

REPORT OF THE 2010 ICCAT BIGEYE TUNA STOCK ASSESSMENT SESSION

(Pasaia, Gipuzkoa, Spain - July 5 to 9, 2010)

SUMMARY

The Meeting was held in Pasaia, Spain from July 5 to 9, 2010. The objective of the meeting was to assess the stock of Atlantic bigeye.

RESUME

La réunion a eu lieu à Pasaia (Espagne) du 5 au 9 juillet 2010. L'objectif de la réunion visait à évaluer le stock de thon obèse de l'Atlantique.

RESUMEN

La reunión se celebró en Pasaia, España, del 5 al 9 de julio de 2010. El objetivo de la reunión era evaluar el stock de patudo del Atlántico.

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements

The Meeting was held at the AZTI-Tecnalia center in Pasaia from July 5 to 9, 2010. Dr. Josu Santiago, opened the meeting and welcomed participants ("the Working Group").

Dr. David Die (USA), meeting Chairperson, welcomed meeting participants and thanked AZTI for hosting the meeting and providing all the logistical arrangements. Dr. Die proceeded to review the Agenda which was adopted with 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 following participants served as rapporteurs:

Items 1, 7 and 8	P. Pallarés
Item 2.1	J. Pereira
Item 2.2	C. Palma
Item 2.3	A. Delgado de Molina, L. Kell and M. Ortiz
Item 2.4	D. Gaertner and N. Abid
Item 2.5	C. Brown, L. Kell and C. Palma
Items 3.1, 4.1 and 5.1	K. Satoh, H. Agnelli and E. Chassot
Items 3.2 and 4.2	P. de Bruyn
Item 3.3	S. Cass-Calay and C. Brown
Items 3.4 and 4.4	M. Schirripa
Item 4.3	S. Cass-Calay
Item 4.5	D. Die
Item 5	G. Scott and L. Kell
Item 6	P. Bannerman and M. Pons

2. Summary of available data for assessment

2.1 Biology

Document SCRS/2010/090 studied the possible relationship between the catch rate of juvenile bigeye tuna and the depth of the purse seine net in order to implement the most suitable management using the results obtained. Data were collected between June 2008 and April 2010 by 11 tuna purse seiners operating under Spanish flag in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. The main conclusions of the document are the following:

- The depth of the nets used ranged from 220 to 309 metres and the fishing depths varied between 65 and 226 metres. This means that the percentage of mean depth *vis-à-vis* net size was 56.73% (range between 20% and 83%).
- No differential bathymetric distribution was observed between the three species in any of the oceans.

A review of historical and new information on biology is available in the Report of the 2010 ICCAT Bigeye Tuna Data Preparatory Meeting (SCRS/2010/011).

2.2 Catch estimates

An update of the bigeye Task I nominal catch series for the period 1950 to 2009 was presented by the Secretariat. The changes made since the Bigeye Data Preparatory Meeting (new and/or revised figures reported by the CPCs after April 30, 2010) were presented and adopted by the Working Group for the purpose of obtaining the most complete 2009 yield. Inter-sessionally, only 2008 updates (Japan) and 2009 new catch figures (Japan, Philippines, USA, UK-St Helena, Vanuatu, Venezuela, EU-España LL) were added to the Task I catch series. During the meeting an estimation of the 2009 catches of Cape Verde and Guatemala were provided to the Working Group. The total catch obtained was of about 75500 t.

In spite of these updates to Task I 2009 catches, a relatively large number of CPCs have not reported their respective 2009 figures. Consequently, the Working Group decided to estimate the missing data by looking at the 2008-2009 relative increase of the various fisheries (mainly LL, BB and PS). For the BB and PS major fisheries, 2009 catches were obtained from an average of the last three years (2006-2008) after confirmation that there were no changes in the fishing behavior (BB: Namibia and South Africa; PS: EU-Mixed(FR+ES) relative to “faux poisons”). For the major LL fisheries three approaches were adopted: (a) 2009 catch figures were obtained from the 2008-2009 relative increase in weight of the Japanese and Chinese Taipei catches (125%)- applied to China PR and Korea Rep; (b) the average of the last three years (2006-2008) - Morocco, Namibia, South Africa and St. Vincent and the Grenadines; (c) Carry over from 2008 - Trinidad and Tobago. These provisional estimates increased the 2009 Task I catches to about 87900 t, which gives a 2008-2009 increase of about 27% in the total yield. These estimates are provisional and will change as CPCs report their official Task I catches for 2009.

The Working Group decided to use the same catch of 2009 as the preliminary estimate of catch during 2010, as no current information suggests any changes in the 2010 fisheries operation when compared to 2009.

Document SCRS/2010/093 presented new information about the landings of “faux poisson” (separated by species) in Dakar by the tuna fleets, including annual estimates (2005-2009) of the landings of “faux poisson” by the Senegalese baitboats.

The Task I estimates (both reported and estimated by the Working Group) are presented in **Table 1**. **Figure 1** shows the cumulative Task I catch series (1950 to 2009). The spatial distribution of the catches (CATDIS) are shown in **Figure 2** (by gear, all years combined), **3** (1991-08, by PS operation mode) and **Figure 4** (by gear and decade).

2.3 Relative abundance estimates

Relative abundance indices for several fleets were presented at the Bigeye Tuna Data Preparatory Meeting held in Madrid in April 2010 (SCRS/2010/011).

Multifan-CL indices

Some of these indices corresponded to the fleets defined for the Multifan-CL model of the bigeye tuna stocks but a few fleets had no associated index presented at the data meeting. During the inter-sessional period, the ICCAT Secretariat calculated relative abundance indices for fleets 3, 4, 5, 6 and 8 (**Table 2**).

For fishery 3 there is no standardised CPUE series and for fishery 4 the standardised CPUE series has not been updated since 2007. Therefore, catch and effort data from the ICCAT database were used to generate a standardised CPUE series.

Analyses were performed using the GLM package in R. A first step when fitting GLMs is to choose an appropriate error distribution and alternative error distributions were examined for each series, i.e., log normal (plus a value of 1 to avoid 0 values), poisson, log-gamma and negative binomial. In addition, Delta models combining binomial and log normal, binomial and poisson and binomial and gamma were evaluated. Model selection was based upon systematic inspection of diagnostics based on model checking and fit diagnostics (McCullagh and Nelder, 1989) which allowed the selection of the most appropriate error distribution (Ortiz and Arocha 2004). This entails plotting: (a) standardised deviance residuals against the fitted values to check for systematic departures from the assumptions underlying the error distribution; (b) the absolute values of the residuals against the fitted values as a check of the assumed variance function; and (c) the dependent variable against the linear predictor function as a check of the assumed link function for the first four error models. Plots (b) and (c) are uninformative for a binomial distribution (McCullagh and Nelder, 1989) and so only plot (a) was examined for these distributions. The evaluation of goodness of fit was performed on a model that included all the main factors (i.e. the most complex model since if the most complex model is a reasonable fit, then any simpler models that are selected will fit adequately because if they didn't they wouldn't be selected).

Based on the diagnostic plots (**Appendix 4**), a delta-lognormal error model was chosen for both fisheries. The significant factors are summarised in the analysis of variance tables (**Table 3**) for both the binomial (analysis of the probability of a catch being made) and lognormal (analysis of positive catches) error models.

Following this analysis, the marginal means were calculated by quarter and year for each fishery (**Appendix 4 Figures 3a and b**). The standardised CPUE are also summarised in **Table 4**.

For the fleets 5, 6 and 8 the standardization procedure was estimated for each year, as quarterly information was scarce or unavailable. The standardization model included the year and fleet factor, obtaining the least square means (LSMeans) for the year factor as the relative index of abundance in biomass index. The annual index was converted to a year-quarterly index by multiplying the annual value by the proportion of catch by quarter. In order to avoid extremely low values for some year-quarters, the following conditions were applied: (a) if the catch in a given quarter was less than 20% of the annual catch, no index was assigned for such year-quarter strata; (b) if the catch in a given quarter was above 75% of the annual catch, then the index was applied for only this year-quarter strata; (c) If the catch in a given quarter was >20% and < 75% of the annual catch, then it the number of quarters that complied with this condition in a given year was counted, and a ratio corrected annual index was applied. Ratio is = $((1/Nqtrs) * \%catch-qtr) * Annual\ index$. **Table 5** shows standardized indices for fisheries 5, 6, 8, 12, 13, 14 and 15. **Figure 5** shows the standard index for the fisheries fleet 5, 6 and 8. Diagnostic plots for the standardization procedure are presented in **Appendix 4 Figures 4a, 4b and 4c**.

Standardized indices were also estimated for the fisheries 12, 13, 14 and 15. For these fisheries for which standard indices were submitted by scientists of the CPs, the Working Group agreed to generate combined indices for each fishery-fleet definition using a GLM model (see above). The GLM models used year, quarter and index fleet as factors; a combined standardized relative index was estimated as the LSMeans of the year factor (**Table 6** and **Figure 6**)

Combined biomass indices

The Working Group recommended generating a combined biomass index for use as relative index of abundance for production models to be considered. The series input included the following fleet indices as recommended by Working Group during the data preparatory meeting:

<i>Fleet index</i>	<i>Year series</i>
US LL	1982-2008
JPN LL	1971-2008
URU LL Early + Late	1981-1991 & 1992-2008
BRZ LL	1980-2008
CTAI LL Early + Late	1968-1989 & 1990-2008
MOR LL	2005-2008
EU-POR AZO BB	1970-2008

Figure 7 shows the relative indices. The combined index was estimated using a GLM model with the year and fleet index as factors, using different weighting factors as suggested by the Working Group. The index

corresponds to the LSMeans of the year factor in each case. The Working Group expressed concerns regarding the strong contrast among different index signals, in particular for the early years (1968-1970) when two longline fleets indicated different trends of biomass (**Appendix 4** presents diagnostics results of the GLM fit weighted by the catch of each fishery). It was pointed out that it is common to observe rapid declines in catch rates at the beginning of longline fisheries. Such rapid changes were also observed in other fleets in later years. Given these uncertainties and their potential impact on the combined index estimation, the Working Group recommended alternative scenarios for estimating the biomass index by using different weighting factors and or restricting to some time periods defined by the Working Group.

The following were the recommended scenarios:

Description of scenario inputs needs to be consistent with ASPIC and Bayesian Prod Mod sections

<i>Scenario</i>	<i>Index inputs</i>	<i>Weighting factor GLM model</i>
1	All	None
2	All	Total catch by year/fleet
3	All	Area (N of 5x5° cover by fleet in year-qtr)
4	Only 1971 forward yrs	Total catch by year/fleet
5	Exclude 1970 back JPN LL	Total catch by year/fleet
6	Exclude 1970 back C_TAIP LL	Total catch by year/fleet

The estimated indices are shown in **Table 5** and **Figure 8**.

2.4 Fishery indicators

In addition to stock assessment, various fishery indicators may provide insight to current stock status, condition of the fishery, and potential ecological impacts. Expressed in terms of processes within the conventional PSR approach, fishery indicators should reflect the state of the system (i.e. the resource) in relation to the driving forces (i.e. pressures) and management objectives (i.e. responses). The Group discussed the potential utility of various such indicators and conducted specific analyses on fishery indicators relevant to fishing pressure and state of the bigeye resource.

2.4.1 Fishery indicators relevant to fishing pressure

– Longline fisheries

The stock of bigeye has been exploited by three major gears (longline, baitboat and purse seine fisheries) but longline catches are predominant in terms of weight. By definition, there is no direct information on fishing effort of illegal, unreported and unregulated (IUU) longliners that fly flags of convenience and that became significant since the early 1980s. Previously, market data were used to identify potential IUU catch, but market data no longer indicate the potential of large unreported catches. With respect to the longline CPCs, there are two major longline fisheries, operated by Japan and Chinese Taipei, whose combined catch accounted for 46% of the total catch in weight in 2009. The nominal fishing effort, expressed in number of hooks, depicts different trends (**Figure 9**). While Chinese Taipei's effort increased regularly to peak at 2001 then declined by 64% in 2005 and stabilized thereafter, Japan's effort in the tropical area doubled from 2002 to 2009, now reaching the level of effort observed in the mid-1990s.

