. As a response to this observation, the possible cohort-targeting effect that could make the selectivity to be domed is suggested with another observation that larger sized fish were caught by the CAN GSL in the same decade. After the lengthy discussion regarding the selectivity of JPN LL in GOM, which considered the reliability of the data and the lack of age composition data, the Group agreed that suggested changes in selectivity were reasonable as long as it did not lead to model instability or unrealistic scaling.

The decision to allow the CAN GSL 2010-2020 fleet to be domed was motivated by the marked change in mean length (**Figure 6**) in the fishery subsequent to 2008 when there was a change in the fleet operations. It was also noted that there has been a substantial increase in fraction of eastern migrants in this fishery, particularly at the younger ages (Puncher *et al.*, 2021).

The Group also discussed about the other minor changes applied to the model as well as the general results of the Stock Synthesis model. One suggestion was made to estimate the selectivity of the CAN GSL fishery between 1988 and 2009, since the size composition data of this fleet would be a better representative of their removals than that of CAN GSL since 1988, which was used to estimate the selectivity of CAN GSL before 1987 in the proposed base case. The authors showed the results of the model, which include the size composition data from CAN GSL fishery since 1988 and indicates the model performance was not degraded by this modification. The Group agreed the 2021 Final model (**Table 1**) which assumed the asymptotic selectivity fleet as the early period (1988-2009) of the CAN GSL since 1988.

### 3. Assessment results

#### 3.1 VPA

Due to poor model diagnostics, the VPA was not further developed or used to provide stock status and projections. The following model trends are highly uncertain and should be interpreted with a large degree of caution. Notwithstanding these problems, the Group accepted that the VPA indicated an improved status of the resources compared to that estimated in the 2020 assessment (**Figure 2**).

VPA estimates of recent fishing mortality trended steadily downward and were lower during the terminal year than historically for most ages. Apical fishing mortality (maximum annual  $F_{at-age}$ ) showed the lowest rates currently, relative to the entire time series and qualitatively indicated that fishing mortality was below  $F_{0.1}$ . Recruitment estimates showed relatively high inter-annual variability over the last 15 years, with terminal year estimates notably higher than the preceding years. The increase in spawning biomass during the last two decades reflected the several high recruitment events since 2003 and in the recent 17 years.

#### 3.2 Stock Synthesis

The final recommended models are as follows in **Table 2** with the following parameter estimates (**Tables 3-4**), derived quantities (**Tables 5**) and benchmarks (**Table 6**). **Table 5** and **6** also list the likelihoods and benchmarks across each of the models presented to the Group. Model diagnostics, fits to indices and length composition, and estimated selectivities are provided in **Figures 7-21**. The estimated spawning stock biomass, recruitment, biomass ratio to unfishable levels, and fishing mortality for the 2021 Final model are shown in **Figure 22**.

The Group carefully looked and discussed about the recruitment estimates (age 0), particularly for a couple of recent recruitments that occurred in 2017-2018 which were estimated to be higher than the other recent years. The authors recalled that those recruitments were primarily informed by the year 2020 data from juvenile abundance index (USRR 66-144) and its size composition data, and the reliability of the recruitment information from those data were confirmed by the ASPM-R analysis. There is also a suggestion that because those recruitments were estimated based on the observation of large amounts of smaller fish and there are numerous reasons that this could be the case. This might have occurred due to a strong cohort, possibly due to eastern origin fish migrants, slower growth of fish, or change in the fishery selectivity as we assume time-invariant length-based selectivity. As with any early sign of recruitment, the strength and magnitude will be further confirmed with additional years of data giving a repeated signal in the later age composition and indices. The Group also noted that the 95% confidence interval of the recruitment deviation for 2018 overlapped zero, indicating that this recruitment was not well estimated.

#### 4. Projections and management advice

Stock Synthesis was deemed suitable for projection advice and passed diagnostic performance criteria. In contrast, diagnostic evaluation of the VPA indicated problematic performance, notably very high retrospective bias and bias between deterministic and stochastic results that could not be satisfactorily addressed in the time available. Given this, Group did not recommend the VPA for projections or quantitative stock status determinations at this time, though we do not rule out its utility in the future.

The Group also received a paper (SCRS/2021/143) where the reconditioned MSE Operating Models (OMs) for the Atlantic bluefin stocks are used to provide estimates of the trend in spawning biomasses of the two stocks of origin under a continuation of the current west area TAC of 2,350 t for 2022. The result is a median (across the OMs) increase in the spawning biomass of the western stock of 6% from 2022 to 2023, with a 21% probability of a decrease. The purpose was to complement results under preparation from refined and updated conventional assessment methods. The Group noted the results of this paper.

Projections were conducted using Stock Synthesis, based on estimates from the 2021 Final model. Biological and fisheries parameters used for projections, e.g. growth and fleet selectivities, were derived from the deterministic run. The fishing mortality status (i.e. the probability that the stock is currently undergoing overfishing relative to  $F_{0.1}$ ) was calculated for the terminal model year (2020; therefore  $F_{2020}/F_{0.1}$ ), based on the average  $F$  of ages 10 to 20. The  $F$  reference point,  $F_{0.1}$ , was calculated in Stock Synthesis from the yield-per-recruit curve. Uncertainty in current fishing mortality relative to  $F_{0.1}$  was determined by the multivariate lognormal approximation approach (Walter *et al.*, 2018; Winker *et al.*, 2019).

Future recruitment was assumed equal to the average of estimates over the period 2012 to 2017 (approximately 330,000 age-0 recruits per year). The recent three-year (2018 to 2020) recruitment estimates were also replaced with the projected average, as there were few data to inform those estimates and highly uncertain. Selectivity was assumed constant in the future, equal to the mean of 2018 to 2020 estimates (**Figure 23**). A fixed catch in 2021 equal to the TAC (2350t) was assumed, followed by three years (2022 to 2024) of alternative constant catches ranging from 2000 to 5000 by 100 t increments, as well as 2350 t (current TAC) scenarios. Fleet catch allocations varied across scenarios according to the allocation table outlined in Rec. 17-06, and the recent three-year (2018 to 2020) average catch ratio among CPCs (**Table 7**).

Changes in selectivity assumptions in Stock Synthesis improved performance of the models and rectified some model misspecification but did not rectify all of the conflicts in the models such as conflicts in the indices. The resulting changes to the model specifications show a substantial higher total biomass scale relative to the 2020 models (**Figure 24**) as well as a 30% increase in  $F_{0.1}$  (going from 0.091 to 0.118). Furthermore, the variability in absolute scale differences between the 2017, the 2020 and now the 2021 models (**Figure 25**) is potentially indicative of a common issue of stock assessment models that are particularly challenged in the ability to estimate absolute scale (Deroba *et al.*, 2015). This has certainly been a concern with the VPA for the East and Mediterranean stock and, given the increasing influence of eastern origin fish in western fisheries (Puncher *et al.*, 2021), it is possible that the western-area assessments face similar challenges.

Recent assessments of both the eastern and western stocks developed catch advice based on the maintaining the status of the stock as not undergoing overfishing, measured as the current average fishing mortality rate relative to a  $F_{0.1}$  reference point. The choice of  $F_{0.1}$  was selected due to uncertainty in long-term recruitment potential while accounting for changes in recent recruitment and fishery selectivity dynamics over time. Accordingly, the Group

has elected to focus on fishing-mortality based reference points that do not require knowledge of long-term recruitment potential, but nevertheless can be implemented in a manner that will lead to rebuilding. The reference point of choice for both the eastern and western stocks has been  $F_{0.1}$  (Anon., 2017).

The fishery status for 2020 ( $F_{2020}/F_{0.1}$ ) was determined to be not overfishing with greater than 95% probability. The estimates of fishing mortality relative to  $F_{0.1}$  ( $F_{2020}/F_{0.1}$ ) in 2020 are 0.530 (80% confidence interval = 0.474 - 0.589) and 0.520 (0.467 - 0.575) for late and early maturity scenarios, respectively (**Table 6**). Biomass projections at constant fixed TACs and  $F_{0.1}$  are shown in **Figure 26**.

Recent higher recruitment (both in the catch-at-size and juvenile index of abundance), and a change in the selectivity assumptions of the fleets in Stock Synthesis both resulted in higher predicted yields. The addition of data and revised indices included since 2020 were responsible for ~50% increases in deterministic yield at  $F_{0.1}$  for the 2022-2024 (**Tables 8 and 9**), while further changes in assumptions were responsible in ~50% of the changes.

## **5. Other matters**

There were no additional matters discussed.

## **6. Adoption of the report**

The Report of the 2021 Western Bluefin Stock Assessment Meeting was adopted, except for the first paragraph of section 3.2 and except for the fifth and seventh paragraphs of section 4. The Group adopted the pending paragraphs by correspondence by 18 September 2021. Dr. Walter thanked the participants and the Secretariat for their hard work and collaboration to finalize the report on time. The meeting was adjourned.

## References

- Anon. 2018. Report for biennial period, 2016-17, Part II – Vol. 2. 427 pp.
- Anon. 2021a. *In press*. Report of the first 2021 intersessional meeting of the Bluefin Tuna Species Group (including W-BFT data preparatory) (Online, 5-13 April 2021). ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 78(3): 1-145.
- Anon. 2021b. Recommendation of the BFT Technical Sub-group on Abundance Indices for West Atlantic bluefin tuna. SCRS/2021/044
- Deroba J.J., Butterworth D.S., Methot R.D., De Oliveira Jr, J.A.A., Fernandez C., Nielsen A., Cadrin S.X., Dickey-Collas M., Legault C.M., Ianelli J., Valero J.L., Needle C.L., O'Malley J.M., Chang Y-J., Thompson G.G., Canales C., Swain D.P., Miller D.C.M., Hintzen N.T., Bertignac M., Ibaibarriaga L., Silva A., Murta A., Kell L.T., de Moor C.L., Parma A.M., Dichmont C.M., Restrepo V.R., Ye Y., Jardim E., Spencer P.D., Hanselman D.H., Blaylock J., Mood M., and Hulson P.-J. F. 2015. Simulation testing the robustness of stock assessment models to error: some results from the ICES strategic initiative on stock assessment methods. *ICES Journal of Marine Science* 72(1): 19-30. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst237>
- Minte-Vera C. V., Maunder M.N., Aires-da-Silva A. M., Satoh K., and Uosaki K. 2017. Get the biology right, or use size-composition data at your own risk. *Fisheries Research* 192:114-125. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.014>
- Puncher G. N., Hanke A., Busawon D., Sylvester E., Golet W., Hamilton L. C., and Scott A. P. 2021. Individual assignment of Atlantic bluefin tuna in the northwestern Atlantic Ocean using single nucleotide polymorphisms reveals an increasing proportion of migrants from the eastern Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0336>
- Sampson D.B. and Scott R. D. 2011. A spatial model for fishery age-selection at the population level. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68(6). <https://doi.org/10.1139/f2011-044>
- Walter J., Hiroki Y., Satoh K., Matsumoto T., Winker H., Urtizberea Ijurco A., and Schirripa M. 2018. Atlantic bigeye tuna stock synthesis projections and Kobe 2 matrices. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 75(7): 2283-2300.
- Waterhouse L., Sampson D.B., Maunder M., and Semmens B. X. 2014. Using areas-as-fleets selectivity to model spatial fishing: Asymptotic curves are unlikely under equilibrium conditions. *Fisheries Research* 158: 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.01.009>.
- Winker H., Kell L., Fu D., Sharma R., Courtney D., Carvalho F., Schirripa M., and Walter J. 2019. A rapid approach to approximate Kobe posteriors from Stock Synthesis assessment models with applications to north Atlantic shortfin mako. SCRS/2019/093 (Withdrawn).

# RAPPORT DE LA RÉUNION D'ÉVALUATION DU STOCK DE THON ROUGE DE L'OUEST DE 2021

(En ligne, 30 août - 1er septembre 2021)

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

La réunion d'évaluation du stock de thon rouge de l'Atlantique Ouest du Groupe d'espèces sur le thon rouge (« le Groupe ») de 2021 s'est tenue en ligne du 30 août au 1er septembre 2021. Le Dr John Walter (États-Unis), rapporteur pour le stock de thon rouge de l'Atlantique Ouest, a ouvert la réunion et a occupé les fonctions de Président. Au nom du Secrétaire exécutif, le Secrétaire exécutif adjoint a souhaité la bienvenue aux participants à la réunion. Conformément à la demande de la Commission de procéder à un examen indépendant de l'évaluation du stock de thon rouge et aux termes de référence de l'examen externe (Anon. 2021a), le Groupe a également compté sur la participation de l'expert invité, le Dr Mark Maunder. Le Président du Groupe a procédé à l'examen de l'ordre du jour qui a été adopté à la suite de quelques modifications (**appendice 1**).

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

<i>Points</i>	<i>Rapporteur</i>
Points 1, 6	A. Kimoto
Points 2.1 et 3.1	K. Gillespie
Points 2.2 et 3.2	H. Fukuda
Point 4	M. Laretta, J. Walter, A. Kimoto
Point 5	N. Taylor

## 2. Diagnostics du modèle

### 2.1 VPA

Le document SCRS/2021/139 documentait l'évaluation de 2021 du thon rouge de l'Atlantique Ouest réalisée au moyen de l'analyse de population virtuelle (VPA). Ce document récapitule les données d'entrée de VPA, les postulats, les résultats provisoires, les diagnostics et les estimations des séries temporelles de la biomasse du stock reproducteur (scénarios de maturité précoce et tardive) pour la période allant de 1974 à 2020, et du recrutement pour la période allant de 1974 à 2017. Le modèle a intégré des révisions des indices clés, en particulier un indice pour les petits poissons (US Rod & Reel (USRR) 66-144). Par rapport à la VPA de 2020 du thon rouge de l'Ouest, les résultats du modèle ont été fortement influencés par l'ajout de données récentes. Les diagnostics du modèle indiquent certains problèmes avec le modèle actualisé, notamment une tendance marquée des valeurs résiduelles pour certains indices et un fort biais rétrospectif.

Le Groupe a noté l'effort substantiel des sous-groupes dans la révision des indices pris en compte dans ce modèle et l'exploration des données liées aux changements du recrutement. Une discussion importante a été consacrée à plusieurs des mauvais résultats de diagnostic de VPA. Il a été noté que les scénarios de continuité de 2021, comparés au cas de base de la VPA de 2020, ont montré une forte différence d'échelle dans les estimations du recrutement et de la biomasse du stock reproducteur à partir de 2005 (**figures 1 et 2**). Le Groupe a également noté l'effet frappant de la suppression du *jackknife* de l'indice USRR 66-144 (**figure 3**), qui a entraîné des augmentations substantielles du recrutement au cours des dernières années (c'est-à-dire que l'indice USRR 66-144 a essentiellement limité une tendance de recrutement très positive). De même, la suppression des données récentes dans l'analyse rétrospective (**figure 4**) a fourni une représentation altérée des schémas de recrutement et de biomasse, entraînant des valeurs récentes plus faibles pour les deux. Compte tenu des faibles valeurs résiduelles associées à l'indice USRR 66-144, il a été suggéré d'exclure cet indice du cas de base. L'auteur a noté que cela pourrait poser un problème pour deux raisons : i) il s'agit du seul indice disponible pour les petits poissons et ii) un scénario rétrospectif sur le *jackknife* USRR 66-144 (**figure 3**) a montré une estimation du recrutement récent encore plus amplifiée et des schémas rétrospectifs encore plus intenses. Une brève discussion a eu lieu sur le biais positif observé dans les bootstraps du recrutement et de la biomasse par rapport aux scénarios déterministes. Il a été suggéré que cela pourrait être le résultat de mauvaises valeurs résiduelles dans les ajustements de poissons juvéniles.



Le Groupe a discuté de l'exclusion de certaines sources de données. Les modèles d'évaluation précédents de la VPA (2017 et 2020) excluaient les indices américains supérieurs à 177 et deux indices canadiens de pêche à la ligne à main dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et dans le golfe du Saint-Laurent (CAN SWNS et CAN GSL). C'était, encore une fois, le cas pour ce modèle d'évaluation en raison de valeurs résiduelles importantes et de schémas résiduels contradictoires dans les indices américains et canadiens (**figure 5**). Cela a donné lieu à une discussion sur la façon dont la sélectivité, la capturabilité et la vulnérabilité ont été prises en compte dans les indices et la VPA. L'auteur a précisé que la sélectivité et la capturabilité étaient constantes pour chaque flottille et indicateur dans les diverses séries temporelles. Ces postulats sont en grande partie fondés sur les analyses réalisées lors de la révision des indices du thon rouge de l'Ouest au début de 2021 (Anon., 2021b), qui indiquaient qu'en raison des normes liées aux permis (par exemple, les limites de prises par classe de taille) et de la dynamique spatiale de la pêche, le ciblage et la taille des prises pour chaque flottille sont conservés d'une année à l'autre. L'auteur a noté que les années où il y a une forte abondance d'une cohorte particulière (potentiellement 2020 qui comptait un grand nombre de spécimens de 2-3 ans observés), ces normes liées aux permis peuvent biaiser négativement l'estimation du F apical de Kobe.

Le Groupe a constaté plusieurs caractéristiques potentiellement problématiques de la performance du modèle et une discussion a eu lieu pour savoir si la VPA serait appropriée pour formuler un avis de gestion. Avant de prendre une décision finale, le Groupe a suggéré que les scénarios de sensibilité suivants soient testés et présentés : i) réduire de moitié la prise par âge pour les petits poissons (c'est-à-dire réduire la quantité absolue de prises pour les âges 2-3) en 2019 et 2020 afin de tester l'influence sur le recrutement par rapport à l'influence de la prise par âge pour les poissons plus âgés ; ii) permettre que l'écart-type du paramètre de lien de vulnérabilité augmente jusqu'à 1,2 ; iii) faire varier dans le temps la sélectivité et la capturabilité de USRR 66-144 et iv) réaliser un bootstrap sans les données de 2020.

Le Groupe s'est vu présenter ces diagnostics supplémentaires (SCRS/2021/139) qui indiquaient que i) la réduction de moitié de la prise par âge de 2-3 ans en 2020 et alternativement en 2019 et 2020 avait peu d'impact sur les schémas résiduels et rétrospectifs problématiques ; ii) l'augmentation de l'écart-type de la vulnérabilité n'avait pas d'impact discernable ; iii) le fait de permettre à la sélectivité et à la capturabilité de USRR 66-144 de varier dans le temps a permis d'obtenir des ajustements et des valeurs résiduelles légèrement meilleurs, mais n'a pas amélioré les mauvaises rétrospectives et iv) les bootstraps qui excluaient les données de 2020 présentaient toujours un biais positif important par rapport aux scénarios déterministes. En général, aucun de ces tests n'a amélioré les schémas rétrospectifs rétrospectives et les valeurs résiduelles. L'auteur a également testé la sensibilité du modèle aux poissons d'âge 1 dans les données de capture. La prise relativement faible de poissons d'âge 1 a été réduite à la prise d'un seul poisson d'âge 1 chaque année depuis 1995. De manière surprenante, cela a entraîné une réduction significative du recrutement à partir de 2007. Notamment, le schéma positif de recrutement récent a disparu. Cela semble indiquer que des données pauvres en informations ont un effet trop important sur les estimations du recrutement, même si la sélectivité pour ce groupe d'âge est nulle ou presque nulle (la limite de taille minimale est de 67 cm). Après quelques discussions, le Groupe a convenu que ces résultats de diagnostic inhabituels devraient exclure ce modèle, dans sa forme actuelle, de tout développement ultérieur et de la formulation de l'avis de gestion. Il a toutefois été suggéré que les informations qualitatives de ce modèle pourraient être utilisées pour étayer l'avis de gestion de ce Groupe.

## 2.2 Stock Synthesis

Les documents SCRS/2021/140 et SCRS/2021/141 présentaient les données d'entrée et la configuration du modèle du cas de base potentiel intégré à la version 3.30.14 de *Stock Synthesis* aux fins de l'évaluation du stock de thon rouge de l'Atlantique Ouest de 2021. Les données de capture et de composition de la période historique (1950-2018) étaient presque identiques alors que celles pour les années 2019-2020 ont été mises à jour. La plupart des indices d'abondance ont simplement été mis à jour en utilisant la même méthode de standardisation avec des données actualisées. Quatre des 12 indices d'abondance ont fait l'objet d'une mise à jour majeure visant à réviser la méthode de curation et de standardisation des données, sur la base d'un examen approfondi et après accord du sous-groupe technique sur les indices d'abondance et du Groupe d'espèces sur le thon rouge.

Compte tenu du jeu de données, les auteurs ont noté que les scénarios de type *continuité* (scénarios de continuité et prototype, **tableau 1**), qui se conformait le plus possible à la configuration du modèle d'évaluation du stock de 2020, avec les deux années supplémentaires de données (2019 et 2020) a rencontré des difficultés de convergence du modèle ainsi qu'un conflit d'information notable entre les données pour les estimations de l'échelle de la population. Pour résoudre ces problèmes, une modification a été proposée, qui a fait passer la forme de la sélectivité d'une sélectivité asymptotique à une sélectivité en forme de dôme pour toutes les flottilles, à l'exception de l'indice CAN GSL. Cette modification a réduit le conflit de données lié aux estimations à l'échelle de la population et a

permis au modèle de mieux respecter les critères de convergence vers un gradient final plus petit que le modèle de type *continuité*. Le Groupe a accepté quelques changements mineurs, principalement pour éviter que des données aberrantes aient un impact trop important sur les probabilités, tels que 1) la suppression d'un point de données de CPUE (année 1986) de la CPUE historique des palangriers japonais (début de période JPN LL) ; 2) l'agrégation des cinq derniers intervalles des données de composition des tailles (au-dessus de 300 cm) pour la palangre américaine et mexicaine (MEX-USA LL) dans le golfe du Mexique (GOM) ; 3) le fait de ne pas fixer mais d'estimer la mortalité par pêche en équilibre initial pour le harpon canadien et américain (CAN USA HP) sur la base des données initiales de capture en conditions d'équilibre.

Le modèle de base proposé présentait quelques améliorations dans la convergence du modèle (diagnostiquée par des perturbations aléatoires des valeurs de départ de tous les paramètres) et la cohérence du modèle (diagnostiquée par le profil de vraisemblance sur le paramètre d'échelle de population fixe et l'analyse rétrospective pour les estimations de biomasse du stock reproducteur) par rapport aux évaluations précédentes. L'analyse de la qualité de l'ajustement n'a pas indiqué l'inadéquation critique du cas de base du modèle proposé aux données agrégées de composition des tailles. Bien que l'ajustement du modèle à l'indice du début de la période JPN LL ait été amélioré en termes de pénalité de vraisemblance, l'ajustement global du modèle aux indices d'abondance reste un problème comme dans plusieurs évaluations précédentes. Les auteurs ont également présenté les résultats des diagnostics utilisant les modèles de production structurés par âge (ASPM) et l'analyse de la courbe des captures (CCA). Les ASPM ont élucidé la relation de production dans le modèle sous les processus biologiques et de ponction postulés et une cohérence dans certaines des données d'entrée avec cette relation. La CCA indiquait quelques contributions des données de composition des tailles à l'estimation de la biomasse absolue, bien qu'elle ne soit pas cohérente avec la relation de production élucidée par les ASPM.

Le Groupe a discuté des changements de forme de la sélectivité, passant d'une forme asymptotique à une forme en dôme, car il s'agit d'un changement important du postulat du modèle. Des recherches récentes (Sampson et Scott, 2011 ; ainsi que la pratique de modélisation de Waterhouse et al., 2014) indiquent que la sélectivité asymptotique basée sur la longueur doit être choisie avec soin car la sélectivité asymptotique dans le modèle, qui s'adapte aux données de composition de la taille, est un postulat fort qui implique une limite supérieure à la taille de la population avec les autres postulats biologiques (par exemple, la mortalité naturelle et la croissance) (Mintevera et al., 2017). Par ailleurs, il existe aussi souvent une confusion entre l'épuisement et la courbe en forme de dôme de la branche descendante. Pour cette raison, il existe une pratique générale de modélisation, pratique et souhaitable, qui consiste à postuler qu'une flottille est asymptotique, si cela est raisonnable, ce qui aide le modèle à interpréter la branche descendante de la courbe de capture. Dans ce cas, la pêche à la ligne à main dans le golfe du Saint-Laurent de 1950 à 1987 serait modélisée comme étant asymptotique, cette flottille étant la seule flottille asymptotique.

Il a été suggéré que la sélectivité asymptotique constante pour LL MEX-USA serait appropriée étant donné les connaissances biologiques sur la migration à des fins de reproduction des poissons de grande taille et la stabilité historique des flottilles palangrières dans le golfe du Mexique (GOM). Cependant, il y a aussi des contre-arguments selon lesquels la pêcherie pourrait être en forme de dôme étant donné les distributions spatiales et temporelles des poissons de plus grande taille ainsi que le fonctionnement de la pêcherie. Une observation a été mise en évidence : on estime qu'il y a une nette tendance à la baisse dans la sélectivité de JPN LL dans le GOM, bien que cette flottille ait été prédominante entre le milieu des années 1970 et le début des années 1980 et qu'elle ait ciblé une grande cohorte de reproducteurs. En réponse à cette observation, le possible effet de ciblage de cohorte qui pourrait donner à la sélectivité une forme de dôme est suggéré avec une autre observation que des poissons de plus grande taille ont été capturés par CAN GSL dans la même décennie. Après la longue discussion concernant la sélectivité de JPN LL dans le GOM, qui a pris en compte la fiabilité des données et le manque de données sur la composition par âge, le Groupe a convenu que les changements suggérés dans la sélectivité étaient raisonnables, pour autant qu'ils ne donnent pas lieu à une instabilité dans le modèle ou à une échelle irréaliste.

La décision de permettre à la flottille du CAN GSL 2010-2020 d'être en forme de dôme a été motivée par le changement marqué de la longueur moyenne (**figure 6**) dans la pêcherie après 2008, lorsqu'il y a eu un changement dans les opérations de la flottille. Il a également été noté qu'il y a eu une augmentation substantielle de la fraction des migrants de l'Est dans cette pêcherie, en particulier chez les plus jeunes (Puncher et al., 2021).

Le Groupe a également discuté des autres changements mineurs appliqués au modèle ainsi que des résultats généraux du modèle Stock Synthesis. Une suggestion a été faite pour estimer la sélectivité de la pêcherie du CAN GSL entre 1988 et 2009, puisque les données sur la composition par taille de cette flottille seraient plus représentatives de leurs ponctions que celles du CAN GSL depuis 1988, qui ont été utilisées pour estimer la sélectivité du CAN GSL avant 1987 dans le cas de base proposé. Les auteurs ont montré les résultats du modèle,

qui incluent les données de composition par taille de la pêcherie du CAN GSL depuis 1988 et indiquent que la performance du modèle n'a pas été dégradée par cette modification. Le Groupe a approuvé le modèle final de 2021 (**tableau 1**) qui supposait que la flottille de sélectivité asymptotique correspondait à la période initiale (1988-2009) du CAN GSL depuis 1988.

### 3. Résultats de l'évaluation

#### 3.1 VPA

En raison des mauvais diagnostics du modèle, la VPA n'a pas été développée davantage ni utilisée pour fournir l'état des stocks et les projections. Les tendances suivantes du modèle sont très incertaines et devraient être interprétées avec une grande prudence. En dépit de ces problèmes, le Groupe a accepté que la VPA indique une amélioration de l'état des ressources par rapport à celui estimé dans l'évaluation de 2020 (**figure 2**).