Not accounting for changes in targeting strategies (i.e., when fishing effort is redirected towards another species) may introduce bias into the use of CPUE time series as a proxy of apparent abundance. In the case of longline fisheries, owing to the development of the high value sashimi market in Japan and the progress made in terms of freezing onboard industrial longliners (-50°C in the early 1970s), frozen bigeye from distant-water fisheries appeared as a complement to bluefin in the sashimi market as early as 1975 and that it became the main component since 1985. As a consequence, new fishing strategies were adopted by the main longliners fleets, first targeting yellowfin tuna and albacore for canning, then shifting to high-priced species such as bluefin tuna, southern bluefin tuna and bigeye tuna for the sashimi market. Changes in the fishing grounds, as well as modifications in the fishing gear (from regular to deep longline) were made approximately in 1976-1977 for the Japanese fleet, after 1980 for Korea and in the early-1990s for Chinese Taipei.

In such a context, the proportion of deep longline (in terms of hook-per-basket) can be used as a proxy of the fishing strategy consisting in targeting large bigeye in deep sea waters. Such continue changes can be observed

in the Japanese longline fishery over the period 1975-1995 (**Figure 10**); e.g., 4-7 hooks per basket configuration was progressively abandoned since the early 1980s and 15+ hooks per basket became predominant since 1990. It should be kept in mind, however, that targeting is also a function of area, type of material used (monofilament nylon vs. multifilament traditional longline), gear deployment strategy, oceanographic currents, etc.

Another simple indicator depicting such changes in targeting is the proportion of bigeye catch in the total longline catch (considering only yellowfin, albacore and bigeye). From **Figure 11** it can be seen that the dates at which sudden changes in bigeye proportion were observed are in agreement with the changes previously mentioned.

– Surface fisheries

While bigeye tuna is now a primary target species for most of the longline and some baitboat fisheries, this species has always been of secondary importance for the other surface fisheries. Juveniles of bigeye tuna are mostly caught associated with skipjack and juveniles of yellowfin while fishing on natural or artificial floating objects such as fish aggregating devices (FADs).

The nominal effort in terms of carrying capacity in the total purse seine fishery had been declining through 2006, then due to the piracy situation in the Somalia area in the Indian Ocean, several European large purse seiners operating in this ocean have reallocated their effort in the eastern Atlantic. This new situation, in addition to the presence of three new purse seiners operating from Tema (Ghana) increases the carrying capacity by 81% from 2006 to 2009 (**Figure 12**). The number of EU purse seiners operating in the Atlantic depicts the same trend with a possible stabilization in 2010, as preliminary data should suggest. In contrasts, the fishing pressure exerted by the baitboat fleets appears stable over the last 20 years.

The proportion of bigeye tuna with respect to the other tropical tuna species showed different patterns according to the fisheries. In the case of Canary Islands baitboats the proportion of bigeye in the tuna catch showed a significant inter-annual variability likely due to year-to-year environmental conditions (**Figure 13**). The situation was different for the baitboats operating from Dakar (Senegal) since the proportion of bigeye increased at the end of the 1970 and then decreased since the late 1990s. Although the baitboat fleets in Dakar and the Canary Islands have operated using a different fishing tactic (i.e., using the boat itself as a FAD), since the mid-1980s and the early 1990s, respectively, it was not evidenced that the resulting increase in catchability modified the species composition of the catch. The proportion of bigeye in the EU purse seine catch increased by a factor of 2 since the beginning of the 1990s, likely due to the development of the FADs fishing operations but remains low, at about 10%. The same effect is more pronounced in the case of Ghanaian purse seiners since over 70-80% of these catches are off FADs or in association with baitboats (bigeye represents here 20% of the tuna catch).

2.4.2 Fishery indicators relevant to state of the resource

– Catch-per-set

Even if bigeye tuna are not targeted by purse seiners, any change in the catch-per-successful-set for FAD fishing operation can give insight about the impact of the fishing effort on juveniles (**Figure 14**). This school size indicator shows a slow but regular decrease since the early 1990s which is in agreement with the same pattern observed for the proportion of bigeye caught under floating objects at the same time.

– Mean weight

The catch at size in number and corresponding weight (using length-weight relationship) for the period 1975-2009 was used to estimate the mean weight for bigeye tuna. The analysis was conducted by gear for the main fleets fishing in the Atlantic. The trend in the mean weight during that period showed some inconsistency for some fleets (high or constant values over the time); consequently the following data were eliminated:

- catch at size for Spanish purse seiners for the period 1975-1979,
- 2006 catch at size for French purse seiners and,
- Ghanaian catch at size for the period 1980 to 1987.

In general, the mean weight showed a decreasing trend over the whole time series, with a relative stable trend (around 10 kg) during the last decade (**Figure 15**). The mean weight of fish is quite different according to the fishing gear. It is, on average, around 52 kg for longliners, 7 kg for baitboats, and 4 kg for purse seiners combined (3.6 kg for FADs and 9.8 kg for free schools, respectively).

Analysis by gear shows that there is recently an upward trend of the mean weight for the longliners (56 to 76 kg), due mainly to the increase of the average weight in the Japanese, Chinese Taipei, and Korean catches (**Figure 16**).

Regarding the purse seiners, the mean weight of bigeye tuna declined steadily up to 1997, and ranged between 3 and 4.5 kg thereafter (**Figure 17**).

Concerning the baitboats, the average weight of bigeye tuna generally decreased over the time, with a slight increase during the last four years. Considerable differences can also be noted among the different fleets (**Figure 18**).

A comparison between the trends in the mean weight of bigeye tuna caught with FADs and in free school was also made (**Figure 19**). Mean weight in the free school (12 kg) is much larger than that recorded in the FAD school (3.5 kg). Considering the whole time series, the mean weight of bigeye in the free school showed much higher variability than that observed in the FADs, with an upward trend during the last four years (17-25 kg).

2.5 Conversion of catch-at-size to catch-at-age

2.5.1 Catch at size estimation of bigeye tuna 2010

The size frequency samples and catch-at-size (CAS) submitted by the CPCs was used to estimate the overall catch-at-size for landings of bigeye tuna in order to generate catch at age (CAA). **Appendix 5** provides a summary of the year-fleet strata that lack size frequency/CAS information and the corresponding substitutions used to create the overall CAS. In general, substitutions were chosen from similar fleet-gear characteristics and area of operation, during a given year. Since the last assessment in 2007 (Anon. 2008), there have been important additions and modifications to the size-frequency and CAS data submitted to the Secretariat. Briefly, the most relevant revisions/additions included:

- Historical revisions of size frequency data and CAS information from the main longline fisheries: Japan (2002-2005); Chinese Taipei (2004-2005); U.S. commercial fisheries (2005).
- Addition of historical size frequency data from the EU.PRT-Azores fleet (SCRS/2009/190) that include samples from 1975 through 1980 (although the series recovered was from 1965 to 1985).
- Additions of size frequencies of EU.España (Cantabric BB) from 2002 to 2005
- Additions of Maroc LL size frequencies (2003-2005) and of Mexico LL (2004)
- Redistribution of the NEI-ETRO fisheries category into the corresponding flag-fleet fisheries (BB and PS)
- Inclusion of the Task I bigeye catch series (EU.FR+ES flag) related to the so-called "faux-poissons" into the catch-at-size global estimates.
- The CAS was enlarged with the inclusion years 2006, 2007, 2008 and 2009 (preliminary estimates) and the use of the corresponding size frequencies/CAS available in the ICCAT database. The comparison between Task I and the corresponding weight of the CAS matrix shows less than 1% difference within each year.

The overall catch-at-size matrix is shown in **Appendix 5**. The 2009 estimations are partial and preliminary, since the size-frequency/CAS data of some of the major CPCs were not available (2008 size frequencies used instead).

2.5.2 Age slicing

Catch-at-size was converted to catch-at-age using age slicing. Fish were assigned to age classes according to the methodology used for the 2007 ICCAT SCRS bigeye tuna stock assessment (Anon. 2008), which assumes that growth follows the Hallier *et al.* 2005 growth equation ($L_t = 217.28(1-\exp(-0.18(t+0.709)))$). Age class in this case implies the cohort in a calendar year, assuming that birth (or the equivalent point extrapolated backward along the growth curve) occurs on January 1. Cut-off points (upper limit of each age class by quarter-of-the-year) were calculated by adding half a year to each quarterly age ("true" age from January 1, defined at the middle of each quarter) and using the predicted length at that age, under the assumption that growth does not vary seasonally (**Table 7**). In this fashion, a moving "window" brackets each quarterly age, with the lower limit of this window defined as the predicted length of a fish six months younger (which also corresponds to the upper limit of the next younger age class for that quarter), and the upper limit (cut-off point) defined as the predicted

length of a fish six months older (**Figure 20**). Fish with lengths enclosed in this window (i.e. greater than the lower limit and less than or equal to the upper limit) were assigned to the same age class.

For example, the upper limit for age 0, first quarter fish was predicted from the age 6 months greater than the age 0 fish at the middle of the first quarter (defined to be 0.125 years). In other words, the upper limit (46 cm) was predicted from an age of 0.625 years (**Figure 20**).

The age slicing routine was coded in Fortran during prior stock assessments. For increased flexibility, the routine was coded using SAS®. After confirmation that the overall catch-at-age matrices matched using both approaches, the SAS® coded routine was used to produce the various catch-at-age matrices required as VPA inputs (**Table 8**, **Figure 21**).

Comparisons were made between the new catch-at-age matrices and those produced for the 2007 assessment. Although some substantial changes were noted between certain matrices, known changes to the catch-at-size database (through new reports, revisions, corrections, addition of *faux poisson*, changes in definition of fisheries corresponding to CPUE indices, etc.) appear to explain these differences.

2.5.3 Stochastic generation of catch-at-age

Generation of catch-at-age for use in VPA are traditionally performed using age slicing where age is predicted from length using the inverse of the von Bertalanffy growth curve i.e.

$$a = t_0 - \log(1-l)/K$$

An alternative is to statistical fit length-at-age by assuming that the length-frequency distribution is a weighted sum of k component densities i.e.

$$g(x|\mu, \sigma) = \pi_1 f(x|\mu_1, \sigma_1) + \dots + \pi_k f(x|\mu_k, \sigma_k)$$

where the parameters are the mixing proportions and the means and standard deviations of the component distributions.

Statistical fitting of length-at-age can be performed in R using the mixdist package (<http://www.math.mcmaster.ca/peter/mix/mixdist.pdf>). Fuller comparison of statistical catch-at-age and age slicing is given in SCRS/2010/088.

Figure 22 shows the observed length frequencies (blue), fitted length frequency modes (red), green solid line the fitted size distribution and green vertical lines length at age. In age slicing the area between the vertical lines gives the numbers-at-age, while in the statistical alternative numbers-at-age are given by the area under the corresponding component distribution.

Once the distribution has been chosen, three parameters can be estimated i.e. proportion, mean size and dispersion. While there is sufficient information in the data to estimate the first few modes there is little information to estimate all parameters for the older ages where there is considerable overlap between lengths of the different ages. Also, observed size frequencies are not just a function of growth but also the selectivity of the fisheries, therefore the mean size of the first two ages was estimated and the CV was constrained to be the same at all ages. This meant that to estimate 8 ages, 11 parameters were estimated (8 proportions-at-age, mean lengths of ages 0 and 1 and CV of the modes). Prior knowledge in the form of growth curves, variability in growth and selectivity at length will all help in improving fitting.

Table 9 compares the estimated proportion at age from length slicing and statistical catch-at-age estimation, in general more fish are found at age 0 and less at age 1 using the statistical method. **Table 10** compares the growth from the assumed von Bertalanffy growth curve and the estimated values (only ages 0 and 1 are estimated), length at age 1 is greater than that predicted from the growth curve presumably since fish at age 0 are not fully selected by the fishery.