Les estimations VPA de la mortalité par pêche récente ont eu une tendance constante à la baisse et étaient plus faibles pendant l'année terminale qu'historiquement pour la plupart des âges. La mortalité par pêche apicale ( $F$  à l'âge maximum annuel) a montré les taux les plus bas actuellement, par rapport à l'ensemble de la série temporelle et a indiqué qualitativement que la mortalité par pêche était inférieure à  $F_{0,1}$ . Les estimations du recrutement ont montré une variabilité interannuelle relativement élevée au cours des 15 dernières années, les estimations de l'année terminale étant nettement supérieures à celles des années précédentes. L'augmentation de la biomasse reproductrice au cours des deux dernières décennies reflète les nombreux événements de recrutement élevé depuis 2003 et au cours des 17 dernières années.

#### 3.2 Stock Synthesis

Les modèles finaux recommandés sont présentés au **tableau 2**, incluant les estimations de paramètres (**tableaux 3-4**), les quantités dérivées (**tableau 5**) et les points de référence (**tableau 6**). Les **tableaux 5 et 6** énumèrent également les vraisemblances et les points de référence de chacun des modèles présentés au Groupe. Les diagnostics des modèles, les ajustements aux indices et à la composition des tailles et les sélectivités estimées sont présentés dans les **figures 7 à 21**. La **figure 22** présente les estimations de la biomasse du stock reproducteur, du recrutement, du ratio de la biomasse aux niveaux non exploités et de la mortalité par pêche pour le modèle final de 2021.

Le Groupe a examiné attentivement les estimations de recrutement (âge 0) et en a discuté, en particulier pour quelques recrutements récents survenus en 2017-2018 qui ont été estimés plus élevés que les autres années récentes. Les auteurs rappellent que ces recrutements ont été principalement informés par les données de l'année 2020 provenant de l'indice d'abondance des juvéniles (USRR 66-144) et de ses données de composition par taille, et que la fiabilité des informations sur le recrutement provenant de ces données a été confirmée par l'analyse ASPM-R. Il est également suggéré que ces recrutements ont été estimés sur la base de l'observation de grandes quantités de poissons plus petits et qu'il y a de nombreuses raisons pour lesquelles cela pourrait être le cas. Cela pourrait être dû à une forte cohorte, peut-être due à des poissons migrants originaires de l'Est, à une croissance plus lente des poissons, ou à un changement dans la sélectivité de la pêcherie, car nous supposons une sélectivité basée sur la longueur invariable dans le temps. Comme pour tout signe précoce de recrutement, la force et l'ampleur seront confirmées par des années supplémentaires de données donnant un signal répété dans la composition et les indices d'âge ultérieurs. Le Groupe a également noté que l'intervalle de confiance de 95% de l'écart de recrutement pour 2018 chevauchait zéro, ce qui indique que ce recrutement n'a pas été bien estimé.

### 4. Projections et avis de gestion

*Stock Synthesis* a été jugé approprié pour l'avis en matière de projection et a passé avec succès les critères de performance de diagnostic. En revanche, l'évaluation diagnostique de la VPA a révélé des performances problématiques, notamment un biais rétrospectif très élevé et un biais entre les résultats déterministes et stochastiques qui n'ont pu être traités de manière satisfaisante dans le temps imparti. Compte tenu de ces éléments, le Groupe n'a pas recommandé la VPA pour les projections ou les déterminations quantitatives de l'état du stock à l'heure actuelle, tout en n'excluant pas son utilité à l'avenir.

Le Groupe a également reçu un document (SCRS/2021/143) dans lequel les modèles opérationnels (OM) reconditionnés de la MSE pour les stocks de thon rouge de l'Atlantique sont utilisés pour fournir des estimations de la tendance des biomasses reproductrices des deux stocks d'origine dans le cadre d'un maintien du TAC actuel de 2.350 t pour 2022 dans la zone occidentale. Le résultat est une augmentation de la médiane (sur l'ensemble des OM) de la biomasse reproductrice du stock occidental de 6% entre 2022 et 2023, avec une probabilité de 21% de diminution. L'objectif était de compléter les résultats en cours de préparation à partir de méthodes d'évaluation conventionnelles affinées et actualisées. Le Groupe a pris note des résultats de ce document.

Les projections ont été réalisées à l'aide de *Stock Synthesis*, sur la base du modèle final de 2021. Les paramètres biologiques et des pêcheries utilisés pour les projections, par exemple la croissance et la sélectivité de la flottille, ont été obtenus du scénario déterministe. L'état de la mortalité par pêche (c'est-à-dire la probabilité que le stock subisse actuellement une surpêche par rapport à  $F_{0,1}$ ) a été calculé pour l'année terminale du modèle (2020 ; par conséquent  $F_{2020}/F_{0,1}$ ), sur la base du F moyen des âges 10 à 20. Le point de référence de F,  $F_{0,1}$ , a été calculé dans *Stock Synthesis* à partir de la courbe de production par recrue. L'incertitude de la mortalité par pêche actuelle par rapport à  $F_{0,1}$  a été déterminée par l'approche d'approximation lognormale multivariée (Walter, et al, 2018 ; Winker et al., 2019).

Le recrutement futur a été supposé égal à la moyenne des estimations de la période 2012 à 2017 (environ 330.000 recrues d'âge 0 par an). Les récentes estimations de recrutement sur trois ans (2018 à 2020) ont également été remplacées par la moyenne projetée, car il y avait peu de données pour informer ces estimations et elles étaient très incertaines. On a supposé une sélectivité constante à l'avenir, égale à la moyenne des estimations de 2018 à 2020 (**figure 23**). On a supposé une prise fixe en 2021 égale au TAC (2.350 t), suivie de trois années (2022 à 2024) de prises constantes alternatives allant de 2.000 à 5.000 t par incréments de 100 t, ainsi que des scénarios de 2.350 t (TAC actuel). Les allocations de captures de la flottille variaient selon les scénarios, conformément au tableau d'allocation présenté dans la Rec. 17-06, et au ratio de capture moyenne sur les trois récentes années (2018 à 2020) parmi les CPC (**tableau 7**).

Les changements dans les hypothèses de sélectivité dans *Stock Synthesis* ont amélioré les performances des modèles et rectifié certaines mauvaises spécifications des modèles, mais n'ont pas rectifié tous les conflits dans les modèles tels que les conflits dans les indices. Les changements qui en résultent pour les spécifications du modèle montrent une échelle de biomasse totale nettement plus élevée par rapport aux modèles de 2020 (**figure 24**) ainsi qu'une augmentation de 30% de  $F_{0,1}$  (passant de 0,091 à 0,118). En outre, la variabilité des différences d'échelle absolue entre les modèles de 2017, de 2020 et maintenant de 2021 (**figure 25**) est potentiellement indicative d'un problème commun aux modèles d'évaluation des stocks qui sont particulièrement confrontés à la difficulté d'estimer l'échelle absolue (Deroba et al., 2015). Cela a certainement été une préoccupation avec la VPA pour le stock de l'Est et de la Méditerranée, compte tenu de l'influence croissante des poissons d'origine orientale dans les pêcheries occidentales (Puncher et al., 2021). Il est possible que les évaluations de la zone occidentale soient confrontées à des défis similaires.

Les évaluations récentes des stocks de l'Est et de l'Ouest ont permis de formuler des avis de capture fondés sur le maintien de l'état du stock comme ne faisant pas l'objet d'une surpêche, mesuré comme étant le taux moyen actuel de mortalité par pêche par rapport à un point de référence  $F_{0,1}$ . Le choix de  $F_{0,1}$  a été retenu en raison de l'incertitude du potentiel de recrutement à long terme tout en tenant compte des changements dans la dynamique du recrutement récent et de la sélectivité des pêcheries au fil du temps. Par conséquent, le Groupe a décidé de se concentrer sur des points de référence basés sur la mortalité par pêche qui ne nécessitent pas des connaissances sur le potentiel de recrutement à long terme mais qui peuvent toutefois être mis en œuvre d'une façon qui débouchera sur le rétablissement. Le point de référence choisi pour les stocks de l'Est et de l'Ouest est  $F_{0,1}$  Anon., 2017).

L'état de la pêcherie pour 2020 ( $F_{2020}/F_{0,1}$ ) a été déterminé comme ne faisant pas l'objet d'une surpêche avec une probabilité supérieure à 95%. Les estimations de la mortalité par pêche par rapport à  $F_{0,1}$  ( $F_{2020}/F_{0,1}$ ) en 2020 sont de 0,530 (intervalle de confiance à 80% = 0,474 - 0,589) et de 0,520 (0,467 - 0,575) pour les scénarios de maturité tardive et précoce, respectivement (**tableau 6**). Les projections de la biomasse à des TAC fixes constants et  $F_{0,1}$  sont présentées dans le **figure 26**.

L'augmentation récente du recrutement (à la fois dans la prise par taille et l'indice d'abondance des juvéniles) et un changement dans les hypothèses de sélectivité des flottilles dans *Stock Synthesis* ont tous deux entraîné des productions prédites plus élevées. L'ajout de données et les indices révisés inclus depuis 2020 ont été responsables d'une augmentation d'environ 50% de la production déterministe à  $F_{0,1}$  pour la période 2022-2024 (**tableaux 8 et 9**), tandis que d'autres changements dans les hypothèses ont été responsables d'environ 50% des changements.

## **5. Autres questions**

Aucune question supplémentaire n'a été discutée.

## **6. Adoption du rapport**

Le rapport de la réunion de l'ICCAT de 2021 d'évaluation du stock de thon rouge de l'Ouest a été adopté, à l'exception du premier paragraphe de la section 3.2 et des cinquième et septième paragraphes de la section 4. Le Groupe a adopté les paragraphes en suspens par correspondance le 18 septembre 2021. Le Dr Walter a remercié les participants et le Secrétariat pour leur travail intense et leur collaboration afin de finaliser le rapport à temps. La réunion a été levée.

## Bibliographie

- Anon. 2018. Report for biennial period, 2016-17, Part II – Vol. 2. 427 pp.
- Anon. 2021a. *In press*. Report of the first 2021 intersessional meeting of the Bluefin Tuna Species Group (including W-BFT data preparatory) (Online, 5-13 April 2021). ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 78(3): 1-145.
- Anon. 2021b. Recommendation of the BFT Technical Sub-group on Abundance Indices for West Atlantic bluefin tuna. SCRS/2021/044
- Deroba J.J., Butterworth D.S., Methot R.D., De Oliveira Jr, J.A.A., Fernandez C., Nielsen A., Cadrin S.X., Dickey-Collas M., Legault C.M., Ianelli J., Valero J.L., Needle C.L., O'Malley J.M., Chang Y-J., Thompson G.G., Canales C., Swain D.P., Miller D.C.M., Hintzen N.T., Bertignac M., Ibaibarriaga L., Silva A., Murta A., Kell L.T., de Moor C.L., Parma A.M., Dichmont C.M., Restrepo V.R., Ye Y., Jardim E., Spencer P.D., Hanselman D.H., Blaylock J., Mood M., and Hulson P.-J. F. 2015. Simulation testing the robustness of stock assessment models to error: some results from the ICES strategic initiative on stock assessment methods. *ICES Journal of Marine Science* 72(1): 19-30. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst237>
- Minte-Vera C. V., Maunder M.N., Aires-da-Silva A. M., Satoh K., and Uosaki K. 2017. Get the biology right, or use size-composition data at your own risk. *Fisheries Research* 192:114-125. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.014>
- Puncher G. N., Hanke A., Busawon D., Sylvester E., Golet W., Hamilton L. C., and Scott A. P. 2021. Individual assignment of Atlantic bluefin tuna in the northwestern Atlantic Ocean using single nucleotide polymorphisms reveals an increasing proportion of migrants from the eastern Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0336>
- Sampson D.B. and Scott R. D. 2011. A spatial model for fishery age-selection at the population level. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68(6). <https://doi.org/10.1139/f2011-044>
- Walter J., Hiroki Y., Satoh K., Matsumoto T., Winker H., Urtizberea Ijurco A., and Schirripa M. 2018. Atlantic bigeye tuna stock synthesis projections and Kobe 2 matrices. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 75(7): 2283-2300.
- Waterhouse L., Sampson D.B., Maunder M., and Semmens B. X. 2014. Using areas-as-fleets selectivity to model spatial fishing: Asymptotic curves are unlikely under equilibrium conditions. *Fisheries Research* 158: 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.01.009>.
- Winker H., Kell L., Fu D., Sharma R., Courtney D., Carvalho F., Schirripa M., and Walter J. 2019. A rapid approach to approximate Kobe posteriors from Stock Synthesis assessment models with applications to north Atlantic shortfin mako. SCRS/2019/093.

# INFORME DE LA REUNIÓN DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE ATÚN ROJO DEL OESTE DE 2021

(En línea, 30 de agosto - 1 de septiembre de 2021)

## 1. Apertura de la reunión, adopción del orden del día, disposiciones para la reunión y designación de relatores

La reunión de 2021 de evaluación de stock de atún rojo del Atlántico oeste del Grupo de especies de atún rojo («el Grupo») se celebró en línea del 30 de agosto al 1 de septiembre de 2021. El Dr. John Walter (Estados Unidos), relator del stock del Atlántico oeste (WBFT), inauguró la reunión y actuó como presidente. En nombre del secretario ejecutivo, el secretario ejecutivo adjunto dio la bienvenida a los participantes en la reunión. De acuerdo con la solicitud de la Comisión de una revisión independiente de la evaluación de WBFT y con los términos de referencia para la revisión externa (Anón. 2021a), el Grupo contó también con la participación del experto invitado, el Dr. Mark Maunder. El presidente del Grupo procedió a revisar el orden del día, que se adoptó con algunos cambios (**Apéndice 1**).

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

<i>Sección</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1, 6	A. Kimoto
Puntos 2.1, 3.1	K. Gillespie
Puntos 2.2, 3.2	H. Fukuda
Punto 4	M. Lauretta, J. Walter, A. Kimoto
Punto 5	N. Taylor

## 2. Diagnósticos del modelo

### 2.1. VPA

El SCRS/2021/139 documentaba la evaluación de 2021 del atún rojo del Atlántico occidental utilizando un análisis de población virtual (VPA). Este documento resume los datos de entrada, los supuestos, los resultados provisionales, los diagnósticos y las estimaciones de la serie temporal de la biomasa del stock reproductor del VPA (escenarios de madurez temprana y tardía) para el periodo de 1974 a 2020, y el reclutamiento para el periodo 1974 a 2017. El modelo incorporaba revisiones de los índices clave, particularmente un índice de peces pequeños (caña y carrete de Estados Unidos (USRR) 66-144). En relación con el VPA para el atún rojo del Atlántico oeste de 2020, los resultados estaban muy influidos por el añadido de datos recientes. Los diagnósticos del modelo indican algunos problemas con el modelo actualizado, lo que incluye una fuerte tendencia en los valores residuales para algunos índices y un fuerte sesgo retrospectivo.

El Grupo constató el gran esfuerzo realizado por los subgrupos para revisar los índices considerados en este modelo y la exploración de los datos relacionados con cambios en el reclutamiento. Las discusiones se centraron en varios de los pobres resultados de los diagnósticos del VPA. Se indicó que los ensayos de continuidad de 2021, en comparación con el caso base del VPA de 2020, presentaban una gran diferencia de escala en las estimaciones de reclutamiento y de la biomasa del stock reproductor desde 2005 en adelante (**Figura 1 y 2**). El Grupo señaló también el efecto sorprendente de la eliminación de jackknife del índice USRR 66-144 (**Figura 3**), que provoca aumentos sustanciales en el reclutamiento en años recientes (es decir, que USRR 66-144 limita esencialmente una tendencia en el reclutamiento muy positiva). De manera similar, la eliminación de datos recientes en el análisis retrospectivo (**Figura 4**) facilitaba una representación alterada de los patrones del reclutamiento y biomasa, dando lugar a valores recientes inferiores para ambos. Observando los pobres valores residuales asociados con el índice USRR 66-144, se sugirió que el caso base podría excluir este índice. El autor indicó que esto podría ser problemático por dos razones: i) este es el único índice disponible de peces pequeños y ii) un ensayo retrospectivo en el jackknife USRR 66-144 (**Figura 3**) mostraba una estimación de reclutamiento reciente aún más amplificada y patrones retrospectivos aún más intensos. Se mantuvo una breve discusión sobre el sesgo positivo observado en los bootstraps tanto del reclutamiento como de la biomasa en relación con los ensayos deterministas. Se sugirió que esto podría ser el resultado de pobres valores residuales en los ajustes de los peces juveniles.

El Grupo discutió la exclusión de algunas fuentes de datos. Los modelos de la evaluación VPA anteriores (2017 y 2020) excluían los índices de Estados Unidos superiores a 177 y dos de liña de mano de Canadá en el sudoeste de Nueva Escocia y en el golfo de San Lorenzo (CAN SWNS y CAN GSL). Este fue, de nuevo, el caso para este modelo de evaluación debido a los grandes valores residuales y patrones residuales conflictivos en los índices de Estados Unidos y Canadá (**Figura 5**). Esto provocó la discusión de cómo se consideraban la selectividad, la capturabilidad y la vulnerabilidad en ambos índices y en el VPA. El autor aclaró que la selectividad y la capturabilidad se mantenían constantes para cada flota e indicador en las diversas series temporales. Estos supuestos estaban muy motivados por los análisis realizados durante la revisión de los índices de WBFT realizada a principios de 2021 (Anón. 2021b), que indicaban que debido a normas relacionadas con los permisos (por ejemplo, límites de clases de talla) y a dinámicas espaciales de la pesquería, la especie objetivo y el tamaño de la captura para cada flota se mantiene a lo largo de los años. El autor indicó que, en los años en los que hay una gran abundancia de una cohorte particular (potencialmente 2020, cuando se observó un gran número de ejemplares de 2-3 años), estas normas sobre relacionadas con los permisos podrían sesgar negativamente la estimación de la  $F$  apical de Kobe,

Observando diversos rasgos potencialmente problemáticos en el rendimiento del modelo, se discutió si el VPA sería adecuado para facilitar el asesoramiento en materia de ordenación. Antes de tomar una decisión final, el Grupo sugirió probar y presentar los siguientes ensayos de sensibilidad: i) reducir a la mitad la captura por edad de los peces pequeños (es decir, reducir la cantidad absoluta de captura para las edades 2-3) en 2019 y 2020 para probar la influencia en el reclutamiento frente a la influencia de la captura por edad para los peces mayores, ii) permitir que la desviación estándar en el parámetro de vinculación de vulnerabilidad aumente hasta 1,2, iii) hacer variar en el tiempo la selectividad y la capturabilidad del USRR 66-144 y iv) realizar un bootstrap sin los datos de 2020.

Se presentaron al grupo estos diagnósticos adicionales (SCRS/2021/139) que indicaban que i) reducir a la mitad la captura por edad para los ejemplares de 2-3 años en 2020 y alternativamente tanto en 2019 como en 2020 tenía poco impacto en los patrones residuales y retrospectivos problemáticos, ii) aumentar la desviación estándar de la vulnerabilidad no tenía un impacto perceptible, iii) permitir que la selectividad y la capturabilidad del USRR 66-144 varíen en el tiempo daba lugar a ligeramente mejores ajustes y valores residuales, sin embargo no mejoraba las retrospectivas pobres y iv) los bootstraps que excluían los datos de 2020 aun presentaban un importante sesgo positivo en relación con los ensayos deterministas. En general, ninguna de estas pruebas mejoró los patrones residuales ni retrospectivos. El autor probó también la sensibilidad del modelo a los peces de edad 1 en los datos de captura. La captura relativamente pequeña de peces de edad 1 se redujo a una captura de un solo pez de edad 1 en cada año desde 1995. Sorprendentemente, esto dio lugar a que el reclutamiento, desde 2007 en adelante, se redujera significativamente. En particular, el patrón del reclutamiento reciente positivo desaparecía. Esto podría parecer que indica que los datos con poca información están teniendo un efecto indebidamente grande en las estimaciones de reclutamiento, incluso cuando la selectividad para este grupo de edad es cero o cercana a cero (el límite de talla mínima es 67 cm). Tras alguna discusión, el Grupo acordó que estos resultados de los diagnósticos inusuales deberían impedir más desarrollos de este modelo, en su forma actual, así como que sirva para facilitar el asesoramiento en materia de ordenación. Se sugirió, sin embargo, que la información cualitativa para este modelo podría utilizarse para respaldar el asesoramiento de ordenación de este Grupo.

## 2.2. Stock Synthesis

Los documentos SCRS/2021/140 y SCRS/2021/141 presentaban los datos de entrada y la configuración del modelo de los casos base candidatos del modelo incluidos en la versión de Stock Synthesis 3.30.14 para la evaluación de 2021 del atún rojo del Atlántico oeste. Los datos de captura y composición a lo largo del periodo histórico (1950-2018) eran casi idénticos, mientras que los de los años 2019-2020 fueron actualizados. La mayoría de los índices de abundancia fueron simplemente actualizados usando el mismo método de estandarización con datos actualizados. Las mayores actualizaciones se realizaron en cuatro de los doce índices de abundancia para revisar el método de conservación y estandarización de los datos basándose en la exhaustiva revisión y posterior acuerdo del Subgrupo técnico sobre índices de abundancia, y del Grupo de especies de atún rojo.

Teniendo en cuenta el conjunto de datos, los autores indicaron que el ensayo de tipo continuidad (ensayos de continuidad y prototipo de 2021, **Tabla 1**), que se ajustaba a la configuración del modelo de evaluación de stock de 2020 lo máximo posible, con dos años adicionales de datos (2019 y 2020), experimentaba dificultades en la convergencia del modelo, así como un importante conflicto de información en los datos para las estimaciones de la escala de la población. Para resolver estos problemas, se propuso una modificación que cambiaba la forma de la selectividad de selectividad asintótica a selectividad en forma de cúpula para todas las flotas excepto para el



índice CAN GSL. Esta modificación reducía el conflicto en los datos de los en las estimaciones de la escala de la población y permitía que el modelo lograra mejor los criterios de convergencia hasta un gradiente final más pequeño que el modelo de tipo continuidad. El Grupo acordó algunos pequeños cambios principalmente para evitar permitir que, probablemente, datos atípicos tuvieran un excesivo impacto en las verosimilitudes, como 1) eliminar un punto de datos de la CPUE (año 1986) de la CPUE histórica de palangre japonés (JPN LL temprano), 2) agregar los cinco últimos intervalos de datos de composición por tallas (por encima de 300 cm) para el palangre estadounidense y mexicano (MX-USA LL) en el golfo de México (GOM), 3) no fijar sino estimar la mortalidad por pesca en equilibrio inicial para el arpón estadounidense y canadiense (CAN USA HP) basándose en los datos iniciales de la captura en equilibrio.

El caso base del modelo propuesto mostraba algunas mejoras en la convergencia del modelo (diagnosticadas por perturbaciones aleatorias de los valores iniciales de todos los parámetros) y en la coherencia del modelo (diagnosticada por el perfil de verosimilitud en el parámetro fijado de la escala de la población y en el análisis retrospectivo de las estimaciones de la biomasa del stock reproductor) respecto a evaluaciones anteriores. El análisis de la bondad de ajuste no indicó el mal ajuste crítico del caso base del modelo propuesto a los datos de composición por tallas agregados. Aunque el ajuste del modelo al índice temprano de palangre japonés se mejoró en términos de su penalización de verosimilitud, los ajustes globales del modelo a los índices de abundancia siguen siendo un problema, igual que en varias de las evaluaciones anteriores. Los autores presentaron también los resultados de los diagnósticos utilizando modelos de producción estructurados por edad (ASPM) y el análisis de la curva de captura (CCA). Los ASPM aclaraban la relación de producción en el modelo en el marco de procesos asumidos biológicos y de extracción y una coherencia en algunos de los datos de entrada con esta relación. El CCA indicaba algunas contribuciones de los datos de composición por tallas a la estimación de la biomasa absoluta, aunque no era coherente con la relación de producción aclarada por los ASPM.

El Grupo discutió los cambios en la forma de la selectividad, de asintótica a forma de cúpula, ya que este es un cambio importante del supuesto del modelo. Investigaciones recientes (Sampson y Scott, 2011; así como la práctica de modelación de Waterhouse *et al.*, 2014) indican que la selectividad asintótica basada en la talla debería elegirse con precaución porque la selectividad asintótica en el modelo, que se ajustaba a los datos de composición por tallas, es un supuesto fuerte que implica un límite superior al tamaño de la población junto con otros supuestos biológicos (por ejemplo, mortalidad natural y crecimiento) (Minte-Vera *et al.*, 2017). De forma alternativa, también existe a menudo una confusión entre la merma y la formación en forma de cúpula del extremo descendente. Por esta razón, existe una práctica general de modelación, conveniente y deseable, que consiste en asumir que una flota es asintótica si es razonable, lo que ayuda al modelo a interpretar el extremo descendente de la curva de captura. En este caso, sería modelar la pesquería de liña de mano del golfo de San Lorenzo entre los años 1950-1987 como asintótica siendo la única flota asintótica.

Se sugirió que la selectividad asintótica constante para LL de MEX-USA sería apropiada dado el conocimiento biológico sobre la migración reproductiva de los peces de talla grande y una estabilidad histórica de las flotas de palangre en el golfo de México (GOM). Sin embargo, también se argumentó que la pesquería podría tener forma de cúpula dada la distribución espacial y temporal de los peces de talla mayor, así como el funcionamiento de la pesquería. Se destacó la observación de que hay una tendencia descendente estimada en la selectividad de LL JPN en el GOM, aunque esta flota había sido una flota predominante entre mediados de los años setenta y principios de los ochenta, que tenía como objetivo una una gran cohorte reproductora. Como respuesta a esta observación, se sugiere el posible efecto de objetivo de cohortes que podría hacer que la selectividad tenga forma de cúpula, junto con otra observación de que los peces de talla mayor fueron capturados por CAN GSL en la misma década. Tras el largo debate sobre la selectividad de JPN LL en el GOM, en el que se tuvo en cuenta la fiabilidad de los datos y la falta de datos sobre la composición por edades, el Grupo acordó que los cambios sugeridos en la selectividad eran razonables, siempre y cuando no generen inestabilidad en el modelo o un escalamiento poco realista.

La decisión de permitir que la flota de CAN GSL 2010-2020 tenga forma de bóveda estuvo motivada por el marcado cambio en la talla media (**Figura 6**) en la pesquería posterior a 2008, cuando hubo un cambio en las operaciones de la flota. También se observó que ha habido un aumento sustancial de la fracción de migrantes orientales en esta pesquería, especialmente en las edades más jóvenes (Puncher *et al.*, 2021).

El Grupo también debatió los demás cambios menores aplicados al modelo, así como los resultados generales del modelo stock synthesis. Se sugirió estimar la selectividad de la pesquería de CAN GSL entre 1988 y 2009, ya que los datos de composición por tallas de esta flota serían más representativos de sus extracciones que los de CAN GSL desde 1988, que se utilizaron para estimar la selectividad de CAN GSL antes de 1987 en el caso base propuesto. Los autores mostraron los resultados del modelo, que incluyen los datos de composición por tallas de

la pesquería CAN GSL desde 1988, e indican que el desempeño del modelo no se degradó por esta modificación. El Grupo acordó el modelo final de 2021 (**Tabla 1**) que asumía la flota de selectividad asintótica como el primer período (1988-2009) de CAN GSL desde 1988.

### 3 Resultados de la evaluación

#### 3.1 VPA

Debido a los malos diagnósticos del modelo, el VPA no se desarrolló ni se utilizó para proporcionar el estado del stock y las proyecciones. Las siguientes tendencias del modelo son muy inciertas y deben interpretarse con mucha precaución. A pesar de estos problemas, el Grupo aceptó que el VPA indicaba una mejora del estado de los recursos en comparación con lo estimado en la evaluación de 2020 (**Figura 2**).

Las estimaciones del VPA sobre la mortalidad por pesca reciente presentan una tendencia constante a la baja y son más bajas durante el último año que históricamente para la mayoría de las edades. La mortalidad por pesca apical (máximo anual de  $F$  a la edad) mostró las tasas más bajas en la actualidad, en relación con toda la serie temporal e indicó cualitativamente que la mortalidad por pesca estaba por debajo de  $F_{0.1}$ . Las estimaciones de reclutamiento mostraron una variabilidad interanual relativamente alta a lo largo de los últimos 15 años, con estimaciones del año terminal notablemente superiores a las de los años anteriores. El aumento de la biomasa reproductora durante las dos últimas décadas refleja los varios eventos de reclutamiento elevado desde 2003 y en los últimos 17 años.

#### 3.2 Stock Synthesis

Los modelos finales recomendados son los que figuran en la **Tabla 2**, con las estimaciones de parámetros (**Tablas 3 y 4**), cantidades derivadas (**Tabla 5**) y puntos de referencia (**Tabla 6**). Las **Tablas 5 y 6** también enumeran las probabilidades y los puntos de referencia de cada uno de los modelos presentados al Grupo. Los diagnósticos de los modelos, los ajustes a los índices y a la composición por tallas, y las selectividades estimadas se presentan en las **Figuras 7-21**. La estimación de la biomasa reproductora del stock, el reclutamiento, la ratio de la biomasa con respecto a los niveles no explotados y la mortalidad por pesca para el modelo final de 2021 se muestran en la **Figura 22**.

El Grupo examinó detenidamente y debatió las estimaciones de reclutamiento (edad 0), en particular para un par de reclutamientos recientes que tuvieron lugar en 2017-2018 que se estimaron superiores a los de otros años recientes. Los autores recordaron que esos reclutamientos se basaron principalmente en los datos del año 2020 del índice de abundancia de juveniles (USRR 66-144) y en sus datos de composición por tallas, y la fiabilidad de la información sobre el reclutamiento procedente de esos datos fue confirmada por el análisis ASPM-R. También se sugiere que esos reclutamientos se estimaron basándose en la observación de grandes cantidades de peces más pequeños y que hay numerosas razones por las que esto podría ser así. Esto podría haber ocurrido debido a una fuerte cohorte, posiblemente debida a la migración de peces de origen oriental, a un crecimiento más lento de los peces o a un cambio en la selectividad de la pesquería, ya que asumimos una selectividad basada en la talla invariable en el tiempo. Como ocurre con cualquier señal temprana de reclutamiento, la fuerza y la magnitud se confirmarán con años adicionales de datos que darán una señal repetida en la composición e índices de edades posteriores. El Grupo también observó que el intervalo de confianza del 95 % de la desviación del reclutamiento para 2018 se sobreponía a cero, lo que indicaba que dicho reclutamiento no se había estimado correctamente.

### 4 Proyecciones y asesoramiento de ordenación

Stock synthesis se consideró un método para el asesoramiento de la proyección y superó los criterios de desempeño del diagnóstico. Por el contrario, la evaluación diagnóstica del VPA indicó un desempeño problemático, en particular un sesgo retrospectivo muy elevado y un sesgo entre los resultados deterministas y estocásticos que no pudo abordarse satisfactoriamente en el tiempo disponible. Por ello, el Grupo no recomienda el VPA para proyecciones o determinaciones cuantitativas del estado del stock en este momento, aunque no se descarta su utilidad en el futuro.

El Grupo también recibió un documento (SCRS/2021/143) en el que se utilizan los modelos operativos (OM) de la MSE reacondicionados para los stocks de atún rojo del Atlántico con el fin de proporcionar estimaciones de la tendencia de las biomasa reproductoras de los dos stocks de origen con una continuación del actual TAC de la zona oeste de 2.350 t para 2022. El resultado es un aumento de la mediana (en todos las OM) de la biomasa

reproductora del stock occidental del 6 % de 2022 a 2023, con una probabilidad de disminución del 21 %. El objetivo era complementar los resultados en preparación de los métodos de evaluación convencionales perfeccionados y actualizados. El Grupo tomó nota de los resultados de este documento.

Las proyecciones se realizaron mediante la stock synthesis, a partir de las estimaciones del modelo final de 2021. Los parámetros biológicos y pesqueros utilizados para las proyecciones, por ejemplo, el crecimiento y las selectividades de la flota, se derivaron de la ejecución determinista. El estado actual de la mortalidad por pesca (es decir, la probabilidad de que el stock esté actualmente experimentando sobrepesca en relación con  $F_{0,1}$ ) se calculó para el año terminal del modelo (2020, por lo tanto:  $F_{2020}/F_{0,1}$ ), basándose en la media de  $F$  de las edades 10 a 20. El punto de referencia  $F$ ,  $F_{0,1}$ , se calculó en stock synthesis a partir de la curva de rendimiento por recluta. La incertidumbre en la mortalidad por pesca actual en relación con  $F_{0,1}$  se determinó mediante el enfoque de aproximación lognormal multivariante (Walter et al., 2018; Winker, et al., 2019).

Se asumió que el reclutamiento futuro era igual a la media de las estimaciones durante el periodo de 2012 a 2017 (aproximadamente 330.000 reclutas de edad 0 por año). Las estimaciones recientes de reclutamiento de tres años (2018 a 2020) también se sustituyeron por la media prevista, ya que había pocos datos para informar de esas estimaciones y eran muy inciertas. La selectividad se asumió como constante en el futuro, igual a la media de las estimaciones de 2018 a 2020 (**Figura 23**). Se asumió una captura fija en 2021 igual al TAC (2.350 t), seguida de tres años (2022 a 2024) de capturas constantes alternativas que van de 2.000 a 5.000 en incrementos de 100 t, así como escenarios de 2.350 t (TAC actual). Las asignaciones de capturas de la flota variaron en los distintos escenarios de acuerdo con la tabla de asignaciones descrita en la Rec. 17-06, y el promedio de los tres años recientes (2018 a 2020) de la ratio media de capturas entre las CPC (**Tabla 7**)

Los cambios en los supuestos de selectividad en stock synthesis mejoraron el desempeño de los modelos y rectificaron algunos errores de especificación del modelo, pero no rectificaron todos los conflictos en los modelos, como los conflictos en los índices. Los cambios resultantes en las especificaciones del modelo muestran una escala de biomasa total sustancialmente mayor con respecto a los modelos de 2020 (**Figura 24**), así como un aumento del 30 % en  $F_{0,1}$  (que pasa de 0,091 a 0,118). Además, la variabilidad en las diferencias de escala absoluta entre los modelos de 2017, de 2020 y ahora de 2021 (**Figura 25**) es potencialmente indicativa de un problema común de los modelos de evaluación de stock que se enfrentan particularmente a un reto en cuanto a la capacidad de estimar la escala absoluta (Deroba et al., 2015). Esto ha sido ciertamente una preocupación con el VPA para el stock del este y Mediterráneo y dada la creciente influencia de los peces de origen oriental en las pesquerías occidentales (Puncher et al., 2021). Es posible que las evaluaciones de la zona occidental se enfrenten a retos similares.

En las evaluaciones recientes de los stocks orientales y occidentales se han formulado recomendaciones de capturas basadas en el mantenimiento del estado del stock de no experimentando sobrepesca, medida como la tasa media actual de mortalidad por pesca con respecto a un punto de referencia  $F_{0,1}$ . La elección de  $F_{0,1}$  se realizó debido a la incertidumbre en el potencial de reclutamiento a largo plazo, a la vez que se tienen en cuenta los cambios en el reclutamiento reciente y la dinámica de selectividad de la pesca a lo largo del tiempo. En consecuencia, el Grupo ha optado por centrarse en puntos de referencia basados en la mortalidad por pesca que no requieren conocer el potencial de reclutamiento a largo plazo, pero que, sin embargo, pueden aplicarse de manera que conduzcan a la recuperación. El punto de referencia elegido tanto para el stock oriental como occidental ha sido  $F_{0,1}$  (Anón., 2017).

Se determinó que el estado de la pesquería para 2020 ( $F_{2020}/F_{0,1}$ ) no es de sobrepesca con una probabilidad superior al 95 %. Las estimaciones de la mortalidad por pesca con respecto a  $F_{0,1}$  ( $F_{2020}/F_{0,1}$ ) en 2020 son de 0,530 (intervalo de confianza del 80 % = 0,474 - 0,589) y 0,520 (0,467 - 0,575) para los escenarios de madurez tardía y temprana, respectivamente (**Tabla 6**). Las proyecciones de biomasa con TAC fijos constantes y  $F_{0,1}$  se muestran en la **Figura 26**.

Un mayor reclutamiento reciente (tanto en el índice de abundancia de capturas por talla como en el de juveniles) y un cambio en los supuestos de selectividad de las flotas en synthesis dieron lugar a mayores rendimientos previstos. La adición de datos y los índices revisados incluidos desde 2020 fueron responsables de un aumento del ~50% en el rendimiento determinista en  $F_{0,1}$  para el periodo 2022-2024, (**Tablas 8 y 9**) mientras que otros cambios en los supuestos fueron responsables de ~50 % de los cambios.

## 5 Otros asuntos

No se debatieron adicionales asuntos.

## 6 Adopción del informe

El Informe de la reunión de 2021 de evaluación del stock de atún rojo occidental fue adoptado, a excepción del primer párrafo de la sección 3.2 y de los párrafos quinto y séptimo de la sección 4. El Grupo adoptó los párrafos pendientes por correspondencia el 18 de septiembre de 2021. El Dr. Walter agradeció a los participantes y a los Secretarías el intenso trabajo realizado y su colaboración para finalizar a tiempo el informe. La reunión fue clausurada.

### Referencias

- Anon. 2018. Report for biennial period, 2016-17, Part II – Vol. 2. 427 pp.
- Anon. 2021a. *In press*. Report of the first 2021 intersessional meeting of the Bluefin Tuna Species Group (including W-BFT data preparatory) (Online, 5-13 April 2021). ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 78(3): 1-145.
- Anon. 2021b. Recommendation of the BFT Technical Sub-group on Abundance Indices for West Atlantic bluefin tuna. SCRS/2021/044
- Deroba J.J., Butterworth D.S., Methot R.D., De Oliveira Jr, J.A.A., Fernandez C., Nielsen A., Cadrin S.X., Dickey-Collas M., Legault C.M., Ianelli J., Valero J.L., Needle C.L., O'Malley J.M., Chang Y-J., Thompson G.G., Canales C., Swain D.P., Miller D.C.M., Hintzen N.T., Bertignac M., Ibaibarriaga L., Silva A., Murta A., Kell L.T., de Moor C.L., Parma A.M., Dichmont C.M., Restrepo V.R., Ye Y., Jardim E., Spencer P.D., Hanselman D.H., Blaylock J., Mood M., and Hulson P.-J. F. 2015. Simulation testing the robustness of stock assessment models to error: some results from the ICES strategic initiative on stock assessment methods. *ICES Journal of Marine Science* 72(1): 19-30. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst237>
- Minte-Vera C. V., Maunder M.N., Aires-da-Silva A. M., Satoh K., and Uosaki K. 2017. Get the biology right, or use size-composition data at your own risk. *Fisheries Research* 192:114-125. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.014>
- Puncher G. N., Hanke A., Busawon D., Sylvester E., Golet W., Hamilton L. C., and Scott A. P. 2021. Individual assignment of Atlantic bluefin tuna in the northwestern Atlantic Ocean using single nucleotide polymorphisms reveals an increasing proportion of migrants from the eastern Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2020-0336>
- Sampson D.B. and Scott R. D. 2011. A spatial model for fishery age-selection at the population level. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68(6). <https://doi.org/10.1139/f2011-044>
- Walter J., Hiroki Y., Satoh K., Matsumoto T., Winker H., Urtizberea Ijurco A., and Schirripa M. 2018. Atlantic bigeye tuna stock synthesis projections and Kobe 2 matrices. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 75(7): 2283-2300.
- Waterhouse L., Sampson D.B., Maunder M., and Semmens B. X. 2014. Using areas-as-fleets selectivity to model spatial fishing: Asymptotic curves are unlikely under equilibrium conditions. *Fisheries Research* 158: 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.01.009>.
- Winker H., Kell L., Fu D., Sharma R., Courtney D., Carvalho F., Schirripa M., and Walter J. 2019. A rapid approach to approximate Kobe posteriors from Stock Synthesis assessment models with applications to north Atlantic shortfin mako. SCRS/2019/093.

## TABLEAUX

**Tableau 1.** Descriptions des modèles de Stock Synthesis considérés par le Groupe.

**Tableau 2.** Noms et définitions des pêcheries des flottilles utilisées dans le modèle final de Stock Synthesis.

**Tableau 3.** Estimations des paramètres, valeurs initiales des phases et déviations standard du modèle final du scénario de maturité tardive.

**Tableau 4.** Estimations des paramètres, valeurs initiales des phases et déviations standard du modèle final du scénario de maturité précoce.

**Tableau 5.** Tableau des informations clés pour les modèles finaux et les scénarios de continuité et de prototypes pour les scénarios de maturité tardive et précoce.

**Tableau 6.** Points de référence et état relatif des stocks pour les modèles finaux avec des intervalles de confiance de 80%, des scénarios de continuité et de prototypes pour les scénarios de maturité tardive et précoce.

**Tableau 7.** Capture allouée par flottille dans le modèle de Stock Synthesis dans la projection à court terme par TAC (2.000 - 5.000 t).

**Tableau 8.** Production projetée à  $F_{0,1}$  pour la période comprise entre 2022 et 2024 sur la base du cas de base de 2020, du scénario de continuité de 2021, du prototype de 2021 et du modèle final de 2021, en utilisant plusieurs hypothèses sur la sélectivité.

**Tableau 9.** Comparaisons de la production projetée à  $F_{0,1}$  pour la période comprise entre 2022 et 2024 entre les modèles.

## TABLAS

**Tabla 1.** Descripciones de los modelos Stock Synthesis considerados por el Grupo.

**Tabla 2.** Nombres y definiciones de pesquería de las flotas utilizadas en el modelo final de Stock Synthesis.

**Tabla 3.** Estimaciones de parámetros, valores iniciales de las fases y desviaciones estándar para el modelo final del escenario de madurez tardía.

**Tabla 4.** Estimaciones de parámetros, valores iniciales de las fases y desviaciones estándar para el modelo final del escenario de madurez temprana.

**Tabla 5.** Tabla de información clave para los modelos finales y ensayos de continuidad y prototipo para los escenarios de madurez temprana y tardía.

**Tabla 6.** Elementos de referencia y estado del stock relativo para los modelos finales con intervalos de confianza del 80 %, ensayos de continuidad y prototipo para los escenarios de madurez temprana y tardía.

**Tabla 7.** Captura asignada por flota en el modelo Stock Synthesis en la proyección a corto plazo por TAC (2000-5000 t).

**Tabla 8.** Rendimiento proyectado en  $F_{0,1}$  para el periodo entre 2022 y 2024 basado en el caso base de 2020, el ensayo de continuidad de 2021, el prototipo de 2021 y el modelo final de 2021, utilizando diversos supuestos sobre la selectividad.

**Tabla 9.** Comparaciones entre los modelos del rendimiento proyectado en  $F_{0,1}$  para el periodo de 2022 a 2024.

## FIGURES

**Figure 1. VPA.** Estimations du recrutement du thon rouge dans l'Atlantique Ouest par itération du modèle par étapes (en descendant d'une colonne à chaque étape) du cas de base de continuité au cas de base proposé. La ligne noire montre le scénario mis à jour à chaque étape, les lignes bleues montrent le scénario de l'étape précédente, et les lignes grises montrent tous les autres scénarios de priors.

**Figure 2. VPA.** Estimations de la biomasse du stock reproducteur (panneaux supérieurs) et du recrutement (âge 1, panneaux inférieurs) par les scénarios de continuité de 2021 (lignes noires) pour les scénarios de maturité tardive (panneaux de gauche) et de maturité précoce (panneaux de droite) du thon rouge dans l'Atlantique Ouest par rapport à l'évaluation de 2020 (lignes bleues).

**Figure 3. VPA.** Effets de l'indice d'eustachage (jackknife) sur les estimations du thon rouge dans l'Atlantique Ouest par le cas de base de 2021. Recrutement (panneau de gauche) et biomasse du stock reproducteur (panneau de droite, scénario de maturité précoce).

**Figure 4. VPA.** Estimations rétrospectives du thon rouge dans l'Atlantique Ouest par le cas de base de 2021. Recrutement (panneau de gauche) et biomasse du stock reproducteur (scénario de maturité précoce, panneau de droite).

**Figure 5. VPA.** Erreur résiduelle par rapport aux indices des lignes à main (Canada GSL, Canada SWNS, et US RR>177cm) et à l'indice acoustique du GSL.

**Figure 6. Stock Synthesis.** Composition par taille observée depuis 1990 par la ligne à main canadienne dans le GSL, et longueur moyenne estimée (ligne bleue) dans le modèle.

**Figure 7.** Résultats de la vraisemblance logarithmique (à gauche), de la SSB (au centre), et du recrutement (âge 0, à droite) par l'analyse « jitter » pour les modèles finaux du scénario de maturité tardive.

**Figure 8.** Résultats de la vraisemblance logarithmique (à gauche), de la SSB (au centre) et du recrutement (âge 0, à droite) par l'analyse « jitter » pour les modèles finaux du scénario de maturité précoce.

**Figure 9.** Profils de vraisemblance (à gauche) par (a)  $R_0$ , (b) pente à l'origine de la relation stock-recrutement (steepness) et (c)  $\sigma_R$  et tendances résultantes de la SSB (au centre) et du recrutement (à droite) pour le modèle final du scénario de maturité tardive.

**Figure 10.** Profils de vraisemblance (à gauche) par (a)  $R_0$ , (b) steepness et (c)  $\sigma_R$  et tendances résultantes de la SSB (au centre) et du recrutement (à droite) pour le modèle final du scénario de maturité précoce.

**Figure 11.** Ajustements à chaque indice de CPUE pour le modèle final du scénario de maturité tardive.

**Figure 12.** Ajustements à chaque indice de CPUE pour le modèle final du scénario de maturité précoce.

**Figure 13.** Ajustements aux données de composition par taille sur toutes les années pour le modèle final du scénario de maturité tardive.

**Figure 14.** Ajustements aux données de composition par taille sur toutes les années pour le modèle final du scénario de maturité précoce.

**Figure 15.** Série temporelle des valeurs résiduelles de Pearson sur les données de composition par taille par flottilles pour le modèle final du scénario de maturité tardive.

**Figure 16.** Série temporelle des valeurs résiduelles de Pearson sur les données de composition par taille par flottilles pour le modèle final du scénario de maturité précoce.

**Figure 17.** Diagrammes rétrospectifs des tendances de la SSB (t) et du recrutement (âge 0, milliers de poissons) pour les modèles finaux des scénarios de maturité (a) tardive et (b) précoce. Les panneaux supérieurs correspondent à l'ensemble de la période d'évaluation entre 1950 et 2020, et les panneaux inférieurs à la période postérieure à 2000.

**Figure 18.** SSB (à gauche) et recrutement (âge 0, à droite) par analyse jackknife concernant les indices d'abondance pour les modèles finaux des scénarios de maturité (a) tardive et (b) précoce.

**Figure 19.** Résultats des tendances de la SSB et du recrutement provenant des scénarios originaux (ligne rouge) et de 100 répétitions du bootstrap (ligne grise) pour les modèles finaux des scénarios de maturité (a) tardive et (b) précoce. (facultatif)

**Figure 20.** Résultats de la distribution de trois estimations de paramètres liés à la relation stock-recrutement provenant (facultatif) de 100 répétitions du bootstrap pour les modèles finaux des scénarios de maturité (a) tardive et (b) précoce,  $\ln(R0)$  (à gauche), la steepness (au milieu) et  $\sigma R$  (à droite). La ligne rouge montre les estimations du scénario original sans perturbation des données.

**Figure 21.** Sélectivité estimée à la fin de l'année par flottille pour le modèle final du scénario de maturité tardive.

**Figure 22.** Diagrammes de comparaison des séries temporelles de la SSB (en haut à gauche), du recrutement (en haut à droite), du ratio de la biomasse par rapport aux niveaux non pêchés (en bas à gauche) et de la mortalité par pêche (en bas à droite) entre les modèles finaux des scénarios de maturité tardive (en bleu) et précoce (en orange).

**Figure 23.** Estimation de la mortalité par pêche à l'âge entre 2018 et 2020, et sa moyenne (ligne noire).

**Figure 24.** Diagramme de comparaison des séries temporelles de la SSB (en haut à gauche), du recrutement (en haut à droite), du ratio de la biomasse par rapport aux niveaux non pêchés (en bas à gauche) et de la mortalité par pêche (en bas à droite) pour le cas de base de 2020, le scénario de continuité de 2021, le prototype de 2021 et le modèle final de 2021 du scénario de maturité tardive.

**Figure 25.** Comparaisons de (a) la biomasse totale, (b) du recrutement et (c) de la mortalité par pêche par Stock Synthesis entre les évaluations de stock de 2017 (vert), 2020 (orange) et 2021 (noir) pour le thon rouge de l'Ouest. Les résultats combinés pour les deux scénarios de maturité sont présentés.

**Figure 26.** Projection de la biomasse totale du stock (t) de thon rouge dans l'Atlantique Ouest selon des scénarios alternatifs de captures constantes, en faisant la moyenne des spécifications de maturité pour Stock Synthesis. La moyenne des scénarios du modèle déterministe est calculée pour les deux spécifications de maturité. (a) Panneau supérieur : 1950-2024, (b) panneau inférieur : zoomé de 2015 à 2024.

## FIGURAS

**Figura 1. VPA.** Estimaciones del reclutamiento de atún rojo en el Atlántico occidental mediante iteración del modelo gradual (descendiendo por columna en cada etapa) del caso base de continuidad al caso base propuesto. La línea negra muestra el ensayo actualizado en cada etapa, las líneas azules muestran en el ensayo de la etapa previa y las líneas grises muestran todos los demás ensayos de distribuciones a priori.

**Figura 2. VPA.** Estimaciones de la biomasa del stock reproductor (paneles superiores) y el reclutamiento (edad 1, paneles inferiores) de los ensayos de continuidad de 2021 (líneas negras) para los escenarios de madurez tardía (paneles izquierdos) y temprana (paneles derechos) del atún rojo en el Atlántico occidental en comparación con la evaluación de 2020 (líneas azules).

**Figura 3. VPA.** Efectos jackknife del índice sobre las estimaciones de atún rojo en el Atlántico occidental del caso base de 2021. Reclutamiento (panel izquierdo) y biomasa del stock reproductor (panel derecho, escenario de madurez temprana).

**Figura 4. VPA.** Estimaciones retrospectivas de atún rojo en el Atlántico occidental del caso base de 2021. Reclutamiento (panel izquierdo) y biomasa del stock reproductor (panel derecho, escenario de madurez temprana).

**Figura 5. VPA.** Error residual respecto a los índices de liña de mano (Canadá GSL, Canadá SWNS y US RR>177 cm) y al índice acústico GSL.

**Figura 6. Stock Synthesis.** Composición por tallas observada desde 1990 por el índice canadiense de liña de mano en el GSL y talla media estimada (línea azul) en el modelo.

**Figura 7.** Resultados de verosimilitud logarítmica (izquierda), SSB (centro) y reclutamiento (edad 0, derecha) del análisis de fluctuaciones para los modelos finales para el escenario de madurez tardía.

**Figura 8.** Resultados de verosimilitud logarítmica (izquierda), SSB (centro) y reclutamiento (edad 0, derecha) del análisis de fluctuaciones para los modelos finales para el escenario de madurez temprana.

**Figura 9.** Perfiles de verosimilitud (izquierda) de (a) R0, (b) inclinación y (c) sigmaR y tendencias resultantes de SSB (centro) y del reclutamiento (derecha) para el modelo final para el escenario de madurez tardía.

**Figura 10.** Perfiles de verosimilitud (izquierda) de (a) R0, (b) inclinación y (c) sigmaR y tendencias resultantes de SSB (centro) y del reclutamiento (derecha) para el modelo final para el escenario de madurez temprana.

**Figura 11.** Ajustes a cada índice de CPUE para el modelo final para el escenario de madurez tardía.

**Figura 12.** Ajustes a cada índice de CPUE para el modelo final para el escenario de madurez temprana.

**Figura 13.** Ajustes a los datos de composición por tallas para todos los años para el modelo final para el escenario de madurez tardía.

**Figura 14.** Ajustes a los datos de composición por tallas para todos los años para el modelo final para el escenario de madurez temprana.

**Figura 15.** Serie temporal de los valores residuales de Pearson en los datos de composición por tallas por flotas para el modelo final para el escenario de madurez tardía.

**Figura 15.** Continuación.

**Figura 16.** Serie temporal de los valores residuales de Pearson en los datos de composición por tallas por flotas para el modelo final para el escenario de madurez temprana.

**Figura 16.** Continuación.

**Figura 17.** Diagramas retrospectivos de las tendencias de SSB (t) y del reclutamiento (edad 0, mil peces) para los modelos finales para los escenarios de madurez (a) tardía y (b) temprana. Los paneles superiores corresponden a todo el periodo de la evaluación, entre 1950 y 2020 y los paneles inferiores muestran el periodo posterior al 2000.

**Figura 18.** SSB (izquierda) y reclutamiento (edad 0, derecha) según los análisis jackknife respecto a los índices de abundancia para los modelos finales para los escenarios de madurez (a) tardía y (b) temprana.

**Figura 19.** Resultados de las tendencias de SSB y el reclutamiento procedentes de los ensayos originales (línea roja) y 100 replicaciones de bootstrap (línea gris) para los modelos finales para los escenarios de madurez (a) tardía y (b) temprana. (opcional).

**Figura 20.** Resultados de la distribución de 3 estimaciones de parámetros relacionadas con la relación stock-reclutamiento procedentes (opcional) de 100 replicaciones de bootstrap para los modelos finales para los escenarios de madurez (a) tardía y (b) temprana, ln(R0) (izquierda), inclinación (medio) y sigmaR (derecha). La línea roja muestra las estimaciones en el ensayo original sin perturbación de datos.

**Figura 21.** Selectividad estimada en el año final por flota para el modelo final para el escenario de madurez tardía.

**Figura 22.** Diagramas de comparación de la serie temporal de SSB (arriba izquierda), reclutamiento (arriba derecha), ratio de biomasa respecto a niveles sin pesca (abajo izquierda) y mortalidad por pesca (abajo derecha) entre los modelos finales para los escenarios de madurez tardía (azul) y temprana (naranja).

**Figura 23.** Mortalidad por pesca estimada por edad entre 2018 y 2020 y su media (línea negra).

**Figura 24.** Diagrama de comparación de las series temporales de SSB (arriba izquierda), reclutamiento (arriba derecha), ratio de biomasa respecto a niveles sin pesca (abajo izquierda) y mortalidad por pesca (abajo derecha) para el caso base del modelo de 2020, el ensayo de continuidad de 2021, el prototipo de 2021 y el modelo final de 2021 para el escenario de madurez tardía.



**Figura 25.** Comparaciones de (a) biomasa total, (b) reclutamiento y (c) mortalidad por pesca de Stock Synthesis entre las evaluaciones del stock de atún rojo occidental de 2017 (verde), 2020 (naranja) y 2021 (negro). Se muestran los resultados combinados para ambos escenarios de madurez.

**Figura 26.** Biomasa total proyectada (t) del stock de atún rojo en el Atlántico occidental en el marco de escenarios de captura constante alternativos, promediada entre las especificaciones de madurez para Stock Synthesis. Los ensayos del modelo determinista están promediados entre ambas especificaciones de madurez. (a) Panel superior: 1950-2024, (b) panel inferior: centrado en 2015 a 2024.