3. Methods and other data relevant to the assessment

3.1 Production models

Different surplus production models (SPMs) were applied to the Atlantic Ocean bigeye tuna (*Thunnus obesus*) fishery during the Working Group to assess the current status of the stock and provide reference points to fishery managers. Although biomass models lack some realism as they are not able to account for changes in fishing pattern and do not explicitly represent the age-structured complexity of fish stocks (e.g. variations in natural mortality with age) and reproduction process, they are considered as robust tools to assess the dynamic response of fish populations to exploitation and eventually provide a scientific advice on the state of the stocks (Ludwig & Walters 1985, Hilborn and Walters 1992, Laloë 1995, Prager 2000). SPMs included both logistic and generalized functional forms and were fitted according to different methods, depending on the softwares of interest. Considering different types of SPMs based on different estimation methods might eventually help to account for model uncertainty.

3.1.1 Data inputs for surplus production models

Total catch for the period 1950-2009 was estimated during the data preparatory meeting in April 2010 (SCRS/2010/011) and updated during the Working Group from the ICCAT Task I data. Combined abundance indices were derived from the 9 time series of standardised catch rates available for the fishery (see Section 2 and **Appendix 7**). Six new combined indices were computed during the Working Group according to different methods of weighting and data selection (**Table 11**).

3.1.2 ASPIC

ASPIC software ver. 5.34.8 was used to fit generalized (Pella-Tomlinson) and logistic (Schaefer) production models. In the ASPIC run, a total of twelve fundamental cases (Run 1 to Run12) were considered which are summarized in **Table 12**. ASPIC results can be sensitive to the initial values of parameters used, the form of the production function (logistic or generalized) and on whether all parameters are estimated or some are fixed. In order to explore this sensitivity, for each case eight sensitivity runs were conducted by considering four combinations of initial parameters specifically catchability q (2.0000E-06 or 2.0000E-04), and the upper bound of K (2.0000E+06 or 4.0000E+07) and by selecting the option of either estimating B_1/K or fixing it. Therefore a total of 96 runs were produced with the intention of selecting the most appropriate initial values, production function and fitting strategy to be used for each case. Not all of these runs successfully converged; among those that did converge, further selection was conducted to determine the run most appropriate for each case. First the generalized or logistic form of the production model was chosen for a given case by conducting an F-test. Second, runs that provided parameter results deemed to not be plausible (high $F/F_{MSY} (> 3)$ in recent years, high $B/B_{MSY} (> 10)$ and small B/B_{MSY} (near zero) in beginning of time series) were rejected and not retained for further analysis.

Bootstrapping examination (1,000 times) and projections were performed for all remaining cases. Finally, bootstrap results for all remaining cases were combined into a single matrix to help characterize uncertainty.

3.1.3 PROCEAN model

The PROCEAN (PRoduction CAtch-Effort ANalysis) is a biomass dynamics model based on the generalized surplus production model of Pella and Tomlinson (1969) that allows for separating the different fishing fleets targeting the stock (Maury 2001, 2002). In PROCEAN, a semi-implicit numerical scheme is used to integrate the ordinary differential equation of Pella and Tomlinson (1969) and the catches are predicted (Fournier 1996). In the present analysis, no lognormal random walk process was considered to model the variability in stock carrying capacity or/and in the catchability of individual fleets. Computations were performed using AD Model Builder (Fournier 1996), a flexible, stable and efficient tool adapted for estimating non-linear model parameters (Maunder 2000, 2004), based on automatic differentiation (Griewank and Corliss 1991). Parameters were estimated based on the method of the maximum of posterior distribution (Bard 1974) by minimizing the total objective function, which includes the negative log-likelihood components and the prior probability contributions. Posterior distributions of the model parameters can also be estimated using a Markov Chain Monte Carlo (MCMC) simulation approach starting from the parameters at the mode of the posterior distribution. In this case, the Hastings-Metropolis algorithm implemented in AD Model Builder is used. Confidence statements about parameters were here inferred from the estimates of the Hessian matrix at the mode

of the posterior distribution (Fournier 1996).

– Model runs

First, some initial fitting attempts of PROCEAN were made based on the time series of abundance indices available for the different fishing fleets harvesting bigeye, i.e., U.S. longliners, Japanese longliners, Uruguayan longliners, Brazilian longliners, Chinese Taipei longliners, Moroccan longliners, and Azorean baitboats (see Section 2). A reduction in the number of time series was then conducted by progressively excluding the Moroccan, Brazilian, and Uruguayan CPUE time series that were considered either too short, noisy, or not representative of the fishery. In all cases, no statistical fit conducting to biologically consistent results was obtained mainly due to contradictory information in the standardized CPUE data. This conclusion is consistent with attempts made in past working groups to fit multiple CPUE series to ASPIC (Anon. 2005).

In a second step, PROCEAN was fitted to the time series 1, 2, 4, and 6 of combined abundance indices (**Table 13**). Parameter bounds and penalties in the form of prior distributions were used to reduce the parameter space to explore through the estimation process (**Table 13**). Parameter bounds were defined according to biological information and expert knowledge. Information was provided to the model by either fixing the value of the biomass in the initial year (runs 1 and 4) or through an informative prior distribution (Series 2 and 3). Mean values of 0.8 and 0.85 were considered for the prior distributions of B0/K for the abundance index time series starting in 1971 and 1968, respectively. These values were chosen accordingly with the start of the bigeye fishery in the early 1950s. Informative prior distributions were also used for the growth rate parameter r in the case of runs 2 and 3, based on the information available in the report of the 2007 assessment meeting (Anon. 2008).

3.1.4 Bayesian production model

A logistic Bayesian surplus production model, as used in the sailfish assessment in 2009 (Anon. 2010), was fitted to the CPUE time series. Posterior distributions were computed based on an Adaptive Importance Sampling (AIS) - Sampling Importance Resampling (SIR) algorithm (Andrade and Kinas 2007). The model was applied to all time series of combined abundance indices described in **Table 11** except the unweighted time series (Series 5).

– Prior distributions

After some discussion during the Working Group, two sets of informative and non-informative prior distributions were used based on multivariate student distributions. The informative priors were based on information available in the report of the 2007 assessment meeting, while the non-informative priors were “flat”. Marginal densities of the priors used in the models are shown in **Figure 23**.

– Model runs

Ten runs were carried out according to combination of priors and datasets as shown in **Table 14**. When using the AIS/SIR algorithm one can use some criteria to check if the importance function is close to the true posterior function before taking a final sample using SIR. The "Entropy" criterion was used and results are given in **Table 14**. Entropy values close to 1 show that the importance function is similar to posterior distribution, hence only the runs in which entropy was larger than 0.9 were considered. Accordingly, results from analyses of four runs were discarded. Only results for the other runs are presented hereafter. These runs are: (i) data weighted by area - informative prior, (ii) data weighted by area - non-informative prior, (iii) data weighted by catch - informative prior, (iv) data weighted by catch - non-informative prior, (v) data weighted by catch but discarding data of Japan prior to 1970 - informative prior, and (vi) data weighted by catch but discarding information of China Taipei prior to 1970 - informative prior.

3.2 Multifan-CL

The Report of the 2010 Bigeye Data Preparatory Meeting (SCRS/2010/011) provides a detailed explanation of the data included in the 2010 MFCL assessment. All data included in the model were prepared during that meeting, except for the updated CPUE series for the fleets which are still operating (4-6 and 8-15). These indices were prepared inter-sessionally using methods agreed to and described in the Report of the 2010 Bigeye Data Preparatory Meeting. Document SCRS/2010/091 described the initial model specifications assumed for a “continuity” run based on the model specifications used in the 2007 assessment, but using data up to 2008. The

model also included historic data from 1950 for certain fisheries, extending the start of the model back from 1961 (as was assumed in 2007).

The only major assumption change between 2007 and 2010 was regarding natural mortality. In 2007, natural mortality was estimated within the model whereas the model described in document SCRS/2010/091 fixed the M-at-age vector to that calculated in 2007 (**Figure 24**). Due to the group identifying several issues of concern with the updated model, the group investigated several alternative runs to address these concerns. These alternate runs are listed in **Table 15**.

3.3 VPA

3.3.1 VPA-2BOX

Three preferred VPA model formulations were examined by the Working Group. All were run using VPA-2BOX software (Version 3.01¹), and used the catch-at-age data specified in **Table 16**. The biological assumptions used for the runs were as follows:

$$\text{Natural mortality (M)} = \text{Ages 0-1} = 0.8, \text{Ages 2-7+} = 0.4$$

The biological parameters used for the VPA are the same as those used during the 2007 bigeye tuna assessment. The von Bertalanffy growth parameters of Hallier *et al.* (2005): $k=0.180 \text{ yr}^{-1}$, $L_\infty = 217.3 \text{ cm}$ and $t_0 = -0.709 \text{ year}$, and the weight-length equation of Parks *et al.* (1982): Weight (kg) = $2.396 \text{ E}^{-5} * \text{FL(cm)}^{2.9774}$ were used to estimate the age of the plus-group.

Fecundity was estimated using a proxy, %Maturity * Weight-at-Age of the stock (calculated from the growth curve on January 1). For the fecundity of the plus group, the population was assumed to be composed of 50% Age-7 and 50% Age-8 individuals.

	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7+
% mature	0	0	0	0.5	1	1	1	1
Weight (kg)	0.393	4.16	12.78	25.56	41.15	58.21	75.60	100.50

The VPA used all of the available indices of abundance (**Table 17**). The indices were equally weighted, and every annual abundance estimate was assigned a CV = 0.2. Vulnerability was estimated using the fleet-specific partial catches. These are summarized in **Table 18**. Four indices were specified in biomass (Uruguay LL Early, Uruguay LL Late, Azores BB and EU PS FAD). For these, VPA-2BOX requires fleet-specific weight-at-age matrices. These were constructed from the Task II catch-at-size information (**Table 19**).

VPA-2BOX parameter estimation settings are summarized in **Table 20**. A penalty (Std Dev = 0.4) was applied to deviations in vulnerability at ages 0-7 during 2006-2008 to prevent large fluctuations in these estimates. Terminal-F parameters were estimated for ages 1, 4, 5 and 6. The age 0 terminal-F was fixed at 1.08 times the age 1 estimate. The age 2 and age 3 terminal-Fs were fixed at 0.57 and 0.73 times the age-4 estimate, respectively. These values were determined using the results of a separable VPA (See below).

The F-ratios (age7+ relative to age 6) were modeled by estimating the ratio in 1975, then allowing a random walk (SD = 0.2). This option allows some flexibility to the model to better fit the data but does not require the estimation of all F-ratios as independent values, which would likely result in over-parameterization.

3.3.2 Separable VPA

Figure 25 presents a catch curve analysis by decade of the catch-at-age data, while **Figure 26** presents a separable VPA of the same data. A difference between the two is that the catch curve analysis provides an estimate of Z while the separable analysis provides an estimate of F. Similar patterns are seen in the two figures, i.e. an increase in mortality on younger ages in the later decades. In the 1980s the catch curve analysis shows high Z in the younger ages, which may be due to a higher M at these ages as this is not seen in the separable VPA. All modeling was done in R using FLR.

3.4 Other methods

¹ Version 3.01, Porch, ICCAT software catalog.

3.4.1 Age-structured production models

A comparison between simple age-structured stock-production type models and more complex type fully integrated models was presented in document SCRS/2010/092. The main objective of this paper was to evaluate the outcomes of using simple stock production model configurations versus more complex, fully integrated model configurations when fit to both the 2007 and the most recent 2010 bigeye tuna data. The number of parameters estimated for each of the models ranged from 3 to 146. All model configurations were designed using either the ASPIC model or Stock Synthesis (SS). The SS framework was configured for both a simple stock production model as well as a more complex fully integrated model. All seven model configurations estimated somewhat similar results, but with some important differences. The stock production-type model configurations, both ASPIC and SS, tended to estimate recent stability in the B/B_{MSY} benchmark. The fully integrated configurations, on the other hand, estimated a more marked decline in the same benchmark for the same time period, although they did not necessarily agree on the absolute value of B/B_{MSY} for the terminal year. Part of the reason for these differences may be due to the fact that the fully integrated models do not assume all fish are equally and fully selected by each fishery. This could be especially important given that the mean size of bigeye tuna has been shown to be steadily decreasing. Given the high degree of variability in the selectivity of the fleets that exploit bigeye tuna, and the amount of data available to inform the assessment model, this paper concluded that evaluations made with assessment model of the fully integrated type may capture some important observations that might be missed with a stock-production-type model. Conclusions from this work included: (1) although the ASPIC_07 model arrived at a satisfactory fit, some parameters in the SS_ASPIIC_07 were bounded during estimation; (2) the recent “leveling off” of B/B_{MSY} estimated by the stock production models was not evident in the fully integrated models. This may be due to the assumption of full selectivity made by the stock production models. The consistent decrease in mean size observed in bigeye tuna may be the cause of this difference. This observation might be better capture with either a VPA or fully integrated modeling approach.