## APPENDICES

**Appendice 1.** Ordre du jour.

**Appendice 2.** Liste des participants.

**Appendice 3.** Liste des documents et des présentations.

**Appendice 4.** Résumés des documents et des présentations du SCRS tels que soumis par les auteurs.

## APÉNDICES

**Apéndice 1.** Orden del día.

**Apéndice 2.** Lista de participantes.

**Apéndice 3.** Lista de documentos y presentaciones.

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

**Table 1.** Descriptions of Stock Synthesis models considered by the Group.

---

<i>Runs</i>	<i>Descriptions</i>
2020 Base	The final stock assessment results in 2020. The terminal year is 2018.
2021 Continuity	Based on the 2020 Base run, the model incorporated the updated data up to 2020 for catch and some indices in the 2021 assessment exercise. This model includes CAN-HL combined index, US RR 66-114 cm, and US RR 115-144 cm.
2021 Prototype	Based on the 2021 Continuity run, the model further incorporated the changes on the indices: MEX-USA LL, CAN HL in SWNS, CAN HL in GSL, and combined US RR 66-155cm in a new fleet structure.
2021 Proposed base case	Proposed base case by SCRS/2021/141 to the Group. Several changes were made based on the 2021 Prototype run: selectivity was parameterized as length-based, and selectivity shapes were modified from asymptotic selectivity to double normal selectivity for all fleets except the CAN HL GSL index to allow for either doming or asymptotic.
2021 Final model	Based on the 2021 Proposed base case run, the following changes were made: 1) remove 1986 data point from JPN LL early index since 1976 2) aggregate length bins over 300cm for the MEX-USA LL size composition data 3) estimate the initial equilibrium fishing mortality for the CAN USA HP index based on the initial equilibrium catch data. 4) assumed asymptotic selectivity for the CAN GSL fleet for early period (1988-2008), allow free estimation of selectivity using double normal approximation for 2009-2020.

---

**Table 2.** Names and fishery definitions of the fleets used in the Stock Synthesis final model.

<i>No.</i>	<i>use</i>	<i>Fleet/Index</i>	<i>Selectivity (all length based except fleet 15)</i>	<i>Time block Selectivity</i>	<i>start</i>	<i>end</i>
1	Y	JAPAN_LL	Double Normal	Y (1950-2009)	1957	2020
2	Y	OTHER_ATL_LL	Double Normal	N	1957	2020
3	Y	GOM_LL_US_MEX	Double Normal	N	1971	2020
4	Y	JLL_GOM	Double Normal	N	1974	1981
5	Y	USA_CAN_PSFS	Double Normal	N	1950	1984
6	Y	USA_CAN_PSFb	Double Normal	N	1950	2015
7	Y	USA_TRAP	Double Normal	Y (1950-1992)	1950*	1974
8	Y	CAN_TRAP	Double Normal	N	1950*	2020
9	Y	USA_CAN_HARPOON	Double Normal	N	1950	2018
10	N	USA_HARPOON	Double Normal	N	1950	2020
11	Y	USA_RRFS	Double Normal	N	1950	1920
12	Y	USA_RRFB	Double Normal	N	1950	2020
13	N	CAN_CombinedHL	Double Normal	N	1988	2020
14	Y	CAN_SWNS_HLnoHP	Double Normal	N	1988	2020
15	N	CAN_SWNS_HLwithHP	Double Normal	N	1988	2020
16	Y	CAN_GSL_HL	Double Normal***	Y (1950-2008)	1988	2020
17	Y	CAN_GSL_old	Logistic	N	1950	1987
18	Y**	IND1_JAPAN_LL early	mirror JAPAN_LL	N	1976	2009
19	Y	IDX2_JAPAN_LL2	mirror JAPAN_LL	N	2010	2020
20	N	IDX3_USPLL_GOM	mirror GOM_LL	N	1987	1991
21	N	IDX4_USPLL_GOM2	mirror GOM_LL	N	1992	2020
22	Y	IDX5_MEXUSALL_GOM_LL2	mirror GOM_LL	N	1994	2019
23	Y	IDX6_JPNLL_GOM	mirror JLL_GOM	N	1974	1981
24	N	IDX7_US_RR_66_114	Double normal	N	1995	2020
25	N	IDX8_US_RR_115_144	Double normal	N	1995	2020
26	Y	IDX9_US_RR_66_144	Mirror USRRFS	N	1995	2020
27	Y	IDX10_US_RR_LT145	Mirror USRRFS	N	1980	1992
28	Y	IDX11_US_RR_GT177	Mirror USRRFB	N	1993	2020
29	Y	IDX12_US_RR_GT195	Mirror USRRFB	N	1983	1992
30	N	IDX13_CAN_combinedHL	Mirror Can combined HL	N	1984	2018
31	Y	IDX14_CAN_SWNS	mirror Can_SWNS_HLnoHP	N	1996	2020
32	Y	IDX15_CAN_GSL	mirror Can_GSL_HL	N	1988	2020
33	Y	IDX16_CAN_ACOUSTIC	mirror Can_GSL_HL	N	1994	2017
34	Y	IDX17_GOMlarval	mirror GOM_LL	N	1977	2019
35	N	IDX19_oceanographic	Exp(rec_dev)	N	1993	2011

\* Fishery starts with equilibrium catch.

\*\* The estimate for 1986 was removed.

\*\*\* Selectivity in early time block until 2008 mimic asymptotic shape with fixed high ending of double normal.

**Table 3.** Parameter estimates, phases initial values and standard deviations for the final model for late maturity scenario.

<i>Label</i>	<i>Value</i>	<i>Phase</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Init</i>	<i>StDev</i>
L_at_Amax_Fem_GP_1	273.506	3	240	350	273.504	0.696301
VonBert_K_Fem_GP_1	0.297944	3	0.2	0.4	0.297306	0.0080385
Richards_Fem_GP_1	-1.01657	3	-2	0	-1.011	0.0669735
CV_young_Fem_GP_1	0.091835	4	0.03	0.15	0.09102	0.00566797
CV_old_Fem_GP_1	0.0643568	4	0.03	0.15	0.066024	0.00148668
SR_LN(R0)	6.63388	1	5	10	6.63736	0.041349
SR_BH_steep	0.559016	2	0.5	0.99	0.562091	0.0278948
SR_sigmaR	0.670471	3	0.2	1.2	0.679511	0.0807214
InitF_seas_1_flt_7USA_TRAP	0.0126395	1	1E-05	0.1	0.0125549	0.00213186
InitF_seas_1_flt_9USA_CAN_HARPOON	0.00231061	1	1E-05	0.1	0.0022942	0.000172621
LnQ_base_IDX11_US_RR_GT177(28)	-4.25942	1	-10	-2	-4.26025	0.0916597
LnQ_base_IDX14_CAN_SWNS(31)	-4.13428	1	-10	-2	-4.13578	0.101609
LnQ_base_IDX15_CAN_GSL(32)	-6.12873	1	-10	-2	-6.10122	0.108886
LnQ_base_IDX16_CAN_ACOUSTIC(33)	-6.57783	1	-10	-2	-6.55174	0.12191
LnQ_base_IDX11_US_RR_GT177(28)_ENV_mult	0.174096	3	-2	2	0.173377	0.0491642
LnQ_base_IDX14_CAN_SWNS(31)_ENV_mult	-0.134142	3	-2	2	-0.135056	0.0691958
LnQ_base_IDX15_CAN_GSL(32)_ENV_mult	-0.21859	3	-2	2	-0.215487	0.0307471
LnQ_base_IDX16_CAN_ACOUSTIC(33)_ENV_mult	-0.039187	3	-2	2	0.0366599	0.0376157
Size_DblN_peak_JAPAN_LL(1)	223.854	2	120	250	223.829	2.76439
Size_DblN_top_logit_JAPAN_LL(1)	-11.6732	2	-15	3	-11.6798	55.2614
Size_DblN_ascend_se_JAPAN_LL(1)	7.10026	3	-5	9	7.09927	0.120809
Size_DblN_descend_se_JAPAN_LL(1)	5.73913	5	-5	9	5.74841	0.352753
Size_DblN_end_logit_JAPAN_LL(1)	-3.18697	6	-20	10	-3.18679	0.541482
Size_DblN_peak_OTHER_ATL_LL(2)	214.336	2	120	285	214.211	2.38854
Size_DblN_top_logit_OTHER_ATL_LL(2)	-11.6184	2	-15	3	-11.6409	55.9487
Size_DblN_ascend_se_OTHER_ATL_LL(2)	8.03662	3	-5	9	8.0343	0.0570092
Size_DblN_descend_se_OTHER_ATL_LL(2)	7.09271	5	-5	9	7.11862	0.196028
Size_DblN_end_logit_OTHER_ATL_LL(2)	-2.49195	6	-20	10	-2.52811	0.392425
Size_DblN_peak_GOM_US_MEX_LL(3)	247.247	2	120	285	242.584	3.94879
Size_DblN_top_logit_GOM_US_MEX_LL(3)	-6.28462	2	-15	3	-11.9856	21.9657
Size_DblN_ascend_se_GOM_US_MEX_LL(3)	7.59258	3	-5	9	7.46492	0.108774
Size_DblN_end_logit_GOM_US_MEX_LL(3)	0.207353	6	-20	10	0.463658	0.206949
Size_DblN_peak_JPNLL_GOM(4)	232.863	2	120	285	232.976	2.48322
Size_DblN_top_logit_JPNLL_GOM(4)	-11.8788	2	-15	3	-11.8237	52.6778
Size_DblN_ascend_se_JPNLL_GOM(4)	6.60046	3	-5	9	6.62472	0.169863
Size_DblN_descend_se_JPNLL_GOM(4)	6.18961	5	-5	9	6.21873	0.193538
Size_DblN_end_logit_JPNLL_GOM(4)	-3.63153	6	-20	10	-3.66616	0.431098
Size_DblN_peak_USA_CAN_PSF5(5)	74.4773	3	50	200	74.3773	4.01654
Size_DblN_ascend_se_USA_CAN_PSF5(5)	4.74988	4	-4	12	4.72797	0.707638
Size_DblN_peak_USA_CAN_PSF6(6)	212.316	2	150	285	212.229	3.17388
Size_DblN_top_logit_USA_CAN_PSF6(6)	-2.1987	2	-5	3	-2.18515	0.328659
Size_DblN_ascend_se_USA_CAN_PSF6(6)	6.85495	3	-4	8	6.85257	0.14211

**Table 3.** Continued.

<i>Label</i>	<i>Value</i>	<i>Phase</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Init</i>	<i>StDev</i>
Size_DblN_end_logit_USA_CAN_PSF(6)	-4.03976	6	-15	5	-4.038	0.754815
Size_DblN_peak_USA_TRAP(7)	124.84	3	80	150	124.726	6.76268
Size_DblN_top_logit_USA_TRAP(7)	-2.28684	3	-5	3	-2.27338	0.846659
Size_DblN_descend_se_USA_TRAP(7)	7.41493	5	-2	10	7.41112	0.553005
Size_DblN_peak_CAN_TRAP(8)	270.623	2	120	285	270.933	2.64143
Size_DblN_top_logit_CAN_TRAP(8)	-12.1105	2	-15	3	-12.1142	49.7491
Size_DblN_ascend_se_CAN_TRAP(8)	7.82065	3	-5	9	7.82217	0.0777027
Size_DblN_descend_se_CAN_TRAP(8)	4.82551	5	-5	9	4.78631	0.492164
Size_DblN_end_logit_CAN_TRAP(8)	-2.53238	6	-20	10	-2.61201	0.705197
Size_DblN_peak_USA_CAN_HARPOON(9)	192.21	2	120	285	192.194	1.51961
Size_DblN_top_logit_USA_CAN_HARPOON(9)	-1.22563	2	-15	3	-1.22254	0.201147
Size_DblN_ascend_se_USA_CAN_HARPOON(9)	5.73187	3	-5	9	5.7307	0.133497
Size_DblN_descend_se_USA_CAN_HARPOON(9)	7.30874	5	-5	9	7.33835	0.324797
Size_DblN_end_logit_USA_CAN_HARPOON(9)	-2.99281	6	-20	10	-3.18928	1.04736
Size_DblN_peak_USA_RRFS(11)	111.921	2	80	120	111.905	1.2812
Size_DblN_top_logit_USA_RRFS(11)	-1.91565	3	-5	3	-1.91511	0.102809
Size_DblN_descend_se_USA_RRFS(11)	-3.07789	5	-5	4	-3.07737	15.1268
Size_DblN_peak_USA_RRFB(12)	195.389	2	140	220	195.425	2.03423
Size_DblN_top_logit_USA_RRFB(12)	-0.263249	3	-5	1	0.262777	0.032703
Size_DblN_ascend_se_USA_RRFB(12)	6.68361	4	-4	8	6.68412	0.102545
Size_DblN_end_logit_USA_RRFB(12)	-1.7057	6	-15	5	-1.70827	0.160483
Size_DblN_peak_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	210.336	2	120	285	210.265	1.83709
Size_DblN_top_logit_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	-2.93387	2	-15	3	-2.85716	0.94721
Size_DblN_ascend_se_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	6.60589	3	-5	9	6.60317	0.0914231
Size_DblN_descend_se_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	7.72773	5	-5	9	7.73094	0.244617
Size_DblN_end_logit_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	-3.65769	6	-20	10	-3.8286	1.42222
Size_DblN_peak_CAN_GSL_HL(16)	249.136	3	120	330	249.713	2.96243
Size_DblN_top_logit_CAN_GSL_HL(16)	-11.3865	3	-15	3	-11.4704	58.8581
Size_DblN_ascend_se_CAN_GSL_HL(16)	7.31676	4	-5	9	7.32814	0.109233
Size_DblN_descend_se_CAN_GSL_HL(16)	6.38678	5	-5	9	6.33812	0.336688
Size_DblN_end_logit_CAN_GSL_HL(16)	-3.07468	6	-20	10	-3.14319	1.34688
Size_inflection_CAN_GSL_old(17)	244.867	2	210	330	245.057	2.29169
Size_95%width_CAN_GSL_old(17)	14.5415	2	5	30	14.5234	3.18797
Size_DblN_peak_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	165.619	5	120	285	165.61	1.08181
Size_DblN_top_logit_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	-3.34263	5	-10	1	-3.33571	0.675059
Size_DblN_descend_se_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	7.48491	5	-1	9	7.47779	0.128895
Size_DblN_end_logit_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	-6.21961	5	-20	1	-6.17582	1.32257
Size_DblN_peak_USA_RRFS(11)_BLK2repl_1950	84.25	5	60	110	83.5143	1.46813
Size_DblN_top_logit_USA_RRFS(11)_BLK2repl_1950	-1.27713	5	-5	3	-1.11914	1.52211
Size_DblN_peak_CAN_GSL_HL(16)_BLK3repl_1950	297.475	5	120	330	297.856	1.35366
Size_DblN_top_logit_CAN_GSL_HL(16)_BLK3repl_1950	-6.02378	5	-15	3	-7.14244	198.477
Size_DblN_descend_se_CAN_GSL_HL(16)_BLK3repl_1950	1.67428	5	-5	9	9	106.744

**Table 4.** Parameter estimates, phases initial values and standard deviations for the final model for early maturity scenario.

<i>Label</i>	<i>Value</i>	<i>Phase</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Init</i>	<i>StDev</i>
L_at_Amax_Fem_GP_1	273.646	3	240	350	273.646	0.709688
VonBert_K_Fem_GP_1	0.297462	3	0.2	0.4	0.297462	0.008032
Richards_Fem_GP_1	-1.01313	3	-2	0	-1.01313	0.066825
CV_young_Fem_GP_1	0.091813	4	0.03	0.15	0.091813	0.00565
CV_old_Fem_GP_1	0.064296	4	0.03	0.15	0.064296	0.00148
SR_LN(R0)	6.64991	1	5	10	6.64991	0.041245
SR_BH_steep	0.49618	2	0.4	0.99	0.49618	0.02504
SR_sigmaR	0.642304	3	0.2	1.2	0.642304	0.078601
InitF_seas_1_flt_7USA_TRAP	0.01242	1	1.E-05	0.1	0.01242	0.002094
InitF_seas_1_flt_9USA_CAN_HARPOON	0.002289	1	1E-05	0.1	0.002289	0.000171
LnQ_base_IDX11_US_RR_GT177(28)	-4.26822	1	-10	-2	-4.26822	0.091914
LnQ_base_IDX14_CAN_SWNS(31)	-4.1446	1	-10	-2	-4.1446	0.101885
LnQ_base_IDX15_CAN_GSL(32)	-6.15514	1	-10	-2	-6.15514	0.106874
LnQ_base_IDX16_CAN_ACOUSTIC(33)	-6.60374	1	-10	-2	-6.60374	0.120057
LnQ_base_IDX11_US_RR_GT177(28)_ENV_mult	0.175615	3	-2	2	0.175615	0.049052
LnQ_base_IDX14_CAN_SWNS(31)_ENV_mult	-0.13252	3	-2	2	-0.13252	0.068989
LnQ_base_IDX15_CAN_GSL(32)_ENV_mult	-0.21988	3	-2	2	-0.21988	0.030577
LnQ_base_IDX16_CAN_ACOUSTIC(33)_ENV_mult	-0.04046	3	-2	2	-0.04046	0.037478
Size_DblN_peak_JAPAN_LL(1)	223.833	2	120	250	223.833	2.77472
Size_DblN_top_logit_JAPAN_LL(1)	-11.6762	2	-15	3	-11.6762	55.225
Size_DblN_ascend_se_JAPAN_LL(1)	7.09993	3	-5	9	7.09993	0.121351
Size_DblN_descend_se_JAPAN_LL(1)	5.74034	5	-5	9	5.74034	0.352958
Size_DblN_end_logit_JAPAN_LL(1)	-3.20277	6	-20	10	-3.20277	0.542062
Size_DblN_peak_OTHER_ATL_LL(2)	214.322	2	120	285	214.322	2.37978
Size_DblN_top_logit_OTHER_ATL_LL(2)	-11.6208	2	-15	3	-11.6208	55.9187
Size_DblN_ascend_se_OTHER_ATL_LL(2)	8.03667	3	-5	9	8.03667	0.056911
Size_DblN_descend_se_OTHER_ATL_LL(2)	7.09073	5	-5	9	7.09073	0.193497
Size_DblN_end_logit_OTHER_ATL_LL(2)	-2.52785	6	-20	10	-2.52785	0.393558
Size_DblN_peak_GOM_US_MEX_LL(3)	243.742	2	120	285	243.742	2.31836
Size_DblN_top_logit_GOM_US_MEX_LL(3)	-11.4698	2	-15	3	-11.4698	57.811
Size_DblN_ascend_se_GOM_US_MEX_LL(3)	7.50742	3	-5	9	7.50742	0.081157
Size_DblN_descend_se_GOM_US_MEX_LL(3)	4.01861	5	-5	9	4.01861	1.09705
Size_DblN_end_logit_GOM_US_MEX_LL(3)	0.192318	6	-20	10	0.192318	0.203173
Size_DblN_peak_JPNLL_GOM(4)	232.702	2	120	285	232.702	2.4745
Size_DblN_top_logit_JPNLL_GOM(4)	-11.89	2	-15	3	-11.89	52.537
Size_DblN_ascend_se_JPNLL_GOM(4)	6.59391	3	-5	9	6.59391	0.169955
Size_DblN_descend_se_JPNLL_GOM(4)	6.1907	5	-5	9	6.1907	0.191646
Size_DblN_end_logit_JPNLL_GOM(4)	-3.66414	6	-20	10	-3.66414	0.430631
Size_DblN_peak_USA_CAN_PSFS(5)	75.0409	3	50	200	75.0409	4.06569
Size_DblN_ascend_se_USA_CAN_PSFS(5)	4.79962	4	-4	12	4.79962	0.692192
Size_DblN_peak_USA_CAN_PSF(6)	212.315	2	150	285	212.315	3.17392
Size_DblN_top_logit_USA_CAN_PSF(6)	-2.20203	2	-5	3	-2.20203	0.328411

**Table 4.** Continued.

<i>Label</i>	<i>Value</i>	<i>Phase</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Init</i>	<i>StDev</i>
Size_DbIn_ascend_se_USA_CAN_PSF(6)	6.85506	3	-4	8	6.85506	0.142131
Size_DbIn_end_logit_USA_CAN_PSF(6)	-4.07876	6	-15	5	-	0.761193
Size_DbIn_peak_USA_TRAP(7)	124.784	3	80	150	124.784	6.77348
Size_DbIn_top_logit_USA_TRAP(7)	-2.28276	3	-5	3	-	0.844391
Size_DbIn_descend_se_USA_TRAP(7)	7.41668	5	-2	10	7.41668	0.553747
Size_DbIn_peak_CAN_TRAP(8)	270.278	2	120	285	270.278	2.45493
Size_DbIn_top_logit_CAN_TRAP(8)	-12.1264	2	-15	3	-	49.5463
Size_DbIn_ascend_se_CAN_TRAP(8)	7.81716	3	-5	9	7.81716	0.07498
Size_DbIn_descend_se_CAN_TRAP(8)	4.86562	5	-5	9	4.86562	0.456826
Size_DbIn_end_logit_CAN_TRAP(8)	-2.56203	6	-20	10	-	0.708459
Size_DbIn_peak_USA_CAN_HARPOON(9)	192.205	2	120	285	192.205	1.51967
Size_DbIn_top_logit_USA_CAN_HARPOON(9)	-1.23038	2	-15	3	-	0.199337
Size_DbIn_ascend_se_USA_CAN_HARPOON(9)	5.73172	3	-5	9	5.73172	0.133526
Size_DbIn_descend_se_USA_CAN_HARPOON(9)	7.30118	5	-5	9	7.30118	0.319235
Size_DbIn_end_logit_USA_CAN_HARPOON(9)	-3.02546	6	-20	10	-	1.03825
Size_DbIn_peak_USA_RRFS(11)	111.89	2	80	120	111.89	1.282
Size_DbIn_top_logit_USA_RRFS(11)	-1.91459	3	-5	3	-	0.102826
Size_DbIn_descend_se_USA_RRFS(11)	-3.07738	5	-5	4	-	15.1316
Size_DbIn_peak_USA_RRFB(12)	195.314	2	140	220	195.314	2.02984
Size_DbIn_top_logit_USA_RRFB(12)	-0.2626	3	-5	1	-0.2626	0.032607
Size_DbIn_ascend_se_USA_RRFB(12)	6.68153	4	-4	8	6.68153	0.102598
Size_DbIn_end_logit_USA_RRFB(12)	-1.73024	6	-15	5	-	0.160118
Size_DbIn_peak_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	210.322	2	120	285	210.322	1.83769
Size_DbIn_top_logit_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	-2.9299	2	-15	3	-2.9299	0.933607
Size_DbIn_ascend_se_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	6.60555	3	-5	9	6.60555	0.091501
Size_DbIn_descend_se_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	7.71536	5	-5	9	7.71536	0.241229
Size_DbIn_end_logit_CAN_SWNS_HLnoHP(14)	-3.6835	6	-20	10	-3.6835	1.40693
Size_DbIn_peak_CAN_GSL_HL(16)	249.119	3	120	330	249.119	1.79141
Size_DbIn_top_logit_CAN_GSL_HL(16)	-11.2402	3	-15	3	-	60.6916
Size_DbIn_ascend_se_CAN_GSL_HL(16)	7.32121	4	-5	9	7.32121	0.081251
Size_DbIn_end_logit_CAN_GSL_HL(16)	-3.02189	6	-20	10	-	1.025
Size_inflection_CAN_GSL_old(17)	244.632	2	210	330	244.632	2.30942
Size_95%width_CAN_GSL_old(17)	14.4434	2	5	30	14.4434	3.20932
Size_DbIn_peak_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	165.638	5	120	285	165.638	1.08165
Size_DbIn_top_logit_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	-3.33405	5	-10	1	-	0.666973
Size_DbIn_descend_se_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	7.48113	5	-1	9	7.48113	0.127964
Size_DbIn_end_logit_JAPAN_LL(1)_BLK1repl_1950	-6.2675	5	-20	1	-6.2675	1.33638
Size_DbIn_peak_USA_RRFS(11)_BLK2repl_1950	84.3623	5	60	110	84.3623	1.4753
Size_DbIn_top_logit_USA_RRFS(11)_BLK2repl_1950	-1.36222	5	-5	3	-	0.02857

Size_DblN_peak_CAN_GSL_HL(16)_BLK3repl_1950	297.276	5	120	330	297.276	1.33862
Size_DblN_top_logit_CAN_GSL_HL(16)_BLK3repl_1950	-6.03852	5	-15	3	6.03847	199.129
Size_DblN_descend_se_CAN_GSL_HL(16)_BLK3repl_1950	1.70858	5	-5	9	1.70853	108.781

---



**Table 5.** Table of key information for the final models and continuity and prototype runs for late and early maturity scenarios.

<i>Maturity scenario</i>	<i>2021 Continuity</i>		<i>2021 Prototype</i>		<i>2021 Final model</i>	
	<i>late</i>	<i>early</i>	<i>late</i>	<i>early</i>	<i>late</i>	<i>early</i>
Run time	39 min	34 min	7 min	21 min	15 min	9 min
Total negative log-likelihood	6850.37	6850.57	7004.53	7004.85	6672.16	6669.16
Catch	2.35E-11	2.35E-11	7.29E-11	7.32E-11	1.66E-11	1.65E-11
Equil_catch	4.26219	4.01917	0.01716	0.01589 4	0.00441 7	0.00408 4
Survey	671.205	670.929	677.745	677.175	485.128	484.549
Length_comp	4.29E+0 3	4.29E+0 3	4434.66	4435.33	4312.5	4311.99
Age_comp	1873.29	1873.72	1885.79	1886.35	1869.93	1869.58
Recruitment	1.05E+0 1	1.03E+0 1	5.26472	4.92631	3.58862	2.03592
InitEQ_Regime	0	0	0	0	0	0
Forecast_Recruitment	0	0	0	0	0	0
Parm_priors	0.487353	0.4872	0.46324 5	0.46176	0.51313 5	0.51020 9
Parm_softbounds	0.021162	0.021205	0.01095 6	0.01159 9	0.02313 7	0.02299
Parm_devs	0.565872	0.566744	0.57914 9	0.58029 7	0.46468 2	0.46469 3
Crash_Pen	0	0	0	0	0	0
Parameter that hit bound	0	0	0	0	0	0
The number of estimated parameter	125	125	125	125	146	146
Akaike Information Criteria (AIC)	13950.74	13951.14	14259.0 6	14259.7	13636.3 2	13630.3 2

**Table 6.** Benchmarks and relative stock status for the final models with 80% confidence intervals, continuity and prototype runs for late and early maturity scenarios.

<i>Item</i>	<i>maturity schedule</i>	<i>2020 Base</i>	<i>2021 Continuity</i>	<i>2021 Prototype</i>	<i>2021 Final model</i>		
		<i>Value</i>	<i>Value</i>	<i>Value</i>	<i>Value</i>	<i>80LCI**</i>	<i>80UCI**</i>
SSB Unfished	late	181690	183210	164990	230876	218802	242950
	early	224062	224181	204428	282480	267806	297154
Total Biomass Unfished	late	227902	226925	207057	284044	269217	298871
	early	224062	228987	209005	288594	194021	303578
Recruitment (age0) Unfished (1000s)	late	591	594	532	760	720	801
	early	594	599	537	773	732	814
$F_{cur}^*$	late	0.076	0.085	0.092	0.063	0.060	0.067
	early	0.076	0.085	0.091	0.062	0.059	0.066
	average	0.076	0.085	0.091	0.063	0.059	0.067
$F_{0.1}$	late	0.091	0.083	0.082	0.118	0.113	0.122
	early	0.091	0.083	0.082	0.118	0.113	0.123
	average	0.091	0.083	0.082	0.118	0.113	0.123
$F_{cur}/F_{0.1}$	late	0.831	1.025	1.119	0.538	0.508	0.570
	early	0.831	1.024	1.116	0.529	0.500	0.564
	average	0.831	1.024	1.117	0.534	0.500	0.570
$F_{2020}/F_{0.1}$	late	-	1.020	1.129	0.530	0.474	0.589
	early	-	1.019	1.125	0.520	0.467	0.575
	average	-	1.019	1.127	0.525	0.467	0.589

\* Average fishing mortality in the most recent 3 years: 2018 -2020 for the 2021 models, and 2016-2018 for the 2020 Base case.