Further SS models configured as an age-structured production model were made during the meeting. Four configurations were considered, each using one of the four agreed upon combined indices (1. weighted by catch; 2. only 1971 forward; 3. exclude ChiTai prior to 1970; 4. exclude JPN prior to 1970). MCMC analysis was conducted on each of these models in order to produce probability distributions around the estimated parameters and resulting management benchmarks. The shape of distributions of the estimates of steepness (which is akin to r) were either frequently bound (**Figure 27**, dataset 1 and dataset 3), or quite large in standard deviation (dataset 2 and dataset 4). This suggests that there may not be a clear signal in the combined CPUE time series with regard to stock productivity. As a consequence, similar to what the ASPIC bootstrap runs revealed, estimates of current B/B_{MSY} and F/F_{MSY} should be viewed accordingly (**Figure 28**).

3.4.2 Fully integrated models

The configuration for the fully integrated SS model configuration is detailed in SCRS/2010/092. The run entitled SS_fix was considered the baseline model configuration. This model structure was kept similar to the previous MFCL 2007 model, with 8 annual age classes, three fishing regions, and four quarters of three months each. Recruitment was fixed to occur equally in each of the quarters (i.e. 25%), with 5% occurring in areas 1 and 3 and 90% occurring in area 2. Upon reaching age_1, fish were allowed to move between areas 1 and 2, and areas 2 and 3. The MFCL maturity-at-age schedule was used as it was in 2007. Biological values were fixed at identical values for natural mortality (0.8 for age 0 and 1, 0.4 all subsequent ages), von Bertalanffy growth parameters, and variation in length at age, length-weight relationship, maturity, and spawning contributions by age. Growth cohorts were not used; nor were time series changes in fishery selectivity or biological parameters. Estimated parameters included movement parameters, R_0 , steepness, annual recruitment deviations, initial fishing mortality, overall fleet catchabilities, and length-based selectivity parameters. A total of 120 parameters were estimated.

4. Stock status results

4.1 Production models

4.1.1 ASPIC

Input parameters for all the cases are shown in **Table 12** and combined CPUE indices and catch data used for analyses are shown in **Table 21**. The 39 non-bootstrapped sensitivity runs that converged (**Table 22**) and the percentage of successful sensitivity runs that converged for each of the twelve cases are summarized in **Table 23**. The time series of F/F_{MSY} and B/B_{MSY} of all converged runs are shown in **Figure 29**. A total of four cases

were then selected because they fulfilled the criteria of producing plausible results and were chosen for bootstrapping examination (**Figure 30**). Input parameters for the remaining four bootstrapping runs are shown in **Table 24**. Of these, three bootstrapping cases (Run03, Run05 and Run06) were completed, because bootstrapping was not successful for Run07.

The results based on the three cases suggest that the exploitation level in recent years varied between cases (B_{2009}/B_{MSY} ratio is from 0.716 to 1.379 and F_{2009}/F_{MSY} ratio is from 0.752 to 1.252, **Figures 31-33** and **Table 25**). The combined phase plots of three cases are shown in **Figure 34**. The medians of B_{2009}/B_{MSY} and F_{2009}/F_{MSY} from the 3000 bootstrapping results resulting from combining results from the three cases were 1.052 and 0.950, respectively, which is slightly upper the level that produces MSY. MSY is estimated to be from 84,220 t to 98,290 t (**Table 25**), which is close value of 2009 catch (87,926 t).

– Projections

Bootstrapped population projections were run using the ASPIC model (see Section 3.1) with the three cases (Run03, Run05 and Run06). The catch in 2010 was set as the reported catch in 2009 (87,926 t) and thereafter (2011-2020) constant harvest policies of catches of 50,000, 60,000, 70,000, 80,000, 90,000, 100,000, 110,000 and 120,000 t, and constant F scenarios (relative to recent F, 60%, 70%, 80%, 90% 100% and 110%) were carried out. Point estimates show that the stock should recover if future constant catch of each cases are less than 80,000 t, 70,000 t and 90,000 t, respectively (a similar or a lower than range of estimated MSY (84,220 t to 98,290 t) by ASPIC), and constant F (relative to recent F) of each cases are over than 90%, 90% and 100%, respectively (**Figures 35-37**). The median biomass trajectories as well as 80% confidence limits for each constant harvest policy were shown in **Figures 38-40**. **Figure 41** shows the probability that the fishing mortality F is below F_{MSY} and B is above B_{MSY} as calculated using projections of biomass for 2010 to 2030 and taking into account different constant catch values from 60,000 to 110,000 t.

4.1.2 PROCEAN model

The models fitted the catch data well although residuals at the beginning of the time series departed from the assumption of normality (**Figure 42**). Model parameter estimates and associated fishery management parameters are given in **Tables 26** and **27**, respectively. The shape parameter m of the generalized production model varied between 1.16 and 4.41 (**Table 26**), reflecting strong changes in the form of the functional curve according to the time series of data used. Similarly, the growth rate parameter r varied between 0.12 and 0.81. Such variations might be explained by the strong changes observed in the beginning of available abundance index time series that have been discussed elsewhere (e.g. Polacheck 2006). The MSY estimates were comprised between about 64,000 t and 100,000 t according to data selection in the 1960s. The shorter time series abundance index, i.e. 1971-2008, led to the smallest MSY value of 64,000 t and a situation of overfishing in the late 2000s ($F_{2008} > F_{MSY}$ and $B_{2008} < B_{MSY}$).

Overall, the four model runs showed a rather similar evolution of the biomass ratio (B/B_{MSY}) and (F/F_{MSY}) through time going from a situation of under-exploitation in the 1970s and 1980s to situation of overfishing in the 1990s (**Figure 43**). However, the models led to different diagnostics in the recent past, i.e. the 2000s, according to the type of weighting used. The model runs 1-3 were rather similar and suggested a decrease in fishing mortality from the early 2000s to the current situation (2008) while the model run 4 indicated a higher decrease in fishing mortality F and a concurrent increase in biomass B (**Figure 43**).

4.1.3 Bayesian production model

Posterior distributions are shown in **Figure 44**. The Working Group considered that, despite the fact that there was convergence of importance toward posterior function in the analysis of dataset weighted by catch with non-informative prior, the estimations of the parameters were not biologically consistent. Hence, these results were not considered hereafter. All posteriors showed some differences with respect to priors, reflecting that data were somewhat informative. Model fits that revealed consistent with bigeye biology and knowledge on the bigeye tuna fishery are given in **Figure 45**. In all runs, model fits were reasonably good from the end of the 1970s onward. Except for the model fitted to the abundance index series 5 (dataset in which data from Japan before 1970 were discarded), all runs showed a clear increasing trend after the early 2000s.

A summary of the reference points based on the posteriors is given in **Tables 28-32**. Except for the results obtained with the time series 5, all results were optimistic with regard to the state of the stock. In these cases, the biomass of the stock in the recent years would be higher than the biomass at MSY (B_{MSY}) while the current fishing mortality would be smaller than fishing mortality at MSY (F_{MSY}).

Phase plots show that the bigeye stock could have experienced some overfishing ($F > F_{MSY}$ and $B < B_{MSY}$) in the early 2000s but that the probability that current $F/F_{MSY} < 1$ and $B/B_{MSY} > 1$ is relatively high (**Figure 46**). Only model runs performed for the abundance index excluding data from Japanese longliners before 1970 suggest that the stock might be currently overfished.

– Projections

In order to assess the consequences of alternative TAC values, the models were run to estimate biomass projections under different scenarios based on the posterior sample of parameters. Process error was not considered in the predictions. Stock biomass were projected toward 2010-2030 using TAC values from 60,000 t to 110,000 t. Median of the projections are given in **Figure 47**. The most optimistic scenario arose when data weighted by area were used (**Figure 47**). Results gathered when discarded data of Japan prior to 1970 is the most pessimistic scenario.

Those results were used to calculate the probability of fishing mortality F being larger and F_{MSY} and of B being smaller than B_{MSY} for all years and all values of TAC used in the simulations (**Figure 41**). As mentioned before the more pessimistic scenario arises if data of Japan before 1970 are not considered. In other runs, posterior medians for B/B_{MSY} were all above 1 and, medians for F/F_{MSY} were below 1.

4.2 Multifan-CL

Summary of results. **Table 33** summarizes the results obtained from the various runs made during the meeting. The Working Group did not choose a base case for drafting management advice. However, it was agreed that the results were useful in testing model assumptions and the implications of including or excluding certain data. Comments on various model options are provided below.

Continuity run. Although Run 1 was initially presented as a continuity run (SCRS/2010/091), it included a time series extending back to 1950 and had a slightly different M-at-age vector to the continuity run from 2007. Run 3 was thus developed to include the same starting date as the 2007 assessment and used the same M-at-age vector as the 2007 assessment, and thus was considered the continuity run by the group. The time series of key outputs from Run 3 are presented in **Figure 48**.

Tagging information. A three region model excluding tagging data (Run 2) resulted in a far more optimistic model increasing recruitment and biomass estimates (**Table 33** and **Figure 49**). MSY was more than double the continuity run model. This would indicate that the tagging data contains important information regarding the movement of tuna between regions and the relative distribution of recruitment, as when this is removed, the model assumes large amounts of unfished biomass in regions 1 and 3 and assumes all recruits spread out equally amongst the regions. The tagging data would tend to indicate that little movement occurs between regions and thus recruitment is concentrated in region 2.

Effect of catchability assumption: The group expressed concern that the catchability time-series especially for fishery 5 which showed a decreasing catchability over time were unrealistic. As a result, an alternate run was made removing the estimation of a time series in catchability (Run 4). This resulted in a model with more optimistic estimates of biomass as well as the associated MSY reference points (**Table 33**). This is probably due to the assumption also removing the increasing catchability time series for several of the purse seine fisheries.

Effect of M. In Runs 6 and 8, the vector of M-at-age was varied from the value calculated by MFCL in 2007 and used for the continuity run. Unfortunately Run 6 was unable to accurately match the M-at-age vector from the VPA and so will not be considered further. In general the vector of M-at-age had an important affect on the model, with the higher vectors of M (Run 4) producing more optimistic model outputs than the model using the WCPFC vector of M-at-age (Run 8) (**Table 33** and **Figure 50**).

Effect of recruitment variability. The group expressed concern that both integrated models (SS3 and MFCL) showed decreases in both recruitment and overall biomass in the most recent years of the model, whereas some surplus production models displayed a levelling off, or even recovery in biomass in the recent years of the

model. It was thus suggested that the MFCL models were trying to explain a decrease in catch in recent years by decreasing recruitment. As a result, a run was conducted increasing the penalty on recruitment deviations over time (Run 7). This appeared to have little effect on the model estimation of biomass in recent years or on the recruitment (**Figure 51**). This may be due to the fact that the CPUE series for particularly fisheries 3 and 4 was noisy and calculated from ICCAT Task II data. Thus the model still explained the decrease in catch with a decrease in recruitment.

The time-series trends in F/F_{MSY} and B/B_{MSY} estimated for Multifan-CL Runs 3, 4, 7 and 8 are shown in **Figure 52** of these runs, only Run 8 estimated that the progression of F/F_{MSY} and B/B_{MSY} has ended where B_{curr} is less than B_{MSY} and F is higher than F_{MSY} . Estimates from Run 3 have entered this region previously, but have moved away subsequently.

4.3 VPA

The Working Group chose three runs to represent the “most plausible” VPA outcomes. The decision was based on VPA behavior and diagnostics. The three runs can be described as follows:

Run 1: The initial run with all indices, used fleet-specific catches at age to estimate index vulnerability.

Run 2: Same as Run 1, but with the index vulnerability of the longline fleets fixed at 1.0 after the age of full vulnerability.

Run 6: Same as Run 1, but excluding the European purse seine index.

The results of the three VPA base-run were quite similar. All indicate declining spawning stock abundance (numbers), beginning during the mid-1970s (**Figure 53**). Recently, the spawning stock abundance has increased slightly.

Fishing mortality at all ages has increased substantially since 1990 (**Figure 54**). Fishing mortality is particularly high on Ages 0 and 1, which are selected by the purse seine gear, and Ages 5+ which are fully selected by the longline gear.

Apical fishing mortality (the maximum of F-at-age in a given year) has strongly increased during the time series (**Figure 55**) The trajectory of Apical F/F_{MSY} indicates that overfishing began to occur in the mid-1990s, and that fishing mortality has generally exceeded the overfishing threshold ($F/F_{MSY} = 1$) since that time. According to the results of the VPA assessments, Current² F/F_{MSY} was 1.35, 1.25 and 1.36 for Runs 1, 2 and 6, respectively, indicating that fishing mortality is above the overfishing threshold.

The spawning stock biomass has generally declined during the time series (**Figure 56**). In 1975, the median spawning stock biomass was near 1.5 million tons. In 2009, the SSB was less than 500,000 tons.

The spawner-recruit relationships obtained from the VPA are shown in **Figure 57**. A Beverton and Holt function was fit to the data for each model. The parameters of the Beverton and Holt function, the unfished spawning biomass (S_0) and steepness estimates are summarized below. The VPA models estimated the steepness of bigeye tuna at 0.47 to 0.61. To estimate S_0 , the VPA models were run to 2020 (equilibrium condition) with no catch allowed.

Run	Alpha	Beta	Virgin biomass	Steepness
1	7.44E+07	2.90E+05	1.37E+06	0.59
2	7.11E+07	2.49E+05	1.34E+06	0.61
6	9.65E+07	5.48E+05	1.61E+06	0.47

The SSB/SSB_{MSY} of bigeye has generally declined during the time series (**Figure 58**). According to the VPA results, the SSB fell below SSB at MSY in 2000, and continued to decline until the mid 2000s. Since that time, the decline in SSB/SSB_{MSY} has stopped, and the status has remained stable but overfished. According to the results of the VPA assessments, SSB₂₀₀₈/SSB_{MSY} was 0.64, 0.69 and 0.63 for Runs 1, 2 and 6, respectively.

The uncertainty in the current stock status was generated by bootstrapping the residuals of the indices of

² To calculate current F, compute the geometric mean of F-at-age for the years 2005-2007, then find the maximum of the resulting F-at-age vector.

abundance (n=1000). The resulting stock status estimates are illustrated in **Figure 59**. Since the results are so similar, they were also combined in a joint distribution (**Figure 60**). Of the 3000 bootstrap runs obtained from the combined results, 2% indicate a healthy stock status, 9% indicate either overfishing or an overfished condition and 89% indicate both overfishing and an overfished condition.

– Projections

For the VPA model runs, projections were made to 2021 using the projection software PRO-2BOX³. To estimate the variance, 1000 bootstraps were run. This method takes into account some of the inherent variability in the parameter estimates, including the index residuals and recruitment variance. The stock recruitment parameters were estimated during the projection as deviations from an estimated Beverton and Holt stock recruitment function. As had been done during the previous assessment, initial guesses were provided for the parameters of the S/R relationship ($\alpha = 2.2E5$, $\beta = 1.6E4$). The allowed variance from the estimated S/R relationship was set to SD=0.4.

Thirteen constant catch (during 2011 to 2021) projections were made for the three VPA model runs. The catch during 2009 and 2010 was fixed at 87,900 t.

- | | |
|-------------|---------------|
| 1) 60,000 t | 9) 100,000 t |
| 2) 65,000 t | 10) 105,000 t |
| 3) 70,000 t | 11) 110,000 t |
| 4) 75,000 t | 12) 115,000 t |
| 5) 80,000 t | 13) 120,000 t |
| 6) 85,000 t | |
| 7) 90,000 t | |
| 8) 95,000 t | |

The results are summarized in **Figure 61**. According to projections of Run 1, the median MSY = 82,000 t. The implications of Run 1 are that catch levels less than 60,000 t are required to allow the SSB to recover to SSB_{MSY} by 2021. Catch levels below 70,000 t are necessary to end overfishing before 2021. Catch levels above 85,000 t cause continued depletion of the stock.

According to projections of Run 2, the median MSY = 83,600 t. Catch levels less than 65,000 t are required to allow the SSB to recover to SSB_{MSY} by 2021. Catch levels below 75,000 t are necessary to end overfishing before 2021. Catch levels above 85,000 t cause continued depletion of the stock.

According to projections of Run 6, the median MSY = 77,100 t. Catch levels less than 60,000 t are required to allow the SSB to recover to SSB_{MSY} by 2021. Catch levels below 65,000 t are necessary to end overfishing before 2021. Catch levels above 80,000 t cause continued depletion of the stock.

4.4 Other methods

Unlike the yield curve from the age-structured model (**Figure 62**), the estimated yield curve from the fully integrated model shows a marked deviation from a symmetrical curve assumed by the Shafer/logistic (**Figure 63**). The deviation in this shape is likely due to the difference in assumptions regarding selectivity. This adds further supports the Working Group's investigation into using a shape parameter in the stock-production-type models.

Estimates of the B/B_{MSY} and F/F_{MSY} benchmarks for the fully integrated model SS_fix and ASPIC Run 3 are shown in **Figure 64**. There is fairly good agreement on the overall trend in the benchmarks, however, there is disagreement in the final years estimates. The Working Group discussion concluded that this difference is likely due to the fact that the fully integrated model is being influenced by the FAD purse seine index, which is biased towards smaller fish. This index was not included in the combined index used to run ASPIC Run 3.

The annual estimates of yield-per-recruit from the fully integrated model 6_fix were compared to the estimates from the MFCL model Run 8. Both model show that yield-per-recruit reached a peak in the late 1990's and has been on the steady decline since. This is coincident with the observation of smaller fish becoming more prevalent in the catch, which was evident in the VPA catch-at-age. The shift to smaller fish is also evident in the

³ Version 2.01, Porch, ICCAT software catalog.

ratio of fishing mortality of age 1 to ages 2+ (**Figure 65**). It seems likely then that the trend in the catch of smaller fish is decreasing the efficiency of the fishery.

The above results indicate that important information regarding the population and the fishery could be missed by not utilizing the full extent of the data available for the fishery. Fully integrated models, such as MFCL and SS, are able to capture more detail and give a more holistic view of the fishery. This is especially true for a fishery such as bigeye tuna where the selectivities of the different gear types are very disparate. The Working Group recommended that fully integrated models, such as MFCL and SS, continue to be investigated as a tool for exploring the possible condition of ICCAT stocks. However, they also recognized that model complexity needs to be added cautiously and should be in proportion to the quantity and quality of the data available.

4.5 Synthesis of assessment results

During the last two assessments of bigeye tuna, in 2004 and 2007, the stock status determination was mainly based on production model results obtained with ASPIC. VPA toolbox results were used to characterize the uncertainty in stock status as related to model structure. Multifan-CL was also run in 2007 and its results used to explore the gains obtained by integrating more data sources (e.g., tagging, length composition data) and incorporating spatial structure into the assessment model.

The 2010 stock assessment was conducted using various types of models. The list of methods to be used in the assessment of stock status and the development of stock projections was developed during the Bigeye Tuna Data Preparatory Meeting (SCRS/2010/011). This list included the three categories of methods used in the last assessments: production models, virtual population analysis and fully integrated models. Within each of these categories several versions of each model were used providing a broad array of methodological tools that reflect the structural uncertainty regarding what may be the ideal model representing the dynamics of the bigeye tuna stock. Data inputs for these models were mostly developed during the Data Preparatory Meeting; however, some were prepared in the inter-sessional period between the data meeting and the assessment meeting (e.g., catch at size, catch at age, additional CPUE indices for Multifan fleets). A few final modifications to these inputs were performed during the assessment meeting, such as the re-estimation of combined CPUE indices for production models, an update of the total harvest for 2009, and a preliminary estimate of the harvest for 2010. Most other changes in inputs adopted during the assessment pertain to changes in parameter options for the different models.

As a way to compare changes in the perception of the stock solely resulting from the addition or update of the data sets used to fit the production model used to provide the main advice about stock status in 2007, an ASPIC run was conducted with the same set up as that used in 2007 – this is referred as a continuity case. This new run only differs from the one in 2007 in that the catch estimates contain additional years of data (2006-2008), and that the combined index of abundance has been estimated with indices that were presented during the 2010 preparatory meeting. As was the case in 2007 the CPUE indices from the Chinese Taipei fleet were not used during the early period of the fishery (prior to 1971); however other new indices provided during 2010 such as the Moroccan and Uruguay indices were included. This run provides a similar view on the productivity and status of the bigeye tuna stock than was obtained in 2007. However, it suggests that the biomass and fishing mortality have slightly increased during the period 2005-2008.

Consistent with previous assessments of Atlantic bigeye, the results from non-equilibrium production models are used to provide our best characterization of the status of the resource. The current MSY estimated using three types of production models was around 90,000 t, similar to the assumed estimated catches for 2009, although uncertainty in the estimates broadens the range. In addition, these estimates reflect the current relative mixture of fisheries that capture small or large bigeye; MSY can change considerably with changes in the relative fishing effort exerted by surface and longline fisheries.

The estimated stock trajectory is shown in **Figure 66**. The biomass at the beginning of 2010 was estimated to be nearly 100% of the biomass at MSY and the 2009 fishing mortality rate was estimated to be about 5% below the fishing mortality rate at MSY. The replacement yield for the year 2009 was estimated to be about MSY.

The Working Group notes that there is considerable uncertainty in the assessment of stock status and productivity for bigeye tuna, as noted in previous assessments (Anon, 2008). There are many sources of uncertainty including which method represents best the dynamics of the stock, which method is supported more by the available data, which relative abundance indices are appropriate to be used in the assessment, and what precision is associated with the measurement/calculation of each of the model inputs. In general, data availability

has improved since 2007 but there is still a lack of information regarding detailed fishing and size data from certain fleets. This combined with the lack of detailed historical information on catch and fishing activities of IUU fleets (e.g., size, location and total catch), forces the Working Group to make many assumptions about the catch-at-size for an important part of the overall catch. In order to represent this uncertainty the Working Group decided to first present a summary of the uncertainty related to structure of the method/data combination used. As can be seen from **Table 34**, there are differences in the estimates of management benchmarks depending on both the method used as well as the input data used. MSY estimates varied between 70,000 and 90,000 t.

Estimates of uncertainty associated with the data are greater than those associated with model uncertainty and can be seen by looking at bootstrap results from the three ASPIC production models selected (**Figures 66-67**).

5. Projections

The Commission in the Resolution [09-12] provided specifications regarding the information that should be included in the Kobe strategy matrix and requested the SCRS to complete the Kobe matrix with the corresponding levels of catch to provide management advice to the Commission in 2010 for bluefin and bigeye tunas. The Assessment Methods Working Group in the 2010 (SCRS/2010/010) meeting provided additional recommendations to facilitate K2SM construction and interpretation (e.g. guidelines for the application of the Kobe II Strategy Matrix, specifications regarding projection methods and recommendations for development of Kobe matrices). Therefore, the Working Group based the following outlook for the Atlantic bigeye in the Kobe strategy matrix.