\*\* Confidence intervals for each maturity scenario were determined by the multivariate lognormal approximation approach.

**Table 7.** The allocated catch by Fleet in Stock Synthesis model in the short-term projection by TAC (2000 – 5000 t).

Fleet	TAC															
	2000	2100	2200	2300	2350	2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400
JAPAN_LL # 1	346	363	381	399	407	416	473	573	658	683	708	732	757	782	807	831
OTHER_ATL_LL # 2	192	199	207	215	219	223	227	227	227	234	241	248	255	263	270	277
GOM_US_MEX_LL # 3	116	122	128	134	137	140	143	143	156	162	168	174	180	186	191	197
JPNLL_GOM # 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA_CAN_PSF5 # 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA_CAN_PSF6 # 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA_TRAP # 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAN_TRAP # 8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
USA_CAN_HARPOON (op1)	103	109	114	119	122	125	127	127	127	132	137	142	147	151	156	161
USA_RRF5 # 11	150	158	166	173	177	181	185	185	185	192	199	206	213	220	227	234
USA_RRF6 # 12	762	801	840	879	898	918	938	938	939	975	1,010	1,045	1,081	1,116	1,151	1,187
CAN_SWNS_HLnoHP # 14 (op1)	76	80	84	88	90	91	94	94	93	97	100	104	108	111	115	118
CAN_GSL_HL # 16	252	264	277	290	296	303	310	310	310	321	333	344	356	368	379	391
CAN_acoustic_GSL # 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fleet	TAC															
	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800	4900	5000
JAPAN_LL # 1	856	881	905	930	955	980	1,004	1,029	1,054	1,079	1,103	1,128	1,153	1,178	1,202	1,227
OTHER_ATL_LL # 2	284	291	298	305	312	319	326	334	341	348	355	362	369	376	383	390
GOM_US_MEX_LL # 3	203	209	215	220	226	232	238	244	250	255	261	267	273	279	284	290
JPNLL_GOM # 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA_CAN_PSF5 # 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA_CAN_PSF6 # 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA_TRAP # 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
CAN_TRAP # 8	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
USA_CAN_HARPOON (op1)	166	170	175	180	185	190	194	199	204	209	214	218	223	228	233	238
USA_RRF5 # 11	241	248	255	262	269	276	283	290	297	304	311	318	324	331	338	345
USA_RRF6 # 12	1,222	1,257	1,292	1,328	1,363	1,398	1,434	1,469	1,504	1,540	1,575	1,610	1,646	1,681	1,716	1,752
CAN_SWNS_HLnoHP # 14 (op1)	122	125	129	132	136	139	143	146	150	153	157	160	164	167	171	174
CAN_GSL_HL # 16	403	414	426	438	449	461	472	484	496	507	519	531	542	554	566	577
CAN_acoustic_GSL # 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

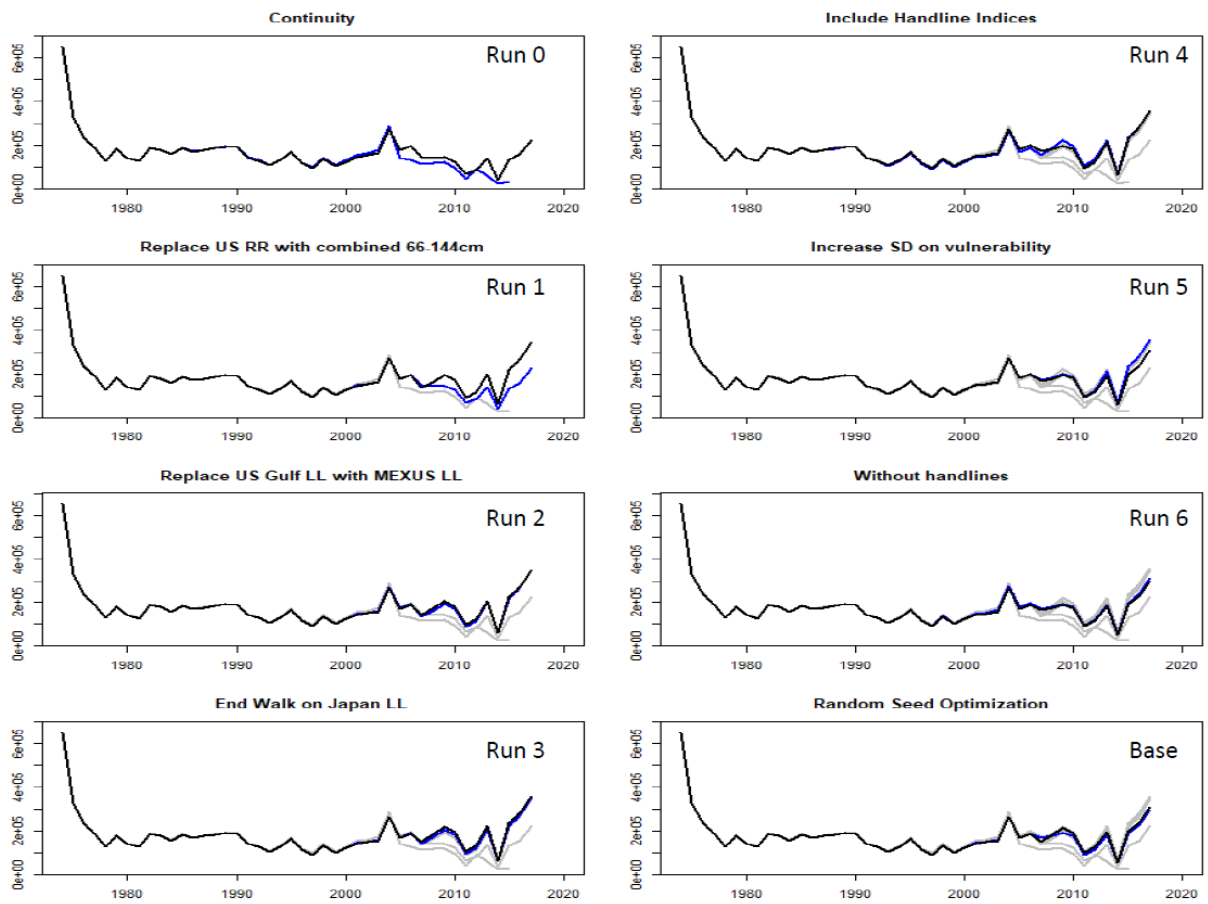
**Table 8.** Projected yield at F<sub>0.1</sub> for the period between 2022 and 2024 based on the 2020 base case, 2021 continuity run, 2021 prototype and the 2021 final model, using several assumptions on selectivity.

Models	maturity scenario	Yeild at F0.1			Slectivity for calculation the F0.1
		2022	2023	2024	
2020 Base Case	late	1761.6	1669.28	1611.95	2016-2018
2020 Base Case	early	1756.1	1663.77	1606.43	
2020 Base Case	average	1758.85	1666.525	1609.19	
2021 continuity	late	2539.74	2480.69	2447.54	2018-2020
2021 continuity	early	2540.69	2481.39	2448.16	
2021 continuity	average	2540.215	2481.04	2447.85	
2021 prototype	late	2461.87	2502.74	2604.21	2005-2008
2021 prototype	early	2465.87	2505.94	2606.09	
2021 prototype	average	2463.87	2504.34	2605.15	
2021 Final model	late	3797.04	3765.91	3812.32	2005-2008
2021 Final model	early	3623	3599.37	3649.17	
2021 Final model	average	3710.02	3682.64	3730.745	
2021 prototype	late	2514.2	2455.03	2511.13	2018-2020
2021 prototype	early	2520.28	2461.11	2516.12	
2021 prototype	average	2517.24	2458.07	2513.625	
2021 Final model	late	4036.97	3792.36	3750.54	2018-2020
2021 Final model	early	3855.16	3632.61	3599.3	
2021 Final model	average	3946.065	3712.485	3674.92	

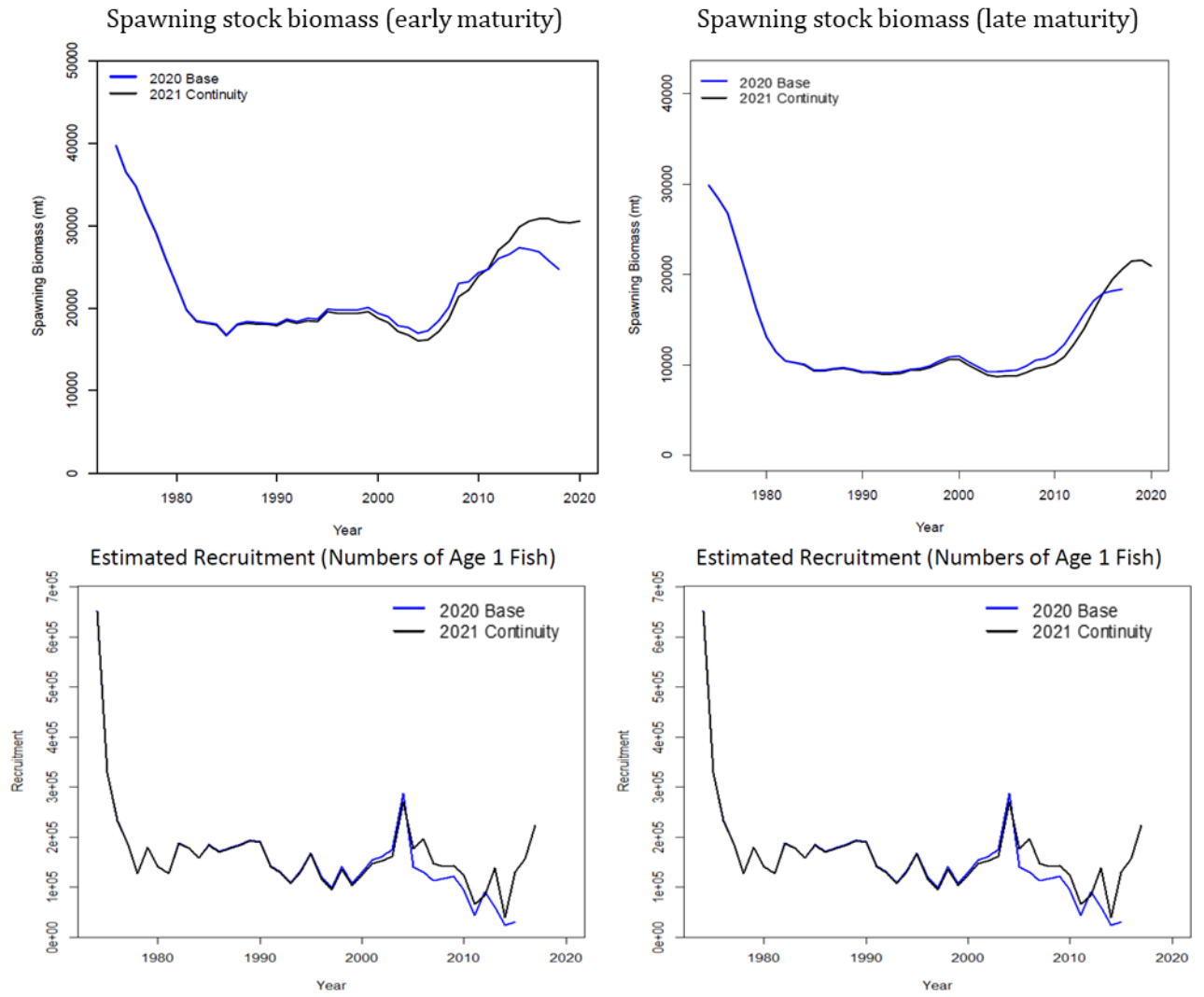
**Table 9.** Comparisons of projected yield at F<sub>0.1</sub> for the period between 2022 and 2024 among models.

Effects	Comparisons				Year		
	Model and selectivity	Model and selectivity	Model and selectivity	Model and selectivity	2022	2023	2024
Change due to additional year (2020)	2020 Base Case	2016-2018	2021 continuity	2018-2020	144%	149%	152%
Change due to new Indices	2021 prototype*	2018-2020	2021 continuity	2018-2020	99%	99%	103%
Change due to new data and model assumptions	2021 Final model	2005-2008	2021 prototype*	2005-2008	151%	147%	143%
Change in selectivity impact due to F0.1	2021 Final model	2018-2020	2021 Final model	2005-2008	106%	101%	99%

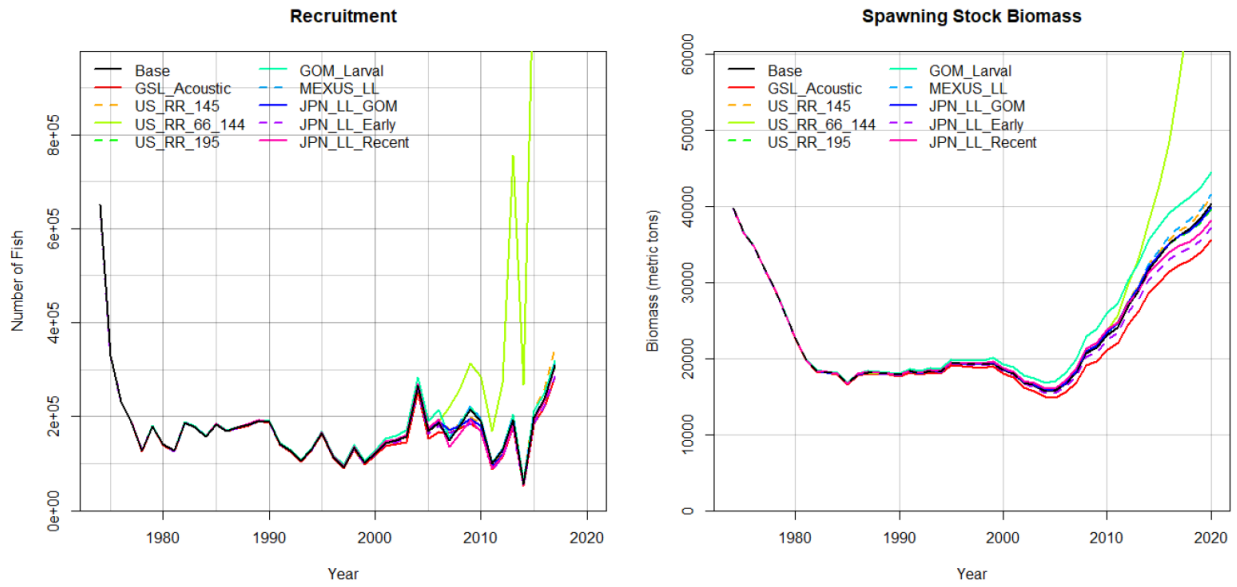
\*noted diagnostic issues with prototype



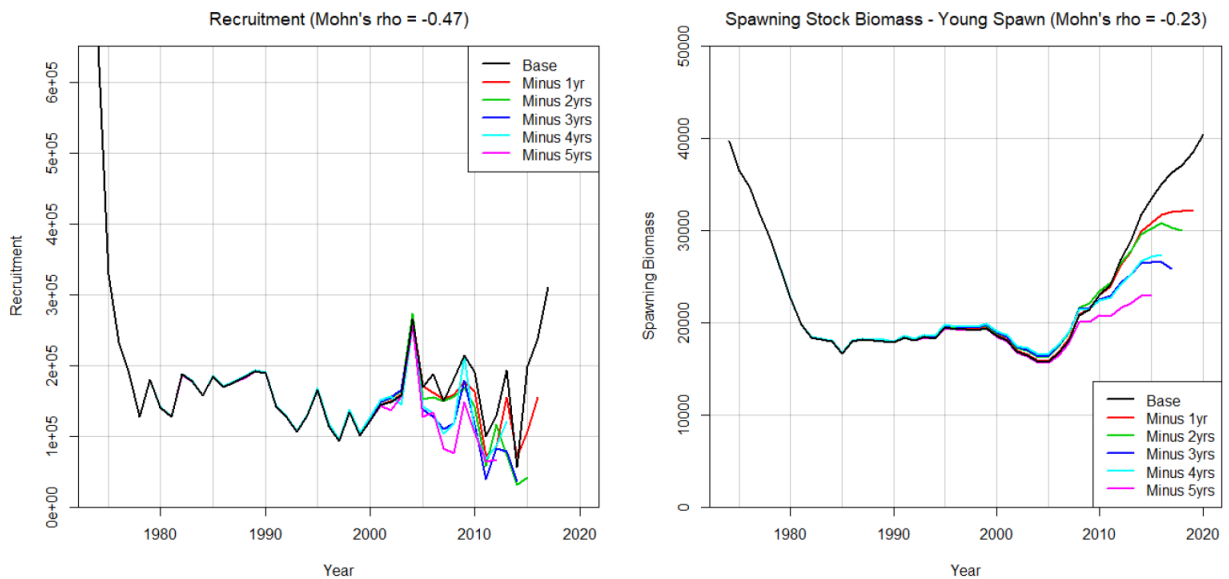
**Figure 1. VPA.** Estimates of bluefin tuna recruitment in the West Atlantic by stepwise model iteration (moving down by column in each step) from the continuity to the proposed base model. The black line shows the updated run in each step, the blue lines shows the run from the previous step, and the gray lines show all other prior runs.



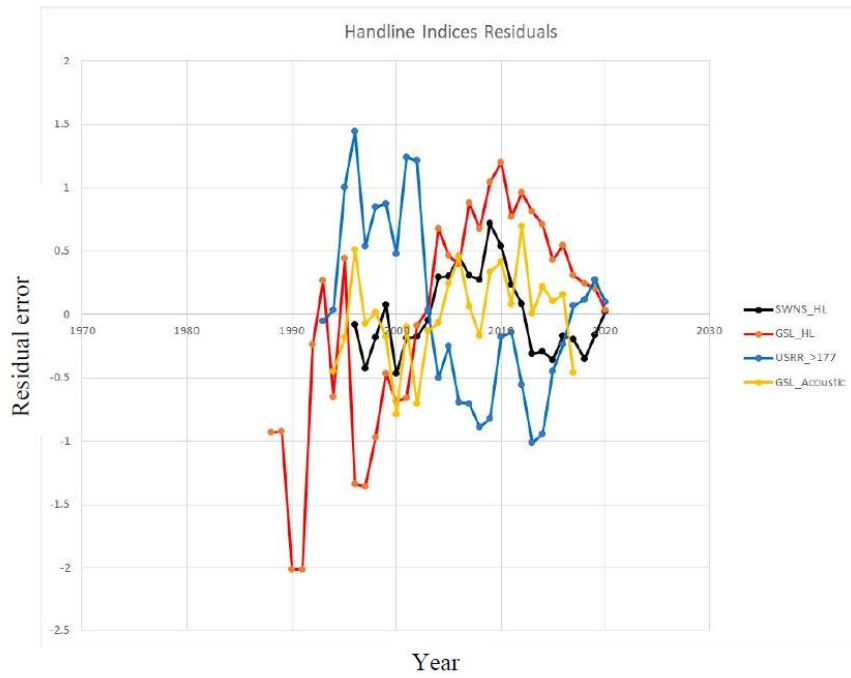
**Figure 2.** VPA Spawning stock biomass (upper panels) and recruitment estimates (age 1, lower panels) by the 2021 Continuity runs (black lines) for late (left panels) and early maturity (right panels) scenarios of bluefin tuna in the West Atlantic compared to the 2020 assessment (blue lines)



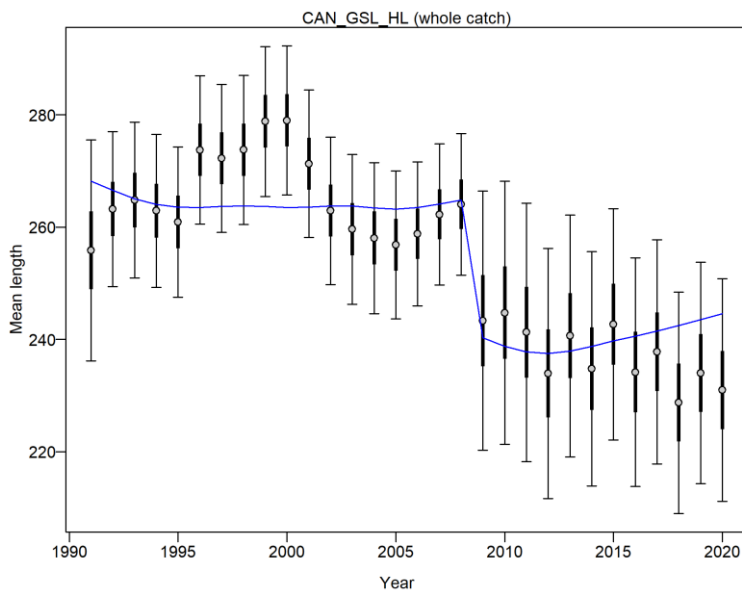
**Figure 3. VPA.** Index jackknife effects on estimates of bluefin tuna in the West Atlantic by the 2021 base case. Recruitment (left panel) and spawning stock biomass (right panel, early maturity scenario).



**Figure 4. VPA.** Retrospective estimates of bluefin tuna in the West Atlantic by the 2021 base case. Recruitment (left panel) and spawning stock biomass (early maturity scenario, right panel).

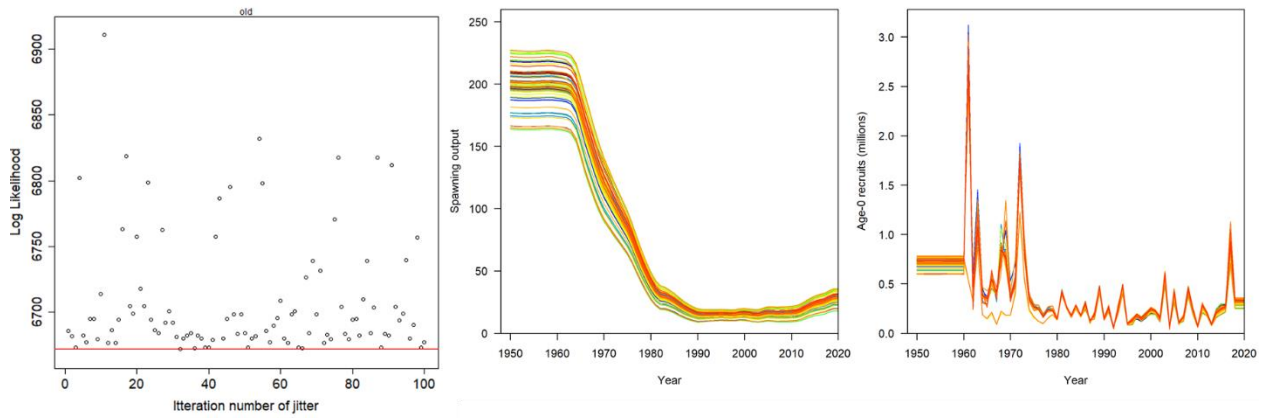


**Figure 5. VPA.** Residual error to handline (Canada GSL, Canada SWNS, and US RR>177cm) indices and the GSL acoustic index.

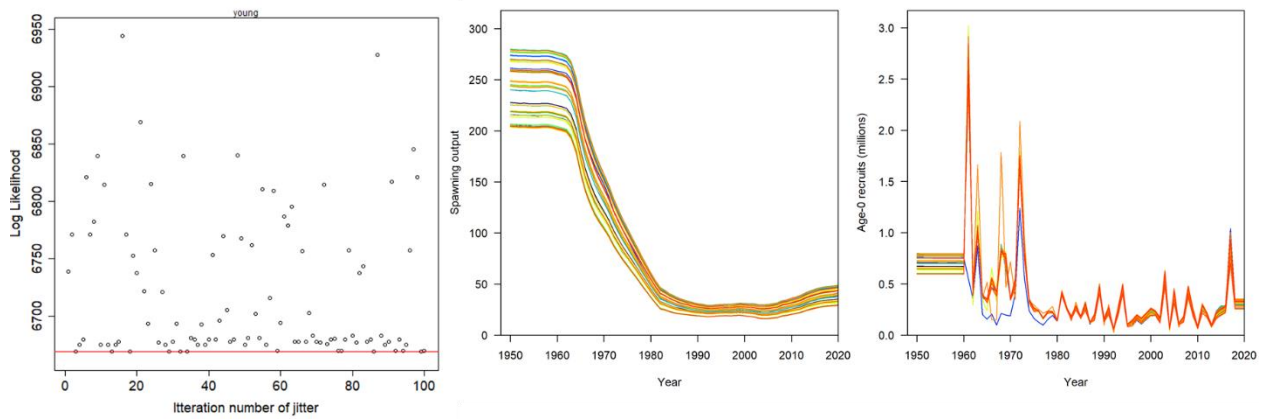


**Figure 6 Stock Synthesis.** Observed length composition since 1990 by Canadian handline in the GSL, and estimated mean length (blue line) in the model.