The outlook for Atlantic bigeye, considering the quantified uncertainty in the 2010 assessment, is presented in **Table 35** and **Figure 68**, which provide a characterization of the prospects of the stock achieving or being maintained at levels consistent with the Convention objective, over time, for different levels of future constant catch. It is noteworthy that the modeled probabilities of the stock being maintained at levels consistent with the Convention objective at recent TAC ([Rec. 09-01] 85,000 t) over the next five years are about 60%. Higher odds of rebuilding to and maintaining the stock at levels that could produce MSY are associated with lower catches and lower odds of success with higher catches than recent TAC.

6. Recommendations

6.1 Fisheries indicators

The size and power of any fishing fleet may be useful indicators of trends in fishing capacity. Although some fleet data by vessel type are linked with fishing gear, the existing vessel statistics and information do not necessarily reflect the operational activities of the vessels. In this regard, CPC's were encouraged to further develop fisheries indicators for all categories of their fleet by area in the Atlantic Ocean. Considering that national scientists have a better knowledge of their fisheries and consequently can define procedures to obtain such data more accurately than those defined by the Secretariat, the Working Group recommended that these indicators should be provided by national scientists to update the database in the Secretariat annually.

Together with catch at size, scientists should provide raw size data and detailed information on the procedure followed to estimate catch at size data. These indicators are essential as baseline information in analyzing trends in catch rates (CPUE), principally for VPA models in stock assessment.

6.2 Review of data inputs and model choices

To assist in transparency and documentation of choices made during the stock assessment process, e.g. when determining input parameters and other options used in running different scenarios, the Working Group recommended that appropriate protocols for presenting diagnostics be developed. In addition documentation of procedures used, including which authors ran different scenarios and base years used for assessments and projections should be made by the rapporteur.

6.3 Growth and mortality ratios

The development of appropriate prior distributions for use in, for example, the Bayesian Surplus Production model is warranted.

Further evaluation of the method of estimation of fishing mortality in the plus group (e.g. F-ratio) should be conducted.

6.4 Tagging data

It is apparent that the available tagging data provides some additional information useful for estimating Bigeye stock status. It is unclear; however, if the assumptions made about tag reporting rates are accurate. For that reason, it would be advisable to improve tag reporting rates for the fisheries, and estimate reporting rates through direct experimentation especially for the long-line fishery, and also continue improving the tagging database.

6.5 Future work

- Due to the range of uncertainties identified in this assessment when different combined indices were used the Working Group recommends that the methods used for development combined indices are reviewed.
- The statistical estimation of CAA for tropical species should be conducted as an alternative of the slicing method. In order to better parameterize this approach, ageing of hard parts by collection of samples should be carried out, and existing data on hard parts should be utilized in the estimation.
- An update of standardized CPUE series for the tropical purse seine EU fleets should be carried out.
- Catch at size from 1975-1979; 2006 and 1980-1987 for the EU and Ghanaian purse seine fleets, respectively, should be re-examined as there seems some unusual patterns presented during the assessment.
- The Working Group acknowledged the use of the two integrated models (Multifan-CL and Stock synthesis). Though there maybe limitations of the applications of these models to bigeye tuna given the current data, the Working Group was convinced that management advice could be develop in the future based on these models. Training and investment in these models would be in the right direction to maintain structural continuity in ICCAT stock assessments.

7. Other matters

Due to the voluminous nature of the work conducted during assessments, it was recommended that efforts to further improve and upgrade computer facilities (e.g. purchase CPU time) in the Secretariat be done to enable to integrate and runs models faster and within reasonable time.

8. Adoption of the report and closure

The report was adopted during the meeting. Dr. Die thanked the participants, the AZTI staff and the Secretariat for their hard work and adjourned the meeting.

Literature cited

- Andrade, H. A. and Kinias, P.G. 2007, Decision analysis on the introduction of a new fishing fleet for skipjack tuna in the Southwest Atlantic. Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2007), 2 (2): 131-148.
- Anon. 2005, Report of the 2004 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 28 to July 3, 2004). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(1): 1-110.
- Anon., 2008, Report of the 2007 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 5 to 12, 2007). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(1): 97-239.
- Anon. 2010, Report of the 2009 Sailfish Stock Assessment (Recife, Brazil, June 1-5, 2009). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(5): 1507-1632.
- Bard, Y. 1974, Nonlinear parameter estimation (p. 341). Academic Press, New York.
- Fournier, D. 1996, An introduction to AD Model Builder for use in nonlinear modeling and statistics. Otter Research, Nanaimo, British Columbia, Canada.
- Gaertner, D., Marsac, F. 2000, Comparative analysis of the exploitation of bigeye tuna in the Indian and eastern Atlantic Oceans with emphasis on purse seine fisheries. 1st session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas, Mahe, Seychelles, 4-8/09/99. WPTT/99/04: 15 p.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S. and Rubin, D.B. 1995, Bayesian Data Analysis. Chapman & Hall, London, 526 p.

- Griewank, A. and Corliss, G. 1991, Automatic differentiation algorithms: theory, practice and application. SIAM, Philadelphia.
- Hallier, J-P., Stequert, B., Maury, O. and Bard, F.X. 2005, Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.
- Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992, Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York, USA.
- Katavic, I. Grubisic, Ticina, Mislov-Jelavic, K, Franicevic, V. and Skakelja, N. Growth performances of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) farmed in Croatian waters of the eastern Atlantic. SCRS/2009/190.
- Kell, L.T., Palma, C., and Tidd, A. 2010, Standardization of the North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) CPUE. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(4): 1357-1382.
- Laloë, F. 1995, Should surplus production models be fishery description tools rather than biological models? Aquatic Living Resources, 8, 1-16.
- Ludwig, D., and Walters, C. 1985, Are age structured models appropriate for catch-effort data? Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Sciences, 46, 1066-1072.
- Maunder, M. 2000, Software review: AD Model Builder. AFSCUS, 14(2), 10-14.
- Maunder, M.N. 2004, Population viability analysis based on combining Bayesian, integrated, and hierarchical analyses. Acta Oecologica, 28, 85-94.
- Maury, O. 2001, Multi-fleet non-equilibrium production models including stock surface to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. Application to the skipjack tuna fishery (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 52(5): 1739-1752.
- Maury, O. 2001, PROCEAN: a production catch/effort analysis framework to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. IOTC Proceedings, 4, 228-231.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. 1989, Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall.
- Ortiz, M. and Arocha, F. 2004, Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fisheries Research 70 (2004) 275-297.
- Parks, W., Bard, F.X., Cayré, P., Kume, S., Santos Guerra, Al. 1982, Length-weight relations for bigeye tuna captured in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 17(1): 214-225.
- Pella, J.J. and Tomlinson, P.K. 1969, A generalized stock production model. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 13, 420-496.
- Polacheck, Tom. 2006, tuna longline catch rates in the Indian Ocean: did industrial fishing result in a 90% rapid decline in the abundance of large predatory species? Marine Policy [Mar. Policy]. Vol. 30. No. 5, pp. 470-482. Sep. 2006
- Prager, M. 2004, User's manual for ASPIC: A stock production model incorporating covariates (ver. 5) and auxiliary programs. Beaufort Laboratory Document. Miami, USA.
- Schaefer, M.B. 1954, Some aspects of the dynamics of populations important for the management of the commercial marine fisheries. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1, 27-56.
- Venables, W.N. and Ripley, B.D. 2002, Modern Applied Statistics with S. New York: Springer.
- West, M. 1992, Modeling with mixtures. Pp. 503-524. In: Bernardo, J.M., Berger, J.O., Dawid, A.P. and Smith, A.F.M. (Eds.). Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting, Valencia, Spain. Clarendon Press, Oxford, 880 p.
- West, M. 1993, Approximating posterior distributions by mixtures. Journal of the Royal Statistic Society: Series B, 55: 409-422.

RAPPORT DE LA SESSION D'ÉVALUATION DE L'ICCAT DE 2010

DU STOCK DE THON OBÈSE

(Pasaia, Guipúzcoa, Espagne, 5 - 9 juillet 2010)

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

La réunion a été tenue au Centre AZTI-Tecnalia à Pasaia du 5 au 9 juillet 2010. Le Dr. Josu Santiago a ouvert la réunion et a souhaité la bienvenue aux participants (« le Groupe de travail »).

Le Dr. David Die (États-Unis), Président de la réunion, a souhaité la bienvenue aux participants de la réunion et a remercié AZTI d'accueillir la réunion et de fournir l'appui logistique. Le Dr Die a passé en revue l'ordre du jour qui avait été adopté avec quelques changements (**Appendice 1**).

La liste des participants est jointe en tant qu'**Appendice 2** et la liste des documents présentés à la réunion en tant qu'**Appendice 3**. Les personnes suivantes ont assumé la tâche de Rapporteur :

Points 1, 7 et 8	P. Pallarés
Point 2.1	J. Pereira
Point 2.2	C. Palma
Point 2.3	A. Delgado de Molina, L. Kell et M. Ortiz
Point 2.4	D. Gaertner et N. Abid
Point 2.5	C. Brown, L. Kell et C. Palma
Points 3.1, 4.1 et 5.1	K. Satoh, H. Agnelli et E. Chassot
Points 3.2 et 4.2	P. de Bruyn
Point 3.3	S. Cass-Calay et C. Brown
Points 3.4 et 4.4	M. Schirripa
Points 4.3	S. Cass-Calay
Point 4.5	D. Die
Point 5	G. Scott et L. Kell
Point 6	P. Bannerman et M. Pons

2 Résumé des données disponibles pour l'évaluation

2.1 Biologie

Le document SCRS/2010/090 étudiait l'éventuel rapport existant entre le taux de capture de thon obèse juvénile et la profondeur de la senne coulissante dans le but de mettre en œuvre la gestion la plus adéquate au moyen des résultats obtenus. Les données ont été recueillies entre juin 2008 et avril 2010 par 11 senneurs thoniens opérant sous pavillon espagnol dans les océans Atlantique, Indien et Pacifique. Les principales conclusions du document sont les suivantes :

- La profondeur des filets oscillait entre 220 et 309 m, tandis que la profondeur de pêche variait de 65 m à 226 m. Cela signifie que le pourcentage de la profondeur moyenne par rapport à la taille du filet était de 56,73 % (dans une fourchette oscillant entre 20 % et 83 %).
- Aucune distribution bathymétrique différentielle n'a été observée entre les 3 espèces dans aucun des océans.

Un examen des informations historiques et des nouvelles informations biologiques est disponible dans le rapport de la Réunion de préparation des données du thon obèse de l'ICCAT 2010 (SCRS/2010/011).

2.2 Estimations des captures

Une mise à jour de la série de capture nominale de Tâche I du thon obèse pour la période 1950-2009 a été présentée par le Secrétariat. Les modifications apportées depuis la dernière réunion de préparation des données sur le thon obèse (nouveaux montants et/ou montants révisés déclarés par les CPC après le 30 avril 2010) ont été présentées et adoptées par le Groupe de travail afin d'obtenir la production la plus complète de 2009. Pendant la période intersession, seules des mises à jour pour 2008 (Japon) et de nouveaux chiffres de capture pour 2009 (palangriers du Japon, Philippines, États-Unis, Royaume-Uni-Ste Hélène, Vanuatu, Venezuela, Espagne-UE) ont

été ajoutés à la série de capture de Tâche I. Pendant la réunion, une estimation des captures de 2009 du Cap Vert et du Guatemala a été fournie aux membres du Groupe de travail. Le total des captures s'élevait à 75.500 t approximativement.

Malgré ces mises à jour apportées aux captures de Tâche I de 2009, un nombre relativement important de CPC n'avaient pas déclaré de chiffres pour 2009. En conséquence, le Groupe de travail a décidé d'estimer les données manquantes sur la base de l'augmentation relative de 2008-09 des différentes pêcheries (principalement LL, BB et PS). Pour les principales pêcheries de BB et de PS, les captures de 2009 ont été obtenues à partir d'une moyenne des trois dernières années (2006-08) après avoir confirmé qu'il n'y avait aucun changement du comportement de pêche (BB : Namibie et Afrique du Sud ; PS : UE-mixte (FR + ES) correspondant aux « faux poissons »). Pour les principales pêcheries de palangriers, trois approches principales ont été adoptées : a) les chiffres de capture de 2009 ont été obtenus à partir de l'augmentation relative pondérale de 2008-09 des captures du Japon et du Taipei chinois (125 %) - appliquée à la République populaire de Chine et à la République de Corée ; b) la moyenne des trois dernières années (2006-08) - Maroc, Namibie, Afrique du Sud et Saint-Vincent-et-les Grenadines ; c) Report de 2008 - Trinité-et-Tobago. Ces estimations provisoires ont élevé les captures de Tâche I de 2009 à environ 87.900 t, donnant lieu à une augmentation d'environ 27 % de la production totale pour 2008/2009. Ces estimations sont provisoires et changeront dans la mesure où les CPC déclarent leurs captures officielles de Tâche I pour 2009.

Le Groupe de travail a décidé d'utiliser la même capture que celle obtenue en 2009 en tant qu'estimation provisoire de la capture pendant 2010, étant donné qu'aucune information actuelle ne suggère de changement dans les opérations de pêche de 2010 par rapport à 2009.

Le document SCRS/2010/093 présentait de nouvelles informations sur les débarquements de « faux poisson » (séparés par espèces) réalisés à Dakar par les flottilles thonières, y compris les estimations annuelles (2005-2009) des débarquements de « faux poisson » par les canneurs sénégalais.

Les estimations de Tâche I (déclarées et estimées par le Groupe de travail) sont présentées au **Tableau 1**. La **Figure 1** présente la série cumulative de capture de Tâche I (de 1950 à 2009). La distribution spatiale des captures (CATDIS) est présentée dans les **Figures 2** (par engin, toutes années confondues), **3** (1991-08, par le mode d'opération des PS) et **4** (par engin et par décennie).

2.3 Estimations de l'abondance relative

Des indices de l'abondance relative pour plusieurs flottilles ont été présentés à la réunion de préparation des données sur le thon obèse tenue à Madrid en avril 2010 (SCRS/2010/011).

Indices MULTIFAN-CL

Certains de ces indices correspondaient aux flottilles définies pour le modèle MULTIFAN CL des stocks de thon obèse, mais quelques flottilles n'avaient pas d'indices associés présentés à la réunion de préparation des données. Au cours de la période intersession, le Secrétariat de l'ICCAT a calculé les indices de l'abondance relative pour les flottilles 3,4, 5, 6 et 8 (**Tableau 2**).

Pour la pêcherie n° 3, il n'y a aucune série standardisée de CPUE. En ce qui concerne la pêcherie n° 4, la série standardisée de CPUE n'a pas été mise à jour depuis 2007, les données de prise et d'effort de la base de données de l'ICCAT ont donc été utilisées pour produire une série de CPUE standardisée.

Des analyses ont été effectuées au moyen de la modélisation linéaire généralisée (GLM) sous R. Une première étape de l'ajustement de la GLM consiste à choisir une distribution d'erreur appropriée. Des distributions d'erreur alternatives ont été examinées pour chaque série, c'est-à-dire log-normale (plus une valeur de 1 pour éviter la valeur 0), poisson, log-gamma et binomiale négative. En outre, des modèles Delta combinant les distributions binomiale et log-normale, binomiale et poisson et binomiale et gamma ont été évalués. Le choix du modèle s'est fondé sur l'inspection systématique des diagnostics basés sur la vérification du modèle et de diagnostics ajustés (McCullagh et Nelder, 1989), ce qui a permis de choisir la distribution d'erreur la plus appropriée (Ortiz & Arocha 2004). Cela suppose de tracer un diagramme des (a) valeurs résiduelles standardisées de déviance par rapport aux valeurs ajustées afin de vérifier les départs systématiques à partir des postulats sous-jacents à la distribution de l'erreur (b) les valeurs absolues des valeurs résiduelles par rapport aux valeurs ajustées en tant que vérification de la fonction de variance postulée et (c) la variable dépendante par rapport à la fonction de prédiction linéaire en tant que vérification de la fonction de lien postulée pour les quatre premiers modèles d'erreur. Les diagrammes (b) et (c) ne fournissent aucune information pour une distribution

binomiale (McCullagh et Nelder, 1989) ; dès lors, seul le diagramme (a) a été examiné pour ces distributions. L'évaluation de la qualité de l'ajustement a été effectuée sur un modèle qui comprenait tous les facteurs principaux (c'est-à-dire le modèle plus complexe, car si le modèle le plus complexe est un ajustement raisonnable, tous les modèles plus simples étant retenus s'adapteront parfaitement, au cas contraire ils ne seraient pas sélectionnés).

Sur la base des diagrammes de diagnostic (**Appendice 4**), un modèle d'erreur delta-lognormal a été choisi pour les deux pêcheries. Les facteurs significatifs sont récapitulés dans l'analyse des tableaux de variance (**Tableau 3**) tant pour le modèle d'erreur binomial (analyse de la probabilité de réussite de la capture) que pour le modèle d'erreur log-normal (analyse des captures positives).

Comme suite à cette analyse, les moyennes marginales ont été calculées par trimestre et année pour chaque pêcherie (**Appendice 4, Figures 3a et b**). Les CPUE standardisées sont également récapitulées dans le **Tableau 4**.

Pour les flottilles 5, 6 et 8, la procédure de standardisation a été estimée pour chaque année, étant donné que les informations trimestrielles étaient limitées ou non disponibles. Le modèle de standardisation comprenait le facteur année-flottille, en obtenant la moyenne des moindres carrés pour le facteur année en tant qu'indice de l'abondance relative en indices de biomasse. L'indice annuel a été converti en indice annuel-trimestriel en multipliant la valeur annuelle par la proportion de la capture par trimestre. Pour ne pas obtenir de valeurs très basses pour quelques années-trimestres, les conditions suivantes ont été appliquées : a) si la capture d'un trimestre spécifique était inférieure à 20 % de la capture annuelle, aucun indice n'était attribué pour cette strate annuelle-trimestrielle ; b) si la capture d'un trimestre spécifique était supérieure à 75 % de la capture annuelle, l'indice n'était appliqué qu'à cette strate annuelle-trimestrielle ; c) si la capture d'un trimestre spécifique était supérieure à 20 % et inférieure à 75 % de la capture annuelle, le nombre de trimestres qui remplissait cette condition dans une année donnée était compté et un indice annuel a été appliqué avec un ratio corrigé. Le ratio est égal à $((1/Nqtrs) * \%catch-qtr) * \text{indice annuel}$. Le **Tableau 5** présente les indices standardisés pour les pêcheries 5, 6, 8, 12, 13, 14 et 15. La **Figure 5** présente l'indice standardisé pour les flottilles de pêche 5, 6 et 8. Les diagrammes de diagnostic pour la procédure de standardisation sont présentés à l'**Appendice 4 (Figures 4a, 4b et 4c)**.

Les indices standardisés ont également été estimés pour les pêcheries 12, 13, 14 et 15. Pour les pêcheries pour lesquelles des indices standardisés avaient été soumis par des scientifiques des Parties contractantes, le Groupe de travail a convenu de produire des indices combinés pour chaque définition de pêche -flottille en utilisant un modèle GLM (voir ci-dessus). Les modèles GLM utilisaient l'année, le trimestre et l'indice de flottille en tant que facteurs. L'indice relatif standardisé combiné était estimé en tant que moyenne des moindres carrés du facteur année (**Table 6** et **Figure 6**).

Indices combinés de la biomasse

Le Groupe de travail a recommandé d'établir un indice combiné de la biomasse aux fins de son utilisation en tant qu'indice de l'abondance relative pour les modèles de production à considérer. La série d'entrée comprenait les indices de flottilles ci-dessous tel que recommandé par le Groupe de travail pendant la réunion de préparation des données :

<i>Indice de flottille</i>	<i>Série annuelle</i>
Indice palangrier des États-Unis	1982-2008
Indice palangrier du Japon	1971-2008
Indice palangrier de l'Uruguay - phase initiale et finale	1981-1991 & 1992-2008
Indice palangrier du Brésil	1980-2008
Indice palangrier du Taipei chinois - phase initiale et finale	1968-1989 & 1990-2008
Indice palangrier du Maroc	2005-2008
Indice des canneurs des Açores (UE-Portugal)	1970-2008

La **Figure 7** présente les indices relatifs. L'indice combiné a été estimé sur la base du modèle GLM avec l'année et l'indice de flottille en tant que facteurs, en utilisant différents facteurs de pondération tel que le Groupe de travail l'avait suggéré. L'indice correspond à la moyenne des moindres carrés du facteur année dans tous les cas. Le Groupe de travail s'est montré préoccupé par le contraste important existant au sein de différents signaux d'indice, notamment en ce qui concerne les années de la phase initiale de la période (1698-1970) lorsque deux

flottilles palangrières indiquaient différentes tendances de biomasse (l'**Appendice 4** présente les résultats de diagnostic de l'ajustement du GLM pondéré par la capture de chaque pêcherie). Il a été souligné qu'il est fréquent d'observer des baisses rapides des taux de capture au début des pêcheries palangrières. Des changements de la sorte ont également été observés dans d'autres flottilles pendant les années suivantes. Compte tenu de ces incertitudes et de leur éventuel impact sur l'estimation de l'indice combiné, le Groupe de travail a recommandé de recourir à des scénarios alternatifs aux fins de l'estimation de l'indice de biomasse en utilisant divers facteurs de pondération et/ou en se limitant à quelques périodes définies par le Groupe de travail.

Les scénarios recommandés étaient les suivants :

Il convient que la description des valeurs d'entrée des scénarios concorde avec les sections d'ASPIC et le modèle de production bayésien.

<i>Scénario</i>	<i>Valeurs d'entrée des indices</i>	<i>Facteur de pondération du modèle GLM</i>
1	Tous	Néant
2	Tous	Capture totale par année/flottille
3	Tous	Zone (# de 5x5° couverts par la flottille par année-trimestre)
4	Seulement les années postérieures à 1971	Capture totale par année/flottille
5	À l'exception des années antérieures à 1970 pour les palangriers japonais	Capture totale par année/flottille
6	À l'exception des années antérieures à 1970 pour les palangriers du Taipei chinois	Capture totale par année/flottille

Les indices estimés sont présentés dans le **Tableau 5** et la **Figure 8**.

2.4 Indicateurs des pêcheries

Outre l'évaluation du stock, plusieurs indicateurs des pêcheries sont susceptibles de nous éclairer sur l'état actuel du stock, la condition de la pêcherie et les éventuels impacts écologiques. En termes de processus au sein de l'approche conventionnelle PER (pression-état-réponse), les indicateurs des pêcheries peuvent refléter l'état du système (c'est-à-dire la ressource) par rapport aux forces motrices (c'est-à-dire les pressions) et les objectifs de gestion (c'est-à-dire les réponses). Le Groupe a examiné l'utilité que plusieurs de ces indicateurs pourraient avoir et a mené des analyses spécifiques sur les indicateurs des pêcheries se rapportant à l'intensité de la pêche et à l'état des ressources de thon obèse.

2.4.1 Indicateurs des pêcheries se rapportant à l'intensité de la pêche

Pêcheries palangrières

Le stock du thon obèse a été exploité par les trois engins principaux (pêcheries de palangriers, de canneurs et de senneurs). Toutefois, les captures palangrières sont prédominantes en termes pondéral. Par définition, il n'existe aucune information directe relative à l'effort de pêche des activités illégales, non-déclarées et non-réglementées (IUU) des palangriers arborant des pavillons de complaisance et ayant acquis de l'importance depuis le début des années 1980. Avant cela, les données commerciales étaient utilisées pour identifier les éventuelles captures IUU, mais ces données ne reflètent désormais plus le potentiel des captures non-déclarées de grande taille. En ce qui concerne les CPC palangrières, les deux principales pêcheries palangrières sont opérées par le Japon et le Taipei chinois dont les captures combinées représentent 46 % de la capture totale pondérale de 2009. L'effort de pêche nominal, exprimé en nombre d'hameçons, présente plusieurs tendances (**Figure 9**). Tandis que l'effort du Taipei chinois a augmenté régulièrement et a atteint son niveau maximal en 2001 avant de diminuer de 64 % en 2005 et de se stabiliser par la suite, l'effort du Japon dans la zone tropicale a doublé de 2002 à 2009, pour atteindre aujourd'hui le niveau d'effort observé dans le milieu des années 1990.