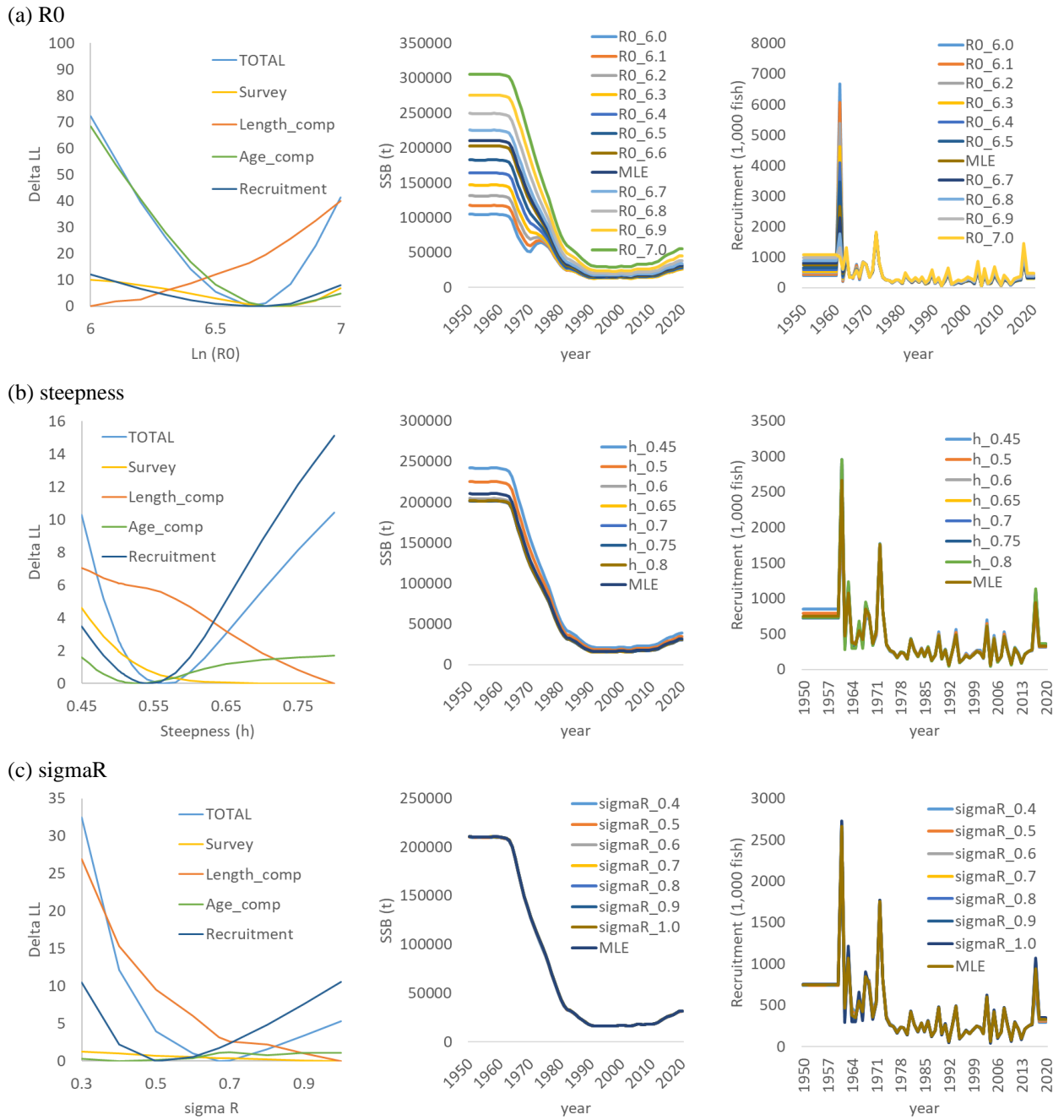




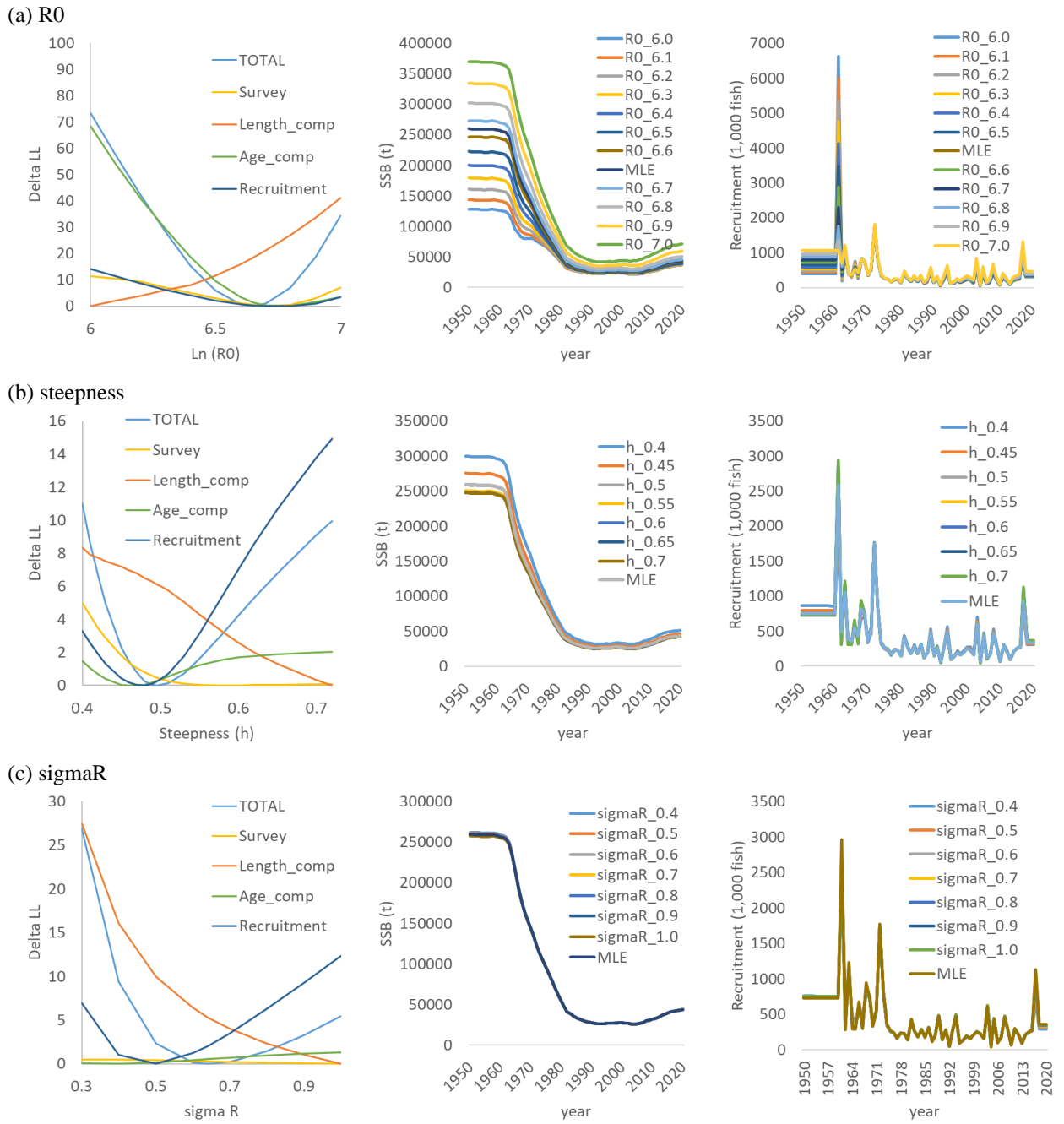
**Figure 7.** Results of log-likelihood (Left), SSB (center), and recruitment (age0, Right) by the jitter analysis for the final models for late maturity scenario.



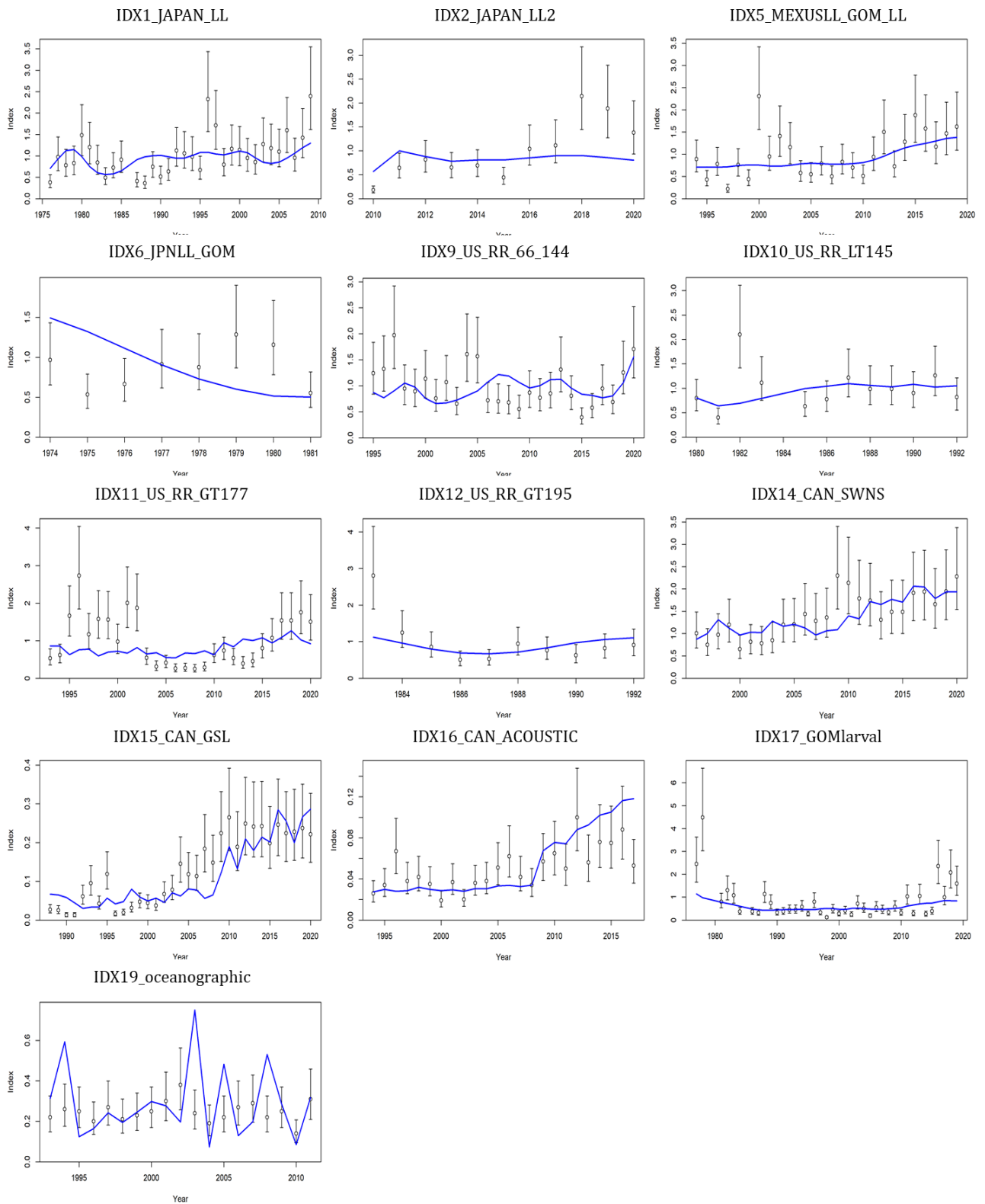
**Figure 8.** Results of log-likelihood (Left), SSB (center), and recruitment (age0, Right) by the jitter analysis for the final models for early maturity scenario.



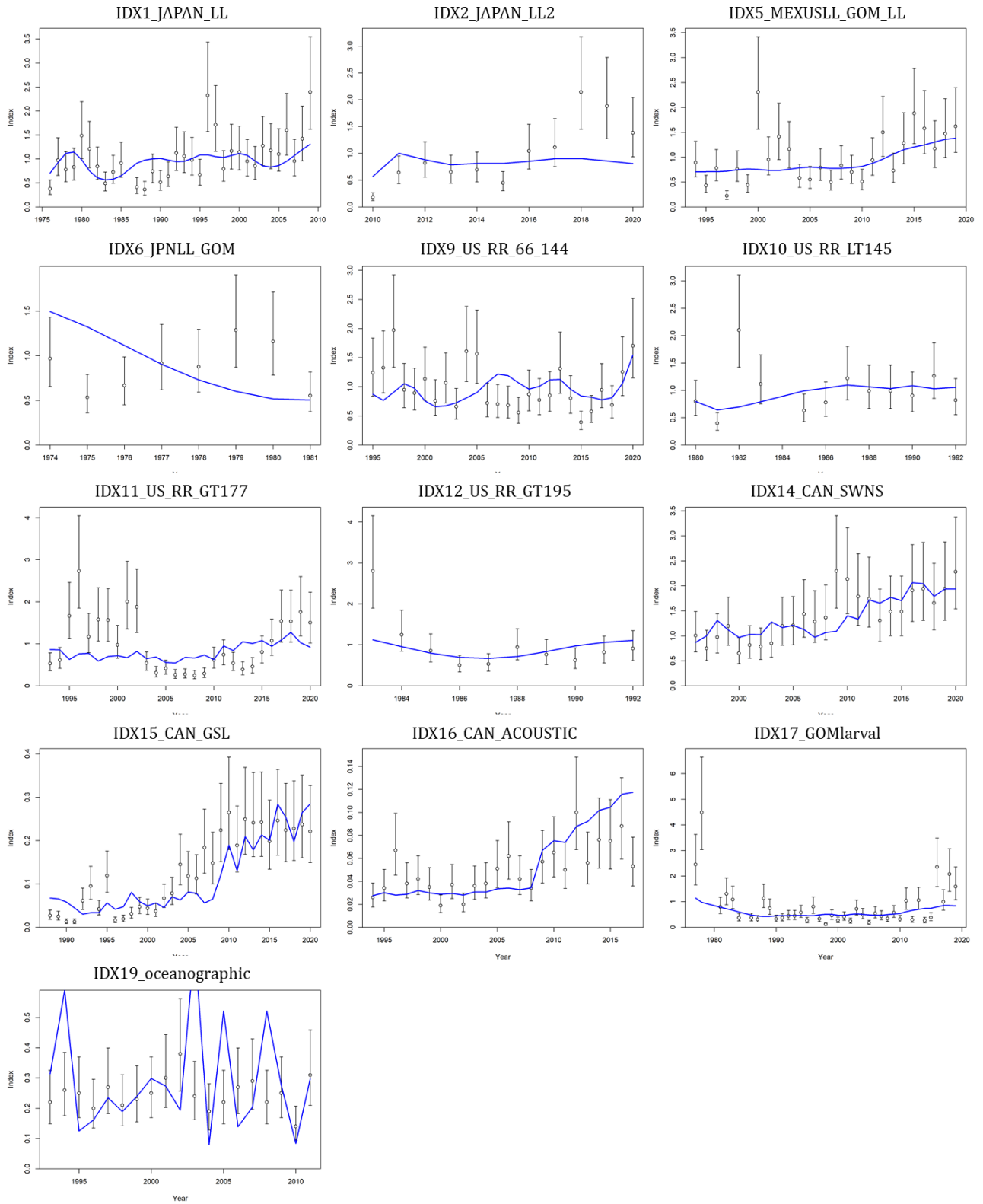
**Figure 9.** Likelihood profiles (Left) by (a) R0, (b) steepness and (c) sigmaR and resulting SSB (Center) and recruitment (Right) trends for the final model for late maturity scenario.



**Figure 10.** Likelihood profiles (Left) by (a)  $R_0$ , (b) steepness and (c)  $\sigma R$  and resulting SSB (Center) and recruitment (Right) trends for the final model for early maturity scenario.



**Figure 11.** Fits to each CPUE index for the final model for late maturity scenario.



**Figure 12.** Fits to each CPUE index for the final model for early maturity scenario.

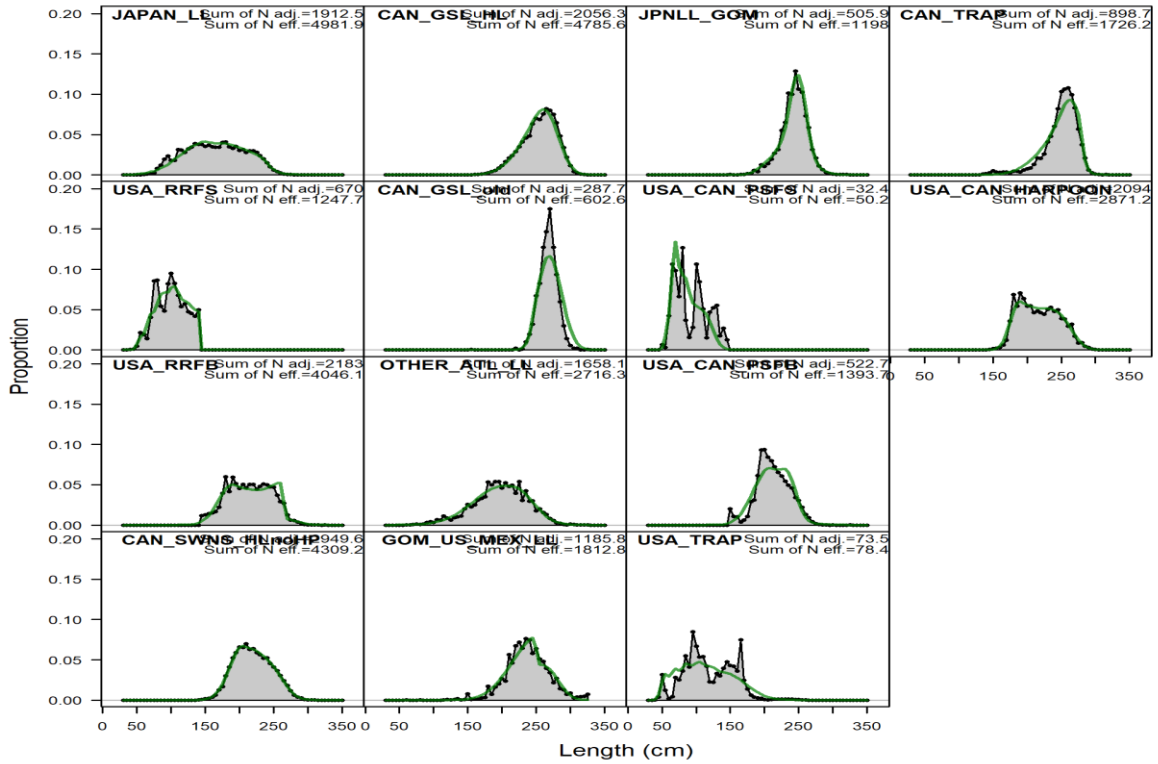


Figure 13. Fits to length composition data over all years for the final model for late maturity scenario.

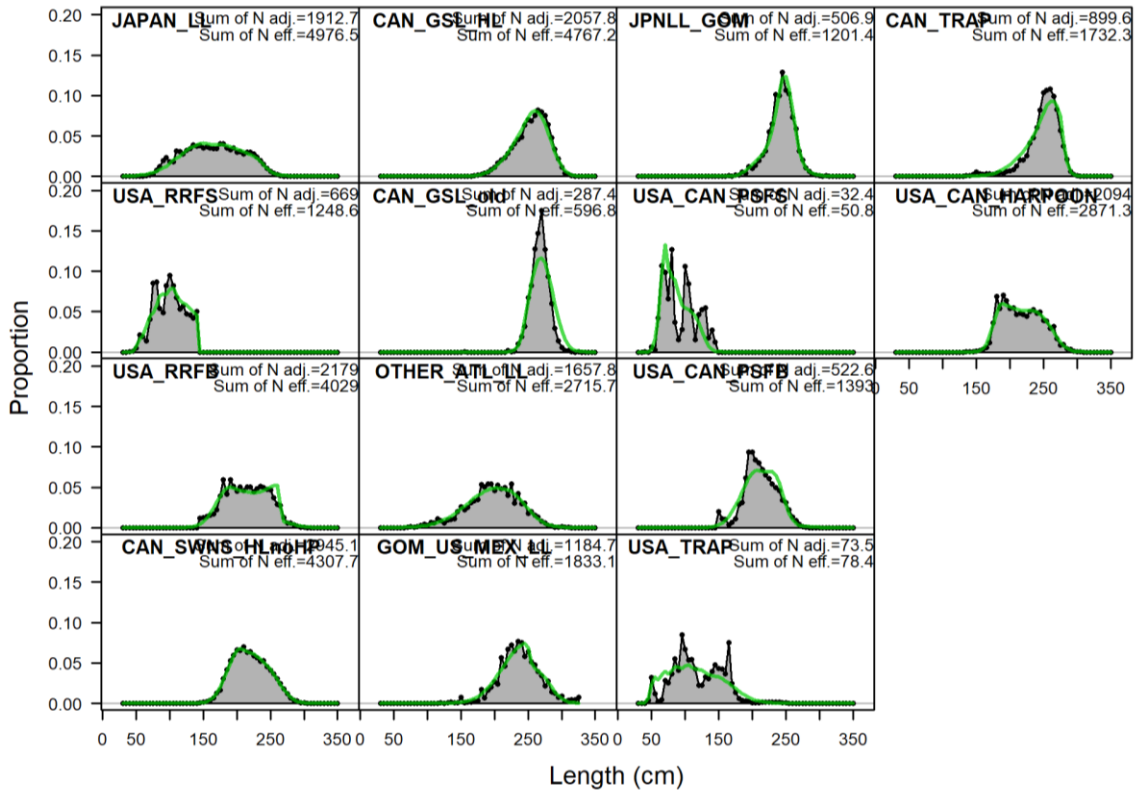
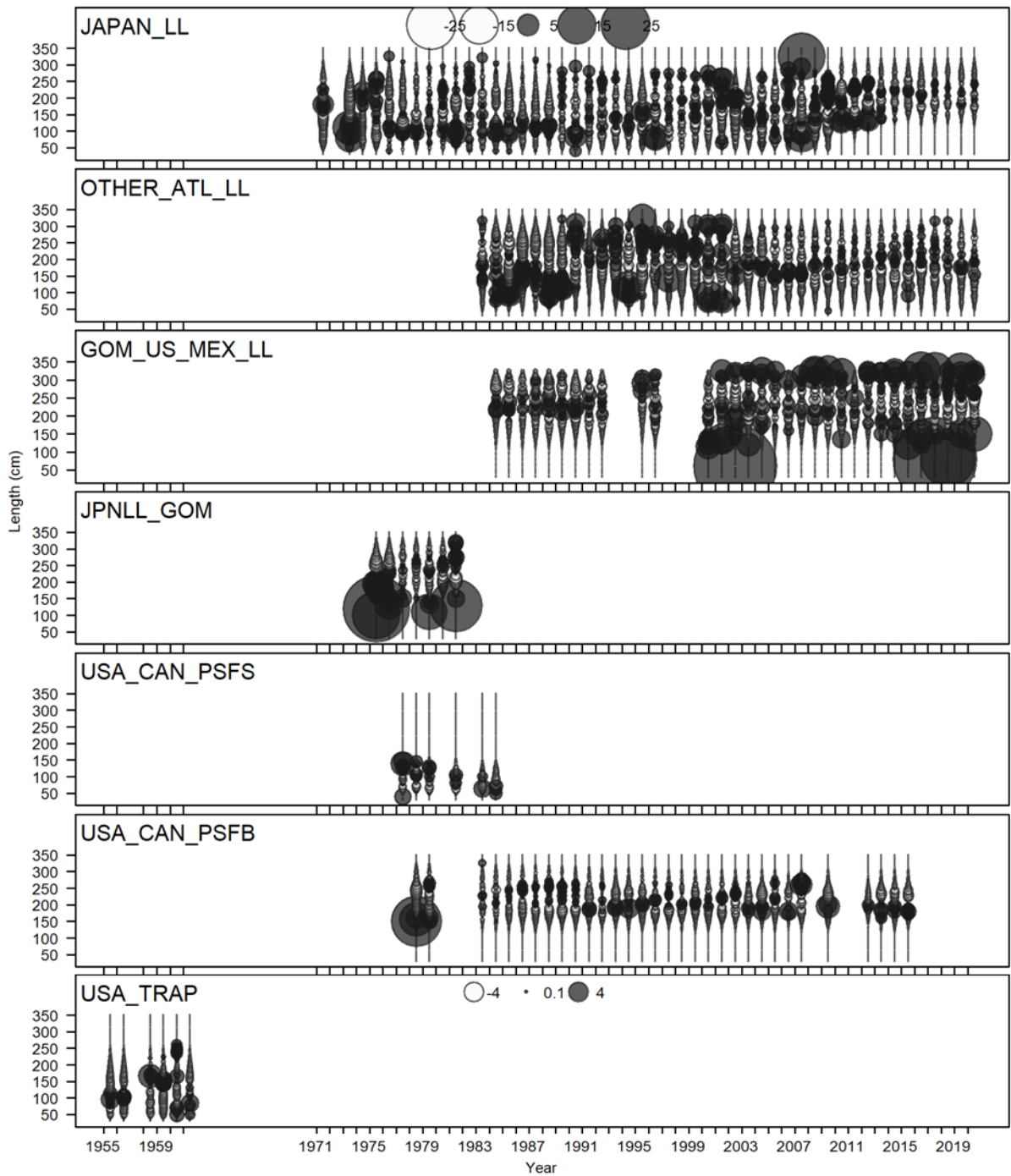


Figure 14. Fits to length composition data over all years for the final model for early maturity scenario.



**Figure 15.** Time series of Pearson residuals on the length composition data by fleets for the final model for late maturity scenario.



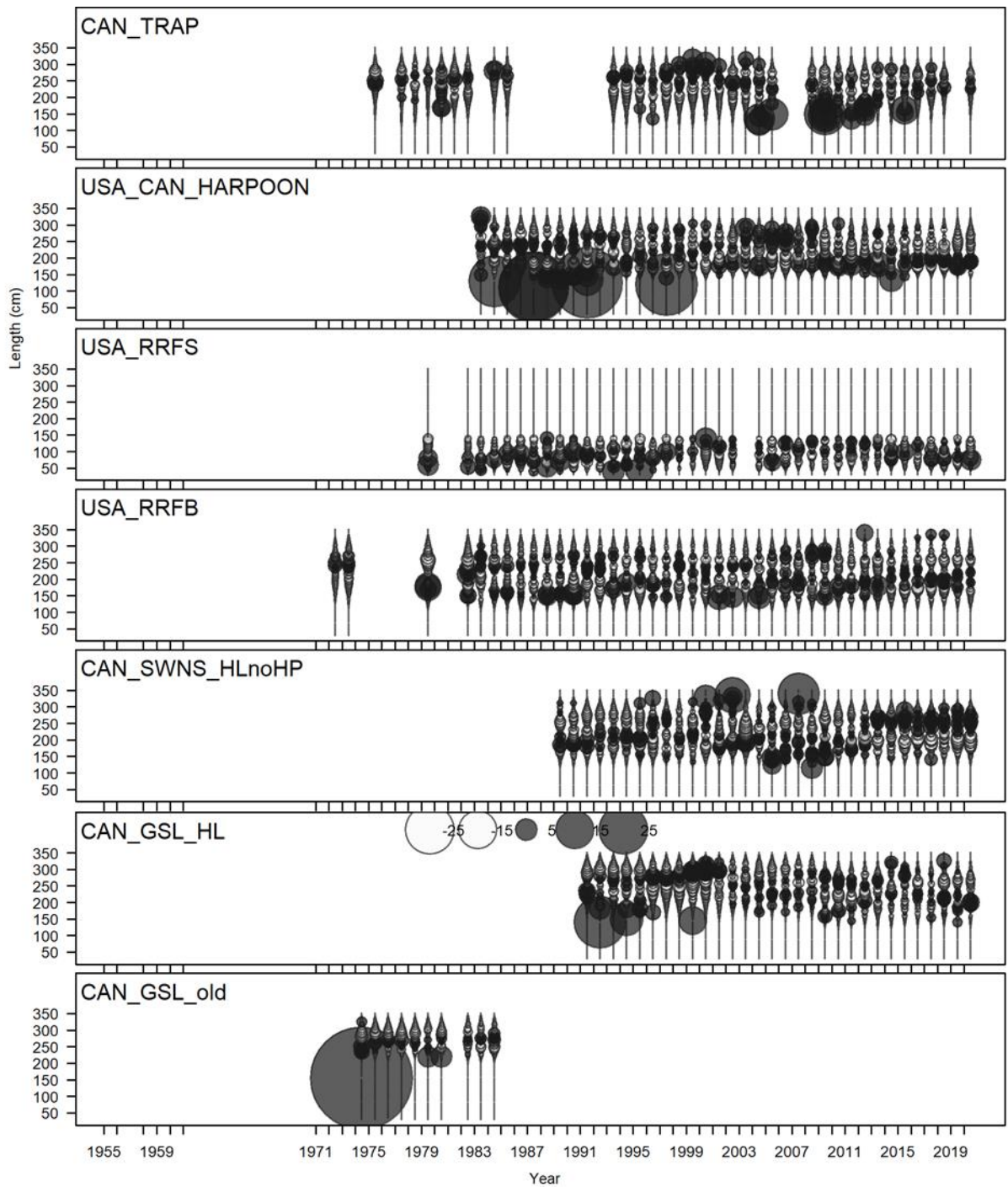
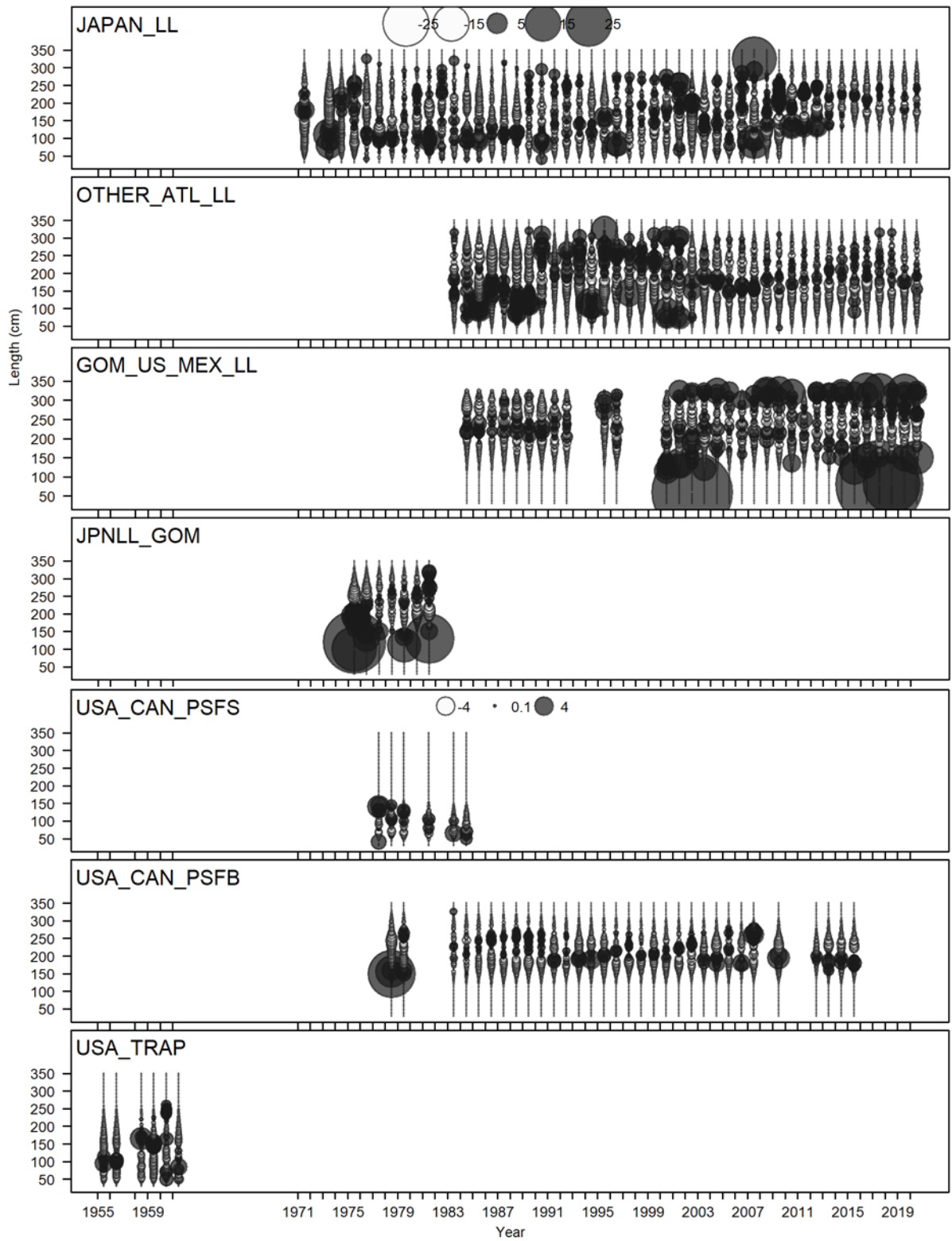


Figure 15. Continued.





**Figure 16.** Time series of Pearson residuals on the length composition data by fleets for the final model for early maturity scenario.

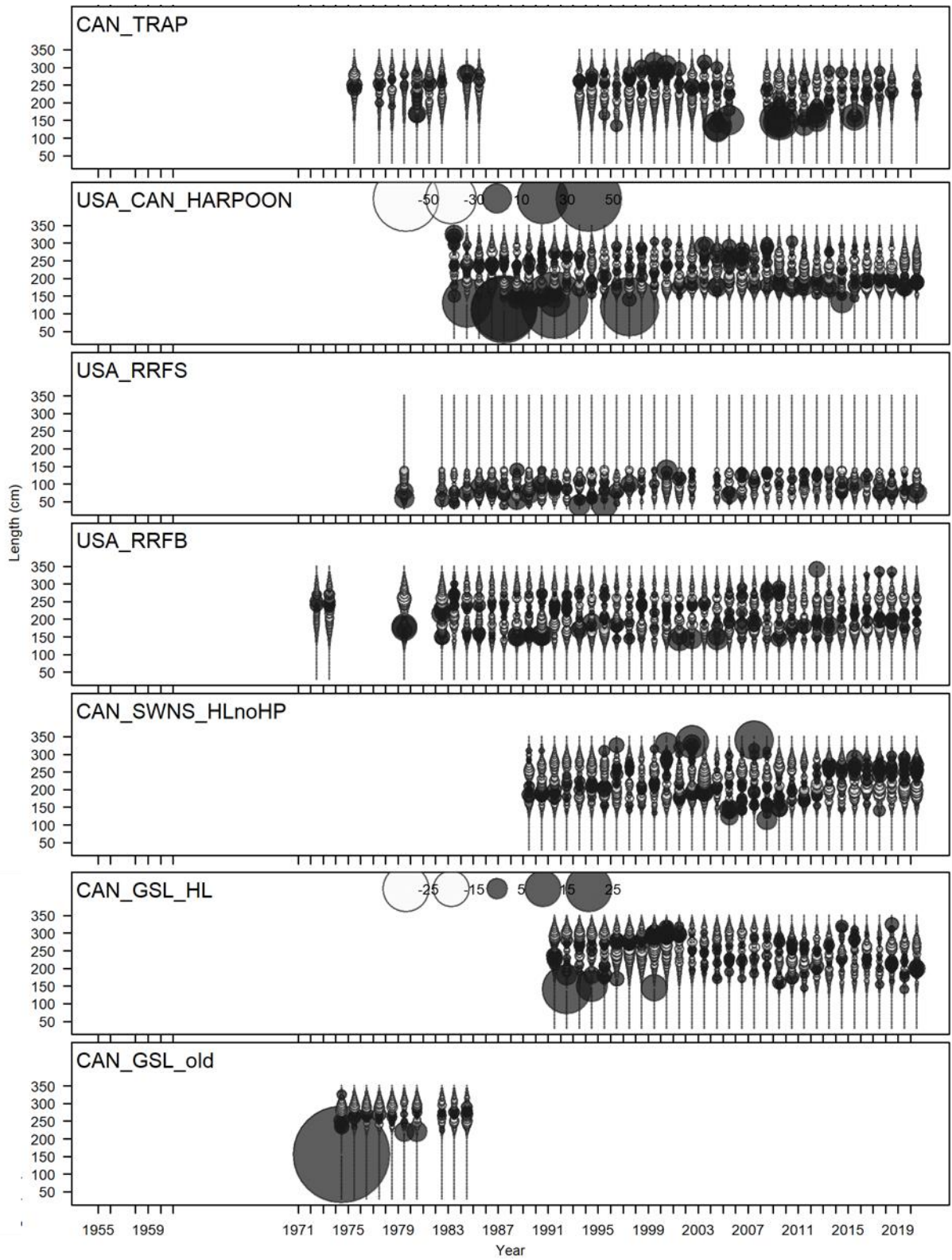
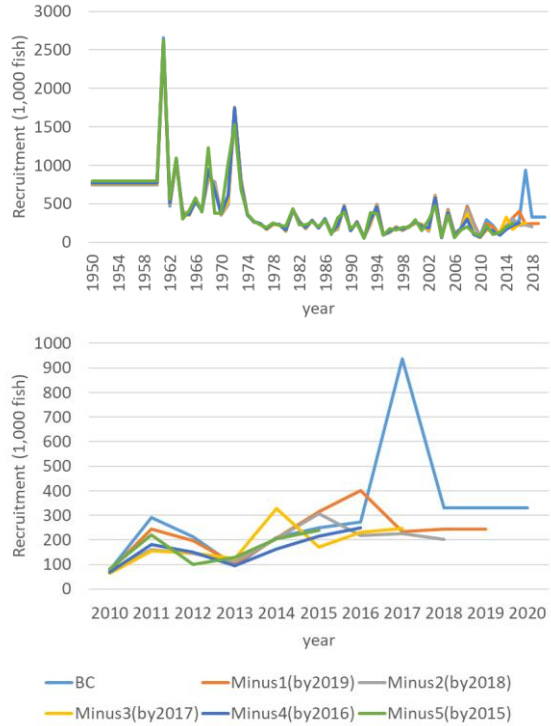
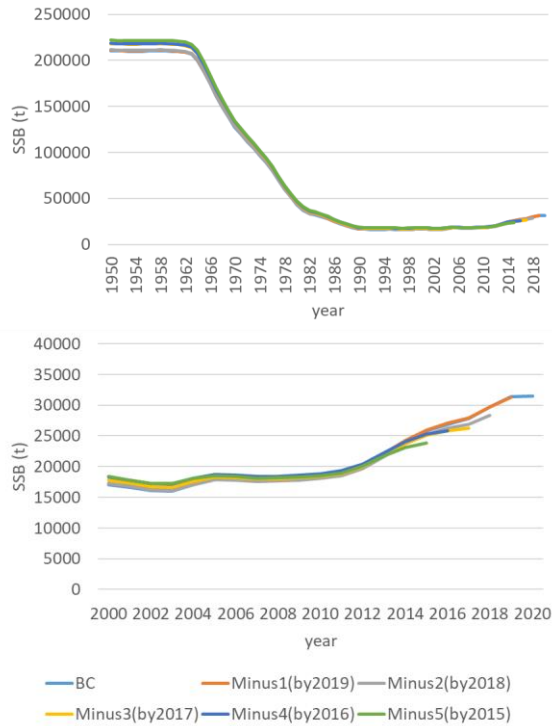
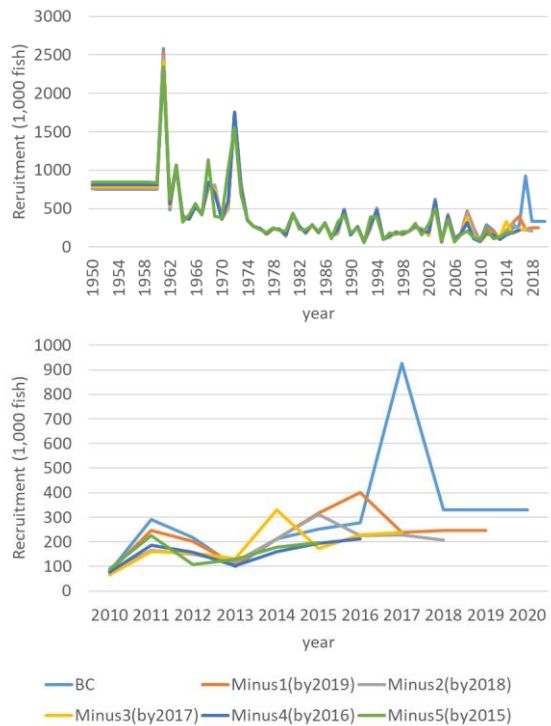
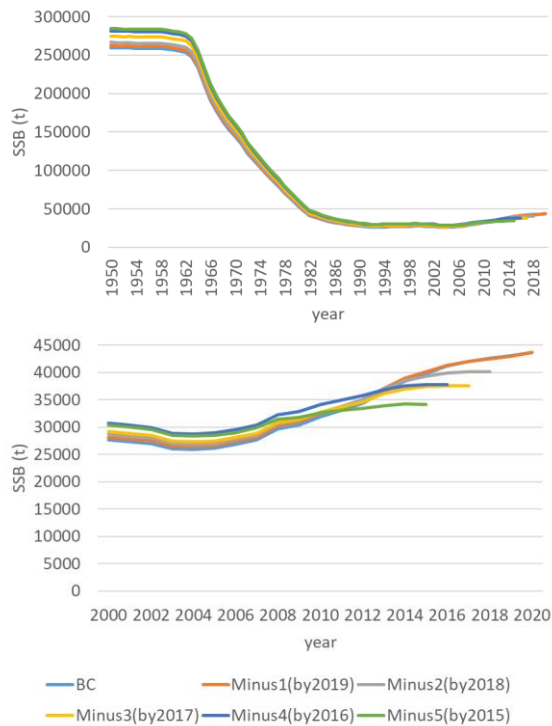


Figure 16. Continued.

(a) late maturity scenario

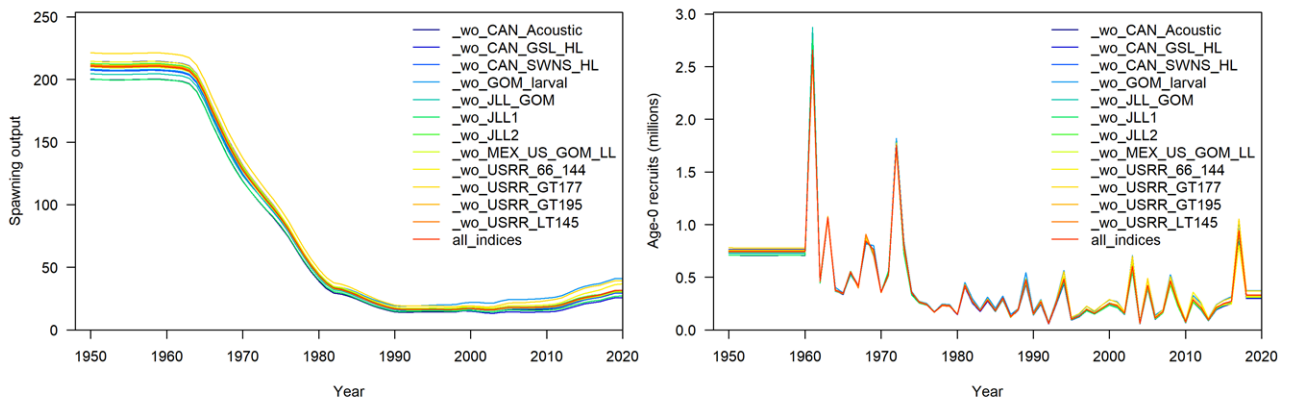


(b) early maturity scenario

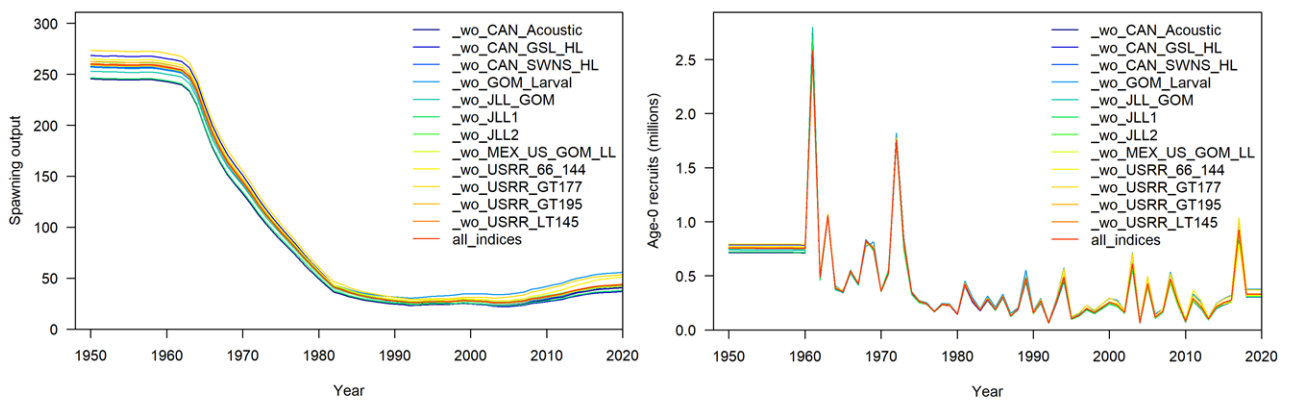


**Figure 17.** Retrospective plots of SSB (t) and recruitment (age 0, thousand fish) trends for the final models for (a) late and (b) early maturity scenarios. Upper panels are for the whole assessment period between 1950 and 2020, and lower panels show the period after 2000.

(a) late maturity

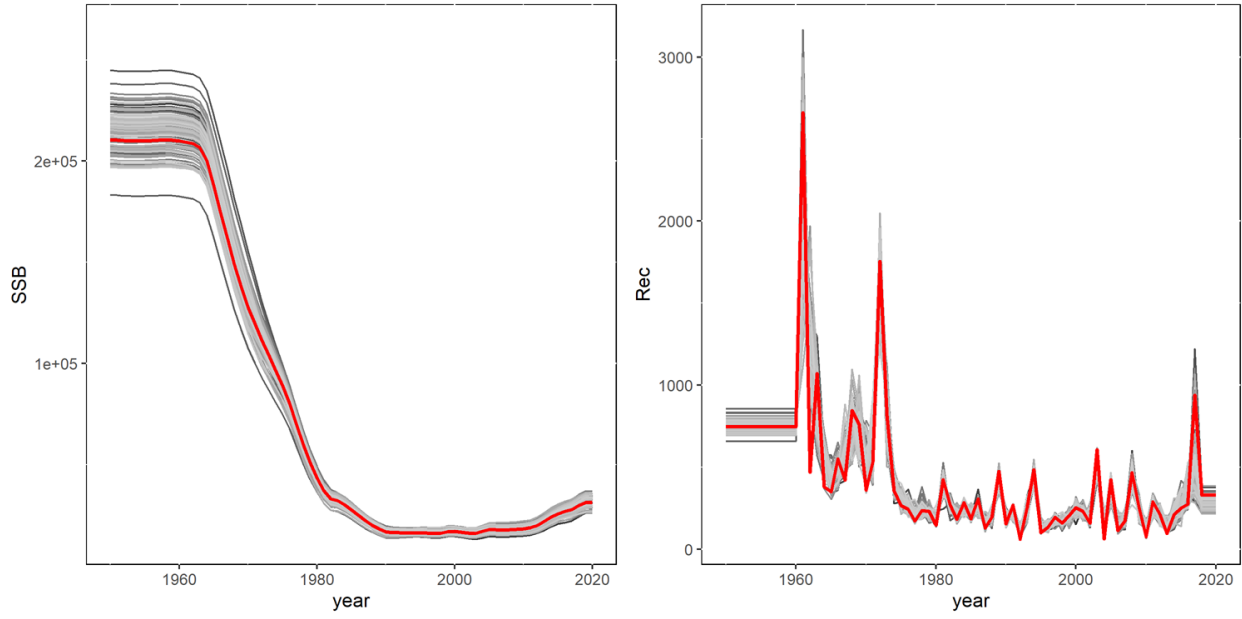


(b) early maturity

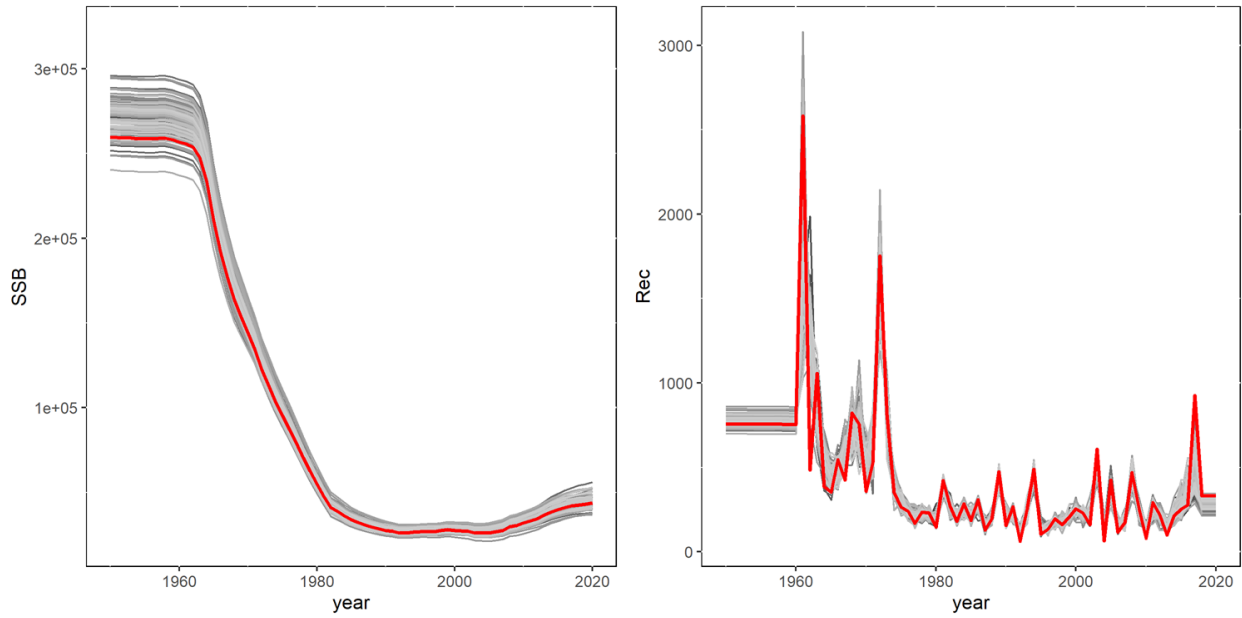


**Figure 18.** SSB (Left) and recruitment (age0, Right) by jackknife analysis regarding abundance indices for the final models for (a) late and (b) early maturity scenarios.

(a) late maturity

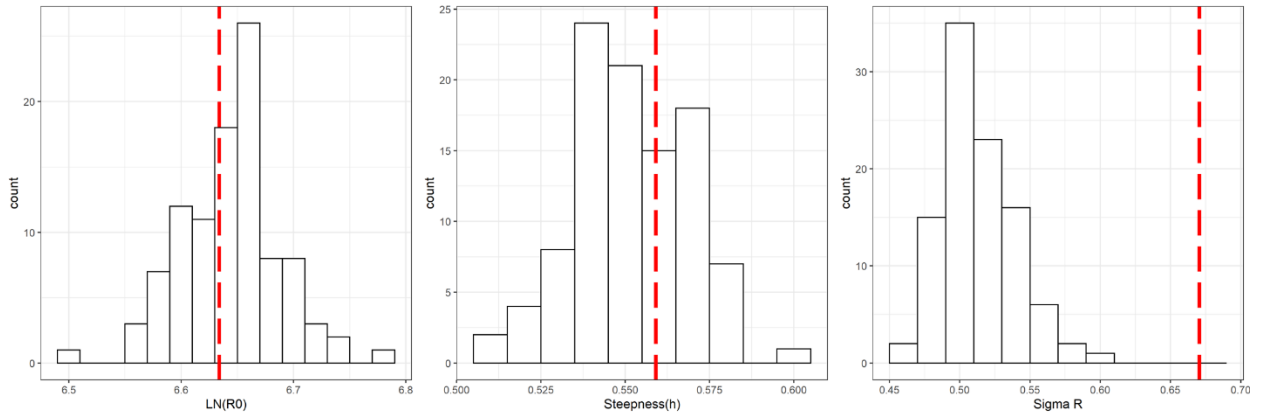


(b) early maturity

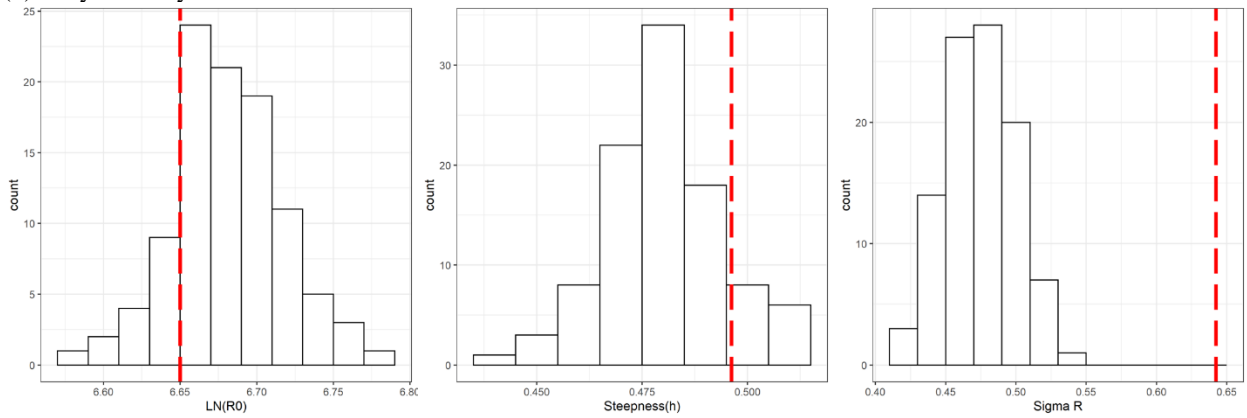


**Figure 19.** Results of SSB and recruitment trends came from original runs (red line) and 100 bootstrap replicates (gray line) for the final models for (a) late and (b) early maturity scenarios. (optional)

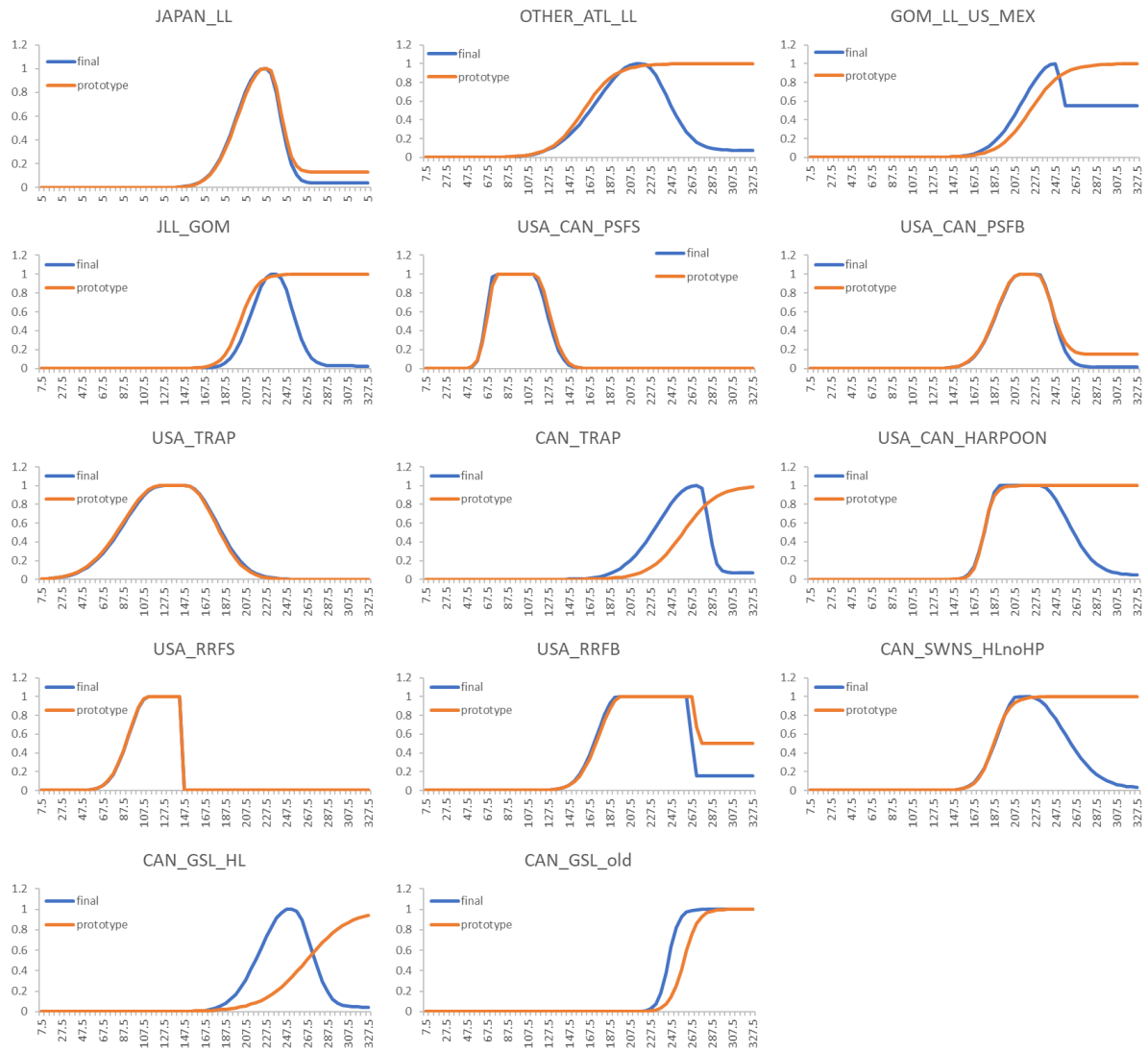
(a) late maturity



(b) early maturity

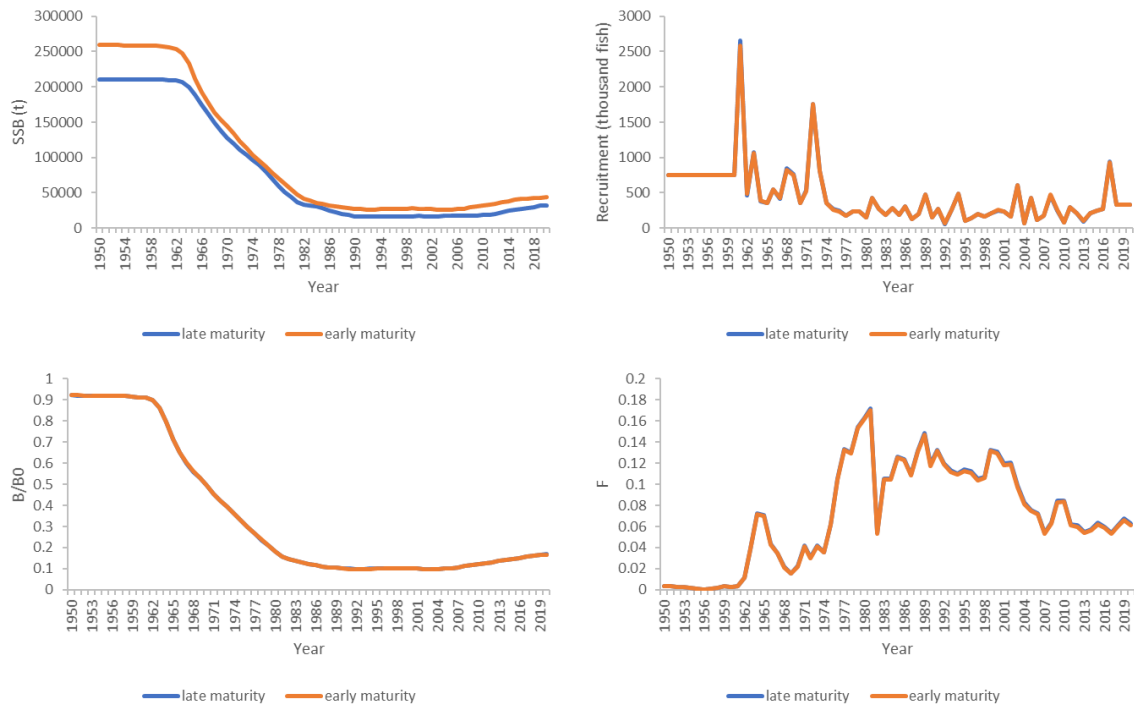


**Figure 20.** Results of the distribution of 3 parameter estimates related to Stock-Recruitment relationship came (optional) from 100 bootstraps replicates for the final models for (a) late and (b) early maturity scenarios,  $\ln(R_0)$  (left), steepness (middle) and  $\sigma R$  (Right). Red line shows the estimates in original run without data perturbation.

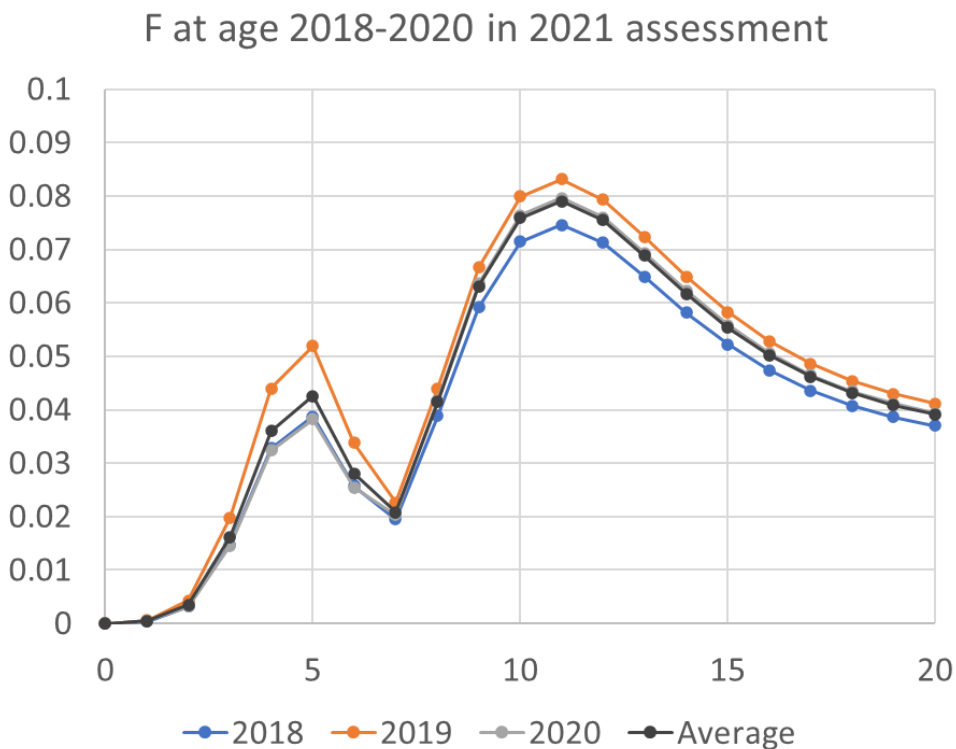


**Figure 21.** Estimated selectivity at end year by fleet for the final model for late maturity scenario.



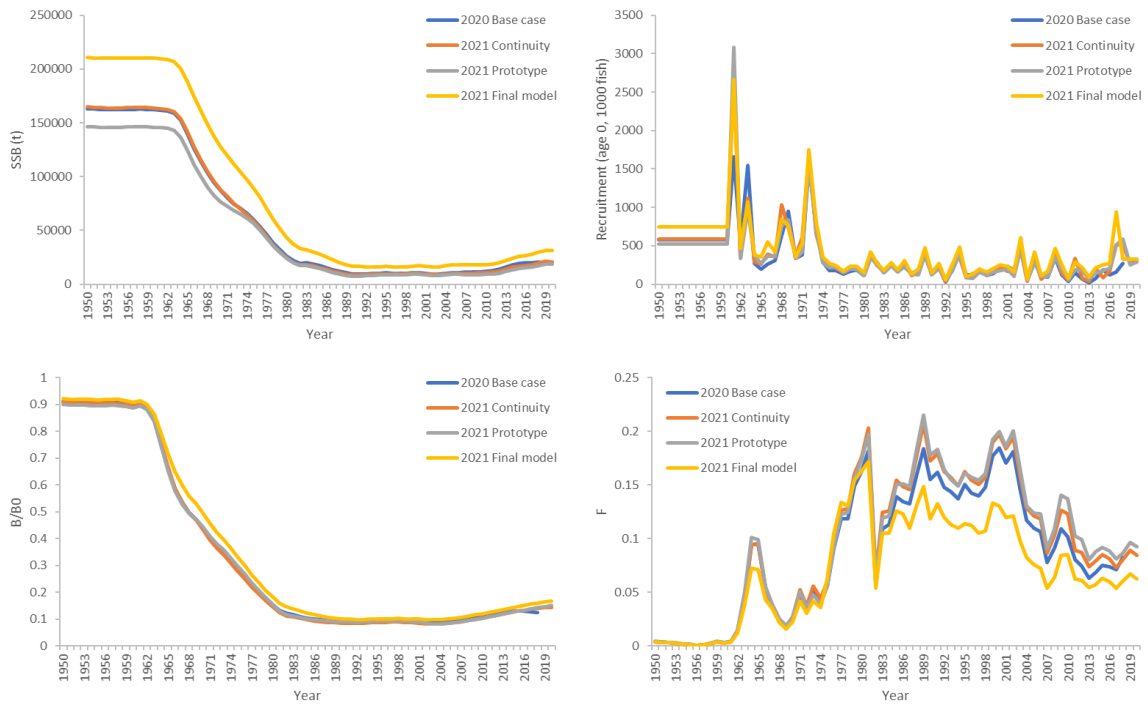


**Figure 22.** The comparison plots of time series of SSB (top left), recruitment (top right), biomass ratio to unfished levels (bottom left) and fishing mortality (bottom right) between the final models for late (blue) and early (orange) maturity scenarios.

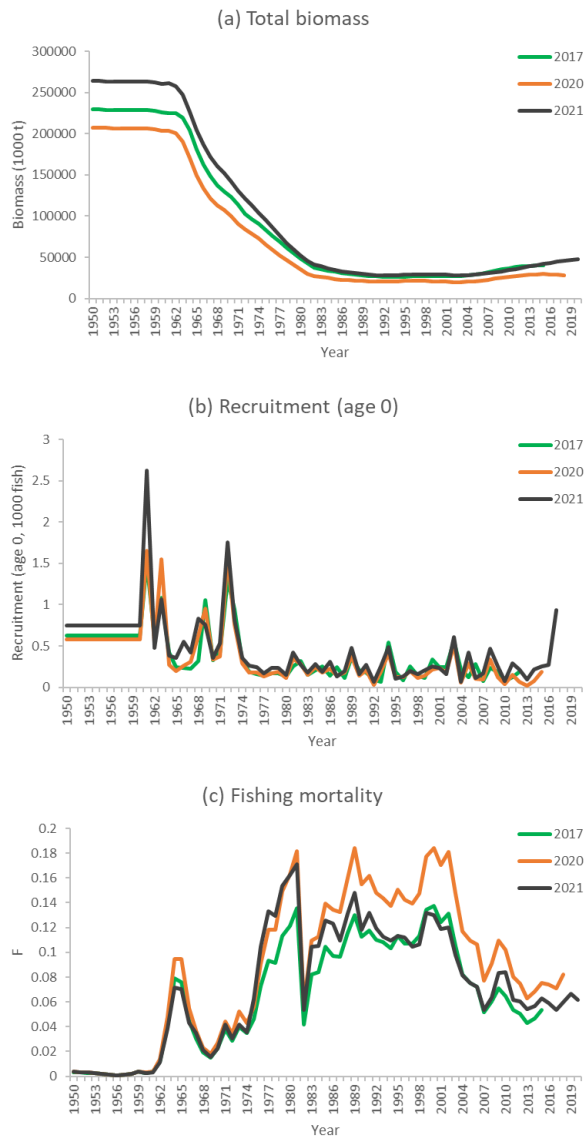


**Figure 23.** Estimated fishing mortality at age between 2018 and 2020, and its average (black line).

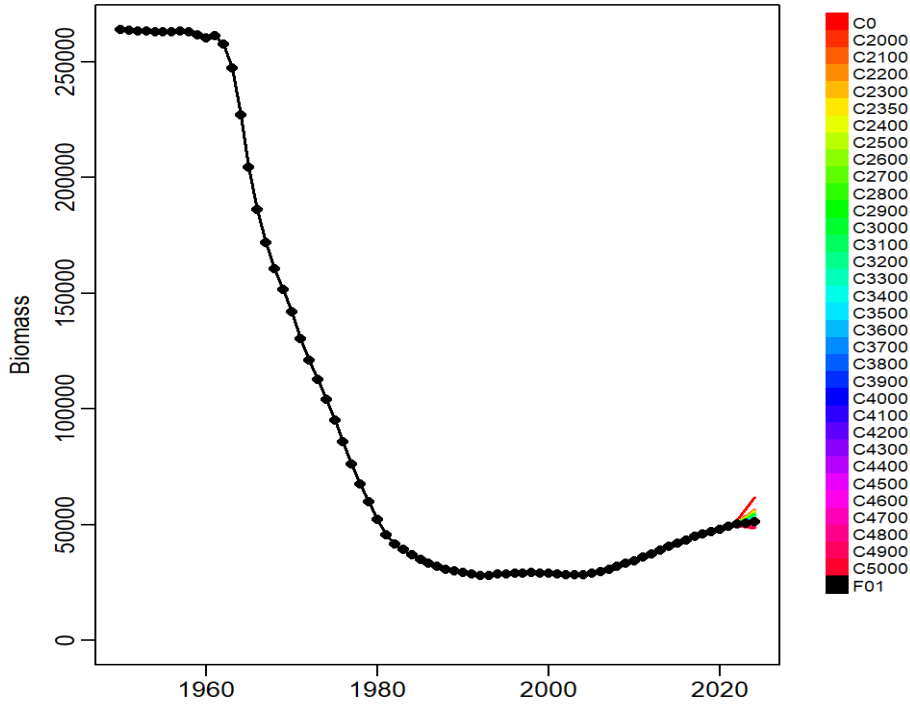




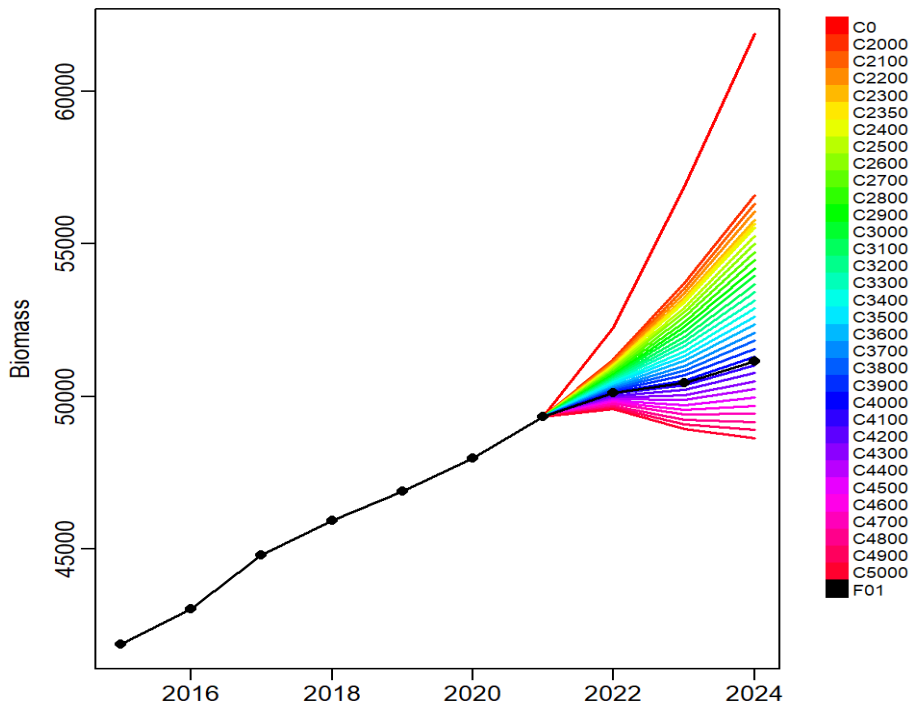
**Figure 24.** The comparison plot of time series of SSB (top left), recruitment (top right), biomass ratio to unfished levels (bottom left) and fishing mortality (bottom right) for the 2020 base case model, 2021 continuity run, 2021 prototype, and the 2021 final model for late maturity scenario.



**Figure 25.** Comparisons of (a) total biomass, (b)recruitment, and (c) fishing mortality by Stock Synthesis among 2017 (green), 2020 (orange), and 2021 (black) stock assessments for West bluefin tuna. The combined results for both maturity scenarios are shown.  
 (a) 1950-2024



(b) 2015-2024



**Figure 26.** Projected total stock biomass (mt) of bluefin tuna in the West Atlantic under alternative constant catch scenarios, averaged across maturity specifications for Stock Synthesis. The deterministic model runs are averaged across both maturity specifications. (a) Upper panel: 1950-2024, (b) lower panel: zoomed in to 2015 to 2024.

**Agenda**

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements
2. Model diagnostics
  - 2.1 VPA
  - 2.2 Stock Synthesis
3. Assessment results
  - 3.1 VPA
  - 3.2 Stock Synthesis
4. Projections and management advice
5. Other matters
6. Adoption of the report and closure

## List of Participants

**CONTRACTING PARTIES****CANADA****Duprey, Nicholas**

Senior Science Advisor, Fisheries and Oceans Canada - Fish Population Science, Government of Canada, 200-401 Burrard Street, Vancouver, BC V6C 3R2  
Tel: +1 604 499 0469; +1 250 816 9709, E-Mail: nicholas.duprey@dfo-mpo.gc.ca

**Gillespie, Kyle**

Fisheries and Oceans Canada, St. Andrews Biological Station, Population Ecology Division, 125 Marine Science Drive, St. Andrews, New Brunswick, E5B 0E4  
Tel: +1 506 529 5725, Fax: +1 506 529 5862, E-Mail: kyle.gillespie@dfo-mpo.gc.ca

**Hanke, Alexander**

Scientist, St. Andrews Biological Station, Fisheries and Oceans Canada, 531 Brandy Cove Road, St. Andrews, New Brunswick E5B 2L9  
Tel: +1 506 529 5912, Fax: +1 506 529 5862, E-Mail: alex.hanke@dfo-mpo.gc.ca

**EUROPEAN UNION****Arrizabalaga, Haritz**

Principal Investigator, AZTI Marine Research Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Herrera Kaia Portualde z/g, 20110 Pasaia, Gipuzkoa, España  
Tel: +34 94 657 40 00; +34 667 174 477, Fax: +34 94 300 48 01, E-Mail: harri@azti.es

**Di Natale, Antonio**

Director, Aquastudio Research Institute, Via Trapani 6, 98121 Messina, Italy  
Tel: +39 336 333 366, E-Mail: adinatale@costaedutainment.it; adinatale@acquariodigenova.it

**Gordoa, Ana**

Senior scientist, Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB - CSIC), Acc. Cala St. Francesc, 14, 17300 Blanes, Girona, España  
Tel: +34 972 336101; +34 666 094 459, E-Mail: gordoa@ceab.csic.es

**Pierucci, Andrea**

University of Cagliari, 09126 Cagliari, Italy  
Tel: +39 328 651 6025, E-Mail: andrea.pierucci@hotmail.it

**Rodríguez-Marín, Enrique**

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Santander, Promontorio de San Martín s/n, 39004 Santander, Cantabria, España  
Tel: +34 942 291 716, Fax: +34 942 27 50 72, E-Mail: enrique.rmarin@ieo.es

**Rouyer, Tristan**

Ifremer - Dept Recherche Halieutique, B.P. 171 - Bd. Jean Monnet, 34200 Sète, Languedoc Rousillon, France  
Tel: +33 782 995 237, E-Mail: tristan.rouyer@ifremer.fr

**JAPAN****Butterworth, Douglas S.**

Emeritus Professor, Department of Mathematics and Applied Mathematics, University of Cape Town, Rondebosch, 7701 Cape Town, South Africa  
Tel: +27 21 650 2343, E-Mail: doug.butterworth@uct.ac.za

**Daito, Jun**

Chief, Japan Tuna Fisheries Co-operative Association, 31-1, Eitai 2-Chome, Koto-ku, Tokyo 135-0034  
Tel: +81 356 462 382, Fax: +81 356 462 652, E-Mail: daito@japantuna.or.jp

**Fukuda, Hiromu**

Head of Group, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa, Yokohama, 234-8648  
Tel: +81 45 788 7936, E-Mail: fukudahiromu@affrc.go.jp

**Miura, Nozomu**

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

**Nakatsuka, Shuya**

Deputy Director, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanazawa Kanagawa, 236-8648  
Tel: +81 45 788 7950, E-Mail: snakatsuka@affrc.go.jp

**Rademeyer, Rebecca**

Marine Resource Assessment and Management Group, Department of Mathematics and Applied Mathematic - University of Cape Town, Private Bag, 7700 Rondebosch, South Africa  
Tel: +651 300 442, E-Mail: rebecca.rademeyer@gmail.com

**Tsukahara, Yohei**

Scientist Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Highly Migratory Resources Division, Fisheries Stock Assessment Center, Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, 2-12-4, Fukuura, Kanagawa, Yokohama, Shizuoka Shimizu-ku 236-8648  
Tel: +81 45 788 7937, Fax: +81 54 335 9642, E-Mail: tsukahara\_y@affrc.go.jp

**Uozumi, Yuji**

Adviser, Japan Tuna Fisheries Co-operation Association, Japan Fisheries Research and Education Agency, 31-1 Eitai Chiyodaku, Tokyo Koutou ku Eitai 135-0034  
Tel: +81 3 5646 2380, Fax: +81 3 5646 2652, E-Mail: uozumi@japantuna.or.jp

**MEXICO****Ramírez López, Karina**

Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera - Veracruz, Av. Ejército Mexicano No.106 - Colonia Exhacienda, Ylang Ylang, C.P. 94298 Boca de Río, Veracruz  
Tel: +52 5538719500, Ext. 55756, E-Mail: kramirez\_inp@yahoo.com

**MOROCCO****Abid, Nouredine**

Chercheur et ingénieur halieute au Centre Régional de recherche Halieutique de Tanger, Responsable du programme de suivi et d'étude des ressources des grands pélagiques, Centre régional de l'INRH à Tanger/M'dig, B.P. 5268, 90000 Drabed, Tanger  
Tel: +212 53932 5134; +212 663 708 819, Fax: +212 53932 5139, E-Mail: noureddine.abid65@gmail.com

**UNITED STATES****Brown, Craig A.**

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

**Cadrin, Steven Xavier**

Associate Professor, SMAST - University of Massachusetts, School for Marine Science & Technology, Department of Fisheries Oceanography, 836 South Rodney French Blvd, Fairhaven, MA 02744  
Tel: +1 508 910 6358, Fax: +1 508 910 6374, E-Mail: scadrin@umassd.edu

**Hansell, Alexander**

Postdoctoral Researcher, Gulf of Maine Research Institute, 350 Commercial St, Portland ME 04101  
Tel: +1 (207) 772-2321 Ext. 1620; +1 617 640 0895, E-Mail: alex.hansell@noaa.gov; ahansell@gmri.org

**Kerr, Lisa**

Gulf of Maine Research Institute, 350 Commercial Street, Portland ME 04101  
Tel: +1 301 204 3385; +1 207 228 1639, E-Mail: lkerr@gmri.org

**Lauretta, Matthew**

Fisheries Biologist, NOAA Fisheries Southeast Fisheries Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149  
Tel: +1 305 361 4481, E-Mail: matthew.lauretta@noaa.gov

**Schalit, David**

President, American Bluefin Tuna Association, 176 Mulberry Street - 4th floor, New York 10013  
Tel: +1 917 573 7922, E-Mail: dschalit@gmail.com

**Walter, John**

Research Fishery Biologist, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149  
Tel: +305 365 4114; +1 804 815 0881, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: john.f.walter@noaa.gov

**Weiner, Chris**

33 Park Street, #4, Portland, Maine 04101  
Tel: +1 978 886 0204, E-Mail: chrisweiner14@gmail.com

**Weiner, Stephen**

PO Box 465, Maine Ogunquit 03907  
Tel: +1 978 764 3637, E-Mail: weinersb@gmail.com

***OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS***

**PEW CHARITABLE TRUSTS - PEW**

**Galland, Grantly**

Officer, Pew Charitable Trusts, 901 E Street, NW, Washington, DC 20004, United States  
Tel: +1 202 540 6953; +1 202 494 7741, Fax: +1 202 552 2299, E-Mail: ggalland@pewtrusts.org

**THE OCEAN FOUNDATION**

**Miller, Shana**

The Ocean Foundation, 1320 19th St., NW, 5th Floor, Washington, DC 20036, United States  
Tel: +1 631 671 1530, E-Mail: smiller@oceanfdn.org

**SCRS CHAIRMAN**

**Melvin, Gary**

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

**SCRS VICE-CHAIRMAN**

**Coelho, Rui**

Researcher, SCRS Vice-Chairman, Portuguese Institute for the Ocean and Atmosphere, I.P. (IPMA), Avenida 5 de Outubro, s/n, 8700-305 Olhão, Portugal  
Tel: +351 289 700 504, E-Mail: rpcoelho@ipma.pt

**INVITED EXPERT**

**Maunder, Mark**

Inter-American Tropical Tuna Commission - IATTC, 8901, La Jolla 92037-1509, United States  
Tel: +1 858 546 7100, E-Mail: mmaunder@iattc.org

\*\*\*\*\*

**ICCAT Secretariat**

C/ Corazón de María 8 – 6th floor, 28002 Madrid – Spain  
Tel: +34 91 416 56 00; Fax: +34 91 415 26 12; E-mail: info@iccat.int

**Manel**, Camille Jean Pierre  
**Neves dos Santos**, Miguel  
**Ortiz**, Mauricio  
**Taylor**, Nathan  
**Kimoto**, Ai



## List of Papers and Presentations

Number	Title	Authors
SCRS/2021/139	West Atlantic bluefin tuna Virtual Population Analysis	Lauretta M., Kimoto A., Rouyer T., Ortiz M., and Walter J.
SCRS/2021/140	Western Atlantic bluefin tuna stock assessment 1950-2020 using Stock Synthesis: part I. model specification and input data	Tsukahara Y., Walter J., Fukuda H., Kimoto A., and Ortiz M.
SCRS/2021/141	Western Atlantic bluefin tuna stock assessment 1950-2020 using Stock Synthesis: part II. model diagnostics, results and projection	Tsukahara Y., Walter J., Fukuda H., Kimoto A., and Ortiz M.
SCRS/2021/143	Short-term constant catch projections for the Atlantic bluefin stocks based on the reconditioned MSE Operating Models	Butterworth D.S., and Rademeyer R.A.

**SCRS Document and Presentations Abstracts as provided by the authors**

*SCRS/2021/139* This report documents the 2021 assessment of the West Atlantic bluefin tuna using virtual population analysis. The SCRS Bluefin Tuna Species Group reviewed the assessment data inputs and work plan via webinar during April 5-13, 2021. We present the base model diagnostics and results, including time series estimates of spawning stock biomass (both young and older spawning scenarios) for the period 1974 to 2020, and recruitment for the period 1974 to 2017. Model diagnostics indicate some problems with the updated model including a severe trend in the residuals for some indices and a strong retrospective bias.

*SCRS/2021/140* This document describes a stock assessment model using Stock Synthesis (version 3.30) for the Western Atlantic population of Bluefin tuna. The model runs from 1950 to 2020 and was fit to length composition data, conditional length at age (otolith age-length pairs input as an age-length key), 12 indices and 13 fishing fleets. Growth was internally estimated in the model and natural mortality was scaled with a Lorenzen function. These input and model settings were slightly changed from those used in 2020 except relative abundance indices in accordance with the request from ICCAT Commission. Two models (early and late maturity) were used for advice in 2017 and the same are retained here. The shapes of most selectivity were changed from asymptotic to dome shape to improve the convergence of the models and to reduce the conflict among the data sources, which was mainly due to the conflict among the indices. The trend of spawning stock biomass and recruitment are similar to previous one, while the biomass level was obviously different. These results will combine with those came from VPA analysis for the management recommendation in this year.

*SCRS/2021/141* This document describes a stock assessment model using Stock Synthesis (version 3.30.14) for the Western Atlantic population of Bluefin tuna. This document describes model diagnostics and initial results derived from proposed settings for 2021 assessment. The diagnostics result showed relatively better performance with some negative signs that those in 2020 assessment, while some problems remained as it was in the last assessment. The two model runs showed very similar behavior with the stock decreasing during the 1970s, remaining relatively low during the 1980-2000 period and showing a pattern of steady population growth since 2000. This document also describes projection settings and stock status based on F based reference point,  $F_{0.1}$ , which is estimated from the YPR curve in assessment result. Current F during 2018-2020 was below the  $F_{0.1}$ , hence the stock was not subject to be overfishing. It is also showed that the probability which is that  $F < F_{0.1}$  under several constant catch scenarios for management advice.

*SCRS/2021/143* The reconditioned MSE Operating Models (OMs) for the Atlantic bluefin stocks are used to provide estimates of the trend in spawning biomasses of the two stocks of origin under a continuation of the current west area TAC of 2350 t for 2022 (and also for the next three years under this and two lower TAC levels). The purpose is to complement results under preparation from refined and updated conventional assessment methods. The result is a median (across the OMs) increase in the spawning biomass of the western stock of 6% from 2022 to 2023, with a 21% probability of a decrease. The median for the eastern stock also increases, and results are similar for the next few years. The advantages and disadvantages of this approach compared to the conventional area-based assessment methods are discussed briefly.