Le fait de ne pas prendre en compte les changements des stratégies de ciblage (par exemple, lorsque l'effort de pêche est redirigé vers une autre espèce) peut introduire un biais dans l'utilisation de séries temporelles de CPUE en tant qu'indice approchant de l'abondance apparente. Dans le cas des pêcheries palangrières, en raison du développement du marché à haute valeur ajoutée du sashimi au Japon et des progrès réalisés en termes de

congélation à bord de palangriers industriels (-50 °C au début des années 1970), le thon obèse congelé issu de la pêche hauturière est apparu comme un complément au thon rouge sur le marché du sashimi dès 1975 et en est devenu l'élément principal à partir de 1985. En conséquence, de nouvelles stratégies de pêche ont été adoptées par les principales flottilles de palangriers. Elles consistent d'abord à cibler l'albacore et le germon pour la conserverie et de passer ensuite à des espèces à haute valeur commerciale telles que le thon rouge, le thon rouge du Sud et le thon obèse destinés au marché du sashimi. Des changements des zones de pêche, ainsi que des modifications des engins de pêche (passage de la palangre normale à la palangre profonde) ont été apportés en 1976-1977 en ce qui concerne la flottille japonaise, après 1980 pour la Corée et au début des années 1990 pour le Taïpei chinois.

Dans un tel cadre, la proportion de la palangre profonde (en termes d'hameçons par panier) peut être utilisée en tant qu'indice approchant de la stratégie de pêche consistant à cibler le thon obèse de grande taille dans des eaux profondes. Ces changements continus peuvent être observés dans la pêcherie palangrière japonaise entre 1975 et 1995 (**Figure 10**) ; par exemple, une configuration de 4-7 hameçons par panier a été progressivement abandonnée depuis le début des années 1980 et la proportion de 15 hameçons ou + par panier est devenue prédominante depuis 1990. Il convient cependant de garder à l'esprit que le ciblage est également fonction de la zone, du type de matériau utilisé (palangre en mono-filament en nylon par rapport à la palangre traditionnelle en multi-filament), la stratégie de déploiement de l'engin, les courants océanographiques, etc.

La proportion de la capture de thon obèse dans la capture palangrière totale (en ne considérant que l'albacore, le germon et le thon obèse) constitue un autre indicateur simple représentant de tels changements de ciblage. La **Figure 11** fait apparaître que les dates auxquelles des changements soudains de la proportion de thon obèse ont été observés coïncidaient avec les changements mentionnés précédemment.

Pêcheries de surface

Alors que le thon obèse représente désormais l'une des principales espèces ciblées pour la plupart des pêcheries de palangriers et de quelques pêcheries de canneurs, cette espèce a toujours revêtu une importance secondaire pour les autres pêcheries de surface. Les thons obèses juvéniles sont principalement capturés en association avec du listao et des juvéniles d'albacore dans le cadre de pêcherie sous objets flottants naturels ou artificiels tels que les dispositifs de concentration du poisson (DCP).

L'effort nominal en termes de capacité de charge de la pêcherie totale de senneurs a diminué progressivement jusqu'en 2006, en raison de la piraterie menée aux larges des côtes de Somalie dans l'océan Indien et plusieurs grands senneurs européens opérant dans cet océan ont redistribué leurs efforts dans l'Atlantique Est. Cette nouvelle situation, outre la présence de trois nouveaux senneurs opérant depuis Tema (Ghana), a augmenté la capacité de charge de 81 % entre 2006 et 2009 (**Figure 12**). Le nombre de senneurs de l'Union européenne opérant dans l'Atlantique présente la même tendance avec une stabilisation possible en 2010, tel que les données provisoires le suggèreraient. En revanche, l'intensité de la pêche exercée par les flottilles de canneurs semble stable au cours des 20 dernières années.

La proportion de thon obèse par rapport aux autres espèces de thonidés tropicaux présentait des schémas différents en fonction des pêcheries. Dans le cas des canneurs des îles Canaries, la proportion de thon obèse dans la capture thonière présentait une variabilité interannuelle significative probablement due aux conditions environnementales interannuelles (**Figure 13**). Cette situation était différente dans le cas des canneurs opérant depuis Dakar (Sénégal) étant donné que la proportion de thon obèse a augmenté à la fin des années 1970 et a ensuite baissé à partir de la fin des années 1990. Bien que les flottilles de canneurs de Dakar et des îles Canaries opéraient en utilisant une stratégie de pêche différente (par exemple, en utilisant le bateau en soi en tant que DCP), depuis la moitié des années 1980 et le début des années 1990 respectivement, il n'a pas été démontré que l'augmentation résultant de la capturabilité modifiait la composition spécifique de la capture. La proportion de thon obèse dans la capture de senneurs de l'Union européenne a doublé depuis le début des années 1990 probablement en raison du développement d'opérations de pêche sous DCP, mais reste toutefois à un niveau faible, à environ 10 %. Le même effet apparaît de façon plus prononcée dans le cas des senneurs ghanéens étant donné qu'environ 70 à 80 % de ces captures sont réalisées sous DCP ou en association avec des canneurs (le thon obèse représente dans ce cas-ci 20 % de la capture de thonidés).

2.4.2 Indicateurs des pêcheries se rapportant à l'état de la ressource

Capture par opération de pêche

Même si le thon obèse n'est pas ciblé par les senneurs, tout changement dans la capture par opération de pêche fructueuse pour les opérations de pêche sous DCP est susceptible de donner un aperçu de l'impact de l'effort de pêche sur les juvéniles (**Figure 14**). Cet indicateur de taille de banc présente une baisse lente mais constante depuis le début des années 1990, qui coïncide avec le même schéma observé pour la proportion des thons obèses capturés sous objets flottants en même temps.

Poids moyen

La prise par taille en nombre et en poids correspondant (en utilisant la relation taille-poids) pour la période 1975-2009 a été utilisée pour estimer le poids moyen du thon obèse. L'analyse a été réalisée par engin de pêche pour les principales flottilles opérant dans l'Atlantique. La tendance du poids moyen au cours de cette période a présenté certaines incohérences pour quelques flottilles (valeurs élevées ou constantes au cours du temps) et par conséquent les données suivantes ont été éliminées :

- la prise par taille pour les senneurs espagnols pour la période comprise entre 1975 et 1979,
- la prise par taille pour les senneurs français de 2006 et
- la prise par taille ghanéenne pour la période comprise entre 1980 et 1987.

De manière générale, le poids moyen présentait une tendance descendante pour l'ensemble des séries temporelles avec une tendance relativement stable (10 kg approximativement) au cours de la dernière décennie (**Figure 15**). Le poids moyen du poisson présente des différences en fonction de l'engin de pêche. En moyenne, il s'agit d'un poids approximatif de 52 kg pour les palangriers, de 7 kg pour les canneurs et de 4 kg pour les senneurs combinés (3,6 kg sous DCP et 9,8 kg sur bancs libres).

L'analyse par engin indique qu'une tendance à la hausse du poids moyen pour les palangriers est apparue récemment (56 à 76 kg) s'expliquant principalement par l'augmentation du poids moyen des captures du Japon, du Taipei chinois et de la Corée (**Figure 16**).

En ce qui concerne les senneurs, le poids moyen du thon obèse a diminué constamment jusqu'en 1997 et oscillait entre 3 et 4,5 kg par la suite (**Figure 17**).

En ce qui concerne les canneurs, le poids moyen du thon obèse a baissé de manière globale au cours du temps, avec une légère augmentation au cours des quatre dernières années. D'importantes différences peuvent également être observées entre les diverses flottilles (**Figure 18**).

Une comparaison entre les tendances du poids moyen du thon obèse capturé sous DCP et sur bancs libres a également été réalisée (**Figure 19**). Le poids moyen dans le cas des captures réalisées sur bancs libres (12 kg) est beaucoup plus élevé que celui déclaré sous DCP (3,5 kg). Si l'on tient compte de la série temporelle complète, le poids moyen du thon obèse capturé sur bancs libres présentait une variabilité plus importante que celle observée dans le cas des opérations sous DCP, avec une tendance à la hausse au cours des 4 dernières années (17-25 kg).

2.5 Conversion de la prise par taille en prise par âge

2.5.1 Estimation de 2010 de la prise par taille du thon obèse

Les échantillons de fréquence de tailles et de prise par taille soumis par les CPC ont été utilisés afin d'estimer la prise par taille totale des débarquements de thon obèse dans le but d'élaborer la prise par âge. L'**Appendice 5** récapitule la strate année-flottille, l'absence d'informations de fréquence de tailles/prise par taille et les remplacements correspondants utilisés afin de développer la prise par taille totale. De manière générale, les remplacements ont été choisis à partir des caractéristiques semblables de flottille/engin et de zone d'opération pendant une année déterminée. Depuis la dernière évaluation de 2007 (Anon.2008), des modifications et des ajouts importants ont eu lieu en ce qui concerne les données de fréquence de tailles et de prise par taille ayant été soumises au Secrétariat. Les principaux ajouts/révisions sont les suivants :

- Révisions historiques des données de fréquence de taille et informations relatives à la prise par taille issues des principales pêcheries palangrières : Japon (2002-2005) ; Taipei chinois (2004-2005) ; pêcheries commerciales des États-Unis (2005).

- Ajout des données de fréquence de tailles historiques provenant de la flottille des Açores (UE-Portugal) (Doc SCRS 2009/190) comprenant des échantillons de 1975 à 1980 (bien que la série récupérée englobe la période 1965-1985).
- Ajout de fréquence de tailles de l'UE-Espagne (canneurs de Cantabrie) de 2002 à 2005.
- Ajout des fréquences de tailles des palangriers du Maroc (2003-2005) et du Mexique (2004).
- Redistribution de la catégorie de pêches NEI-ETRO dans les pêches flottille-pavillon correspondantes (BB et PS).
- Ajout de la série de prise de thon obèse de Tâche I (pavillon UE-France et UE-Espagne) se rapportant aux faux-poissons dans les estimations globales de prise par taille.
- La prise par taille a été élargie avec l'ajout des années 2006, 2007, 2008 et 2009 (estimations provisoires) et l'utilisation des fréquences de tailles/prise par tailles correspondantes issues de la base de données de l'ICCAT. La comparaison entre la Tâche I et le poids correspondant de la matrice de la prise par taille présente une différence inférieure à 1 % pour chaque année.

La matrice globale de prise par taille est présentée à l'**Appendice 5**. Les estimations de 2009 sont partielles et provisoires, étant donné que la fréquence de tailles/la prise par taille de quelques-unes des principales CPC n'était pas disponible (les fréquences de taille de 2008 ont été utilisées à la place).

2.5.2 Découpage des âges

La prise par taille a été convertie en prise par âge au moyen du découpage des âges. Les poissons ont été attribués à des classes d'âges conformément à la méthodologie utilisée pour l'évaluation du stock de thon obèse de 2007 du SCRS de l'ICCAT (Anon. 2008) postulant que la croissance suit l'équation de croissance de Hallier *et al.* de 2005 ($L_t = 217,28 (1 - \exp(-0,18(t + 0,709)))$). La classe d'âge dans ce cas implique que la cohorte au cours d'une année calendaire en postulant que la naissance (ou le point équivalent extrapolé rétrospectivement sur la courbe de croissance) a lieu le 1^{er} janvier. Des plafonds (limite supérieure de chaque classe d'âge par trimestre annuel) ont été calculés en ajoutant une moitié d'année à chaque âge trimestriel (âge « réel » à partir du 1^{er} janvier défini à la moitié de chaque trimestre) et en utilisant la taille prévue à cet âge, en postulant que la croissance ne varie pas de manière saisonnière (**Tableau 7**). De cette façon, une « fenêtre mobile » délimite chaque âge par trimestre, dont la limite inférieure est définie comme étant la taille prévue d'un poisson six mois plus jeune (ce qui correspond également à la limite supérieure de la classe d'âge plus jeune suivante pour ce trimestre) et dont la limite supérieure (plafond) est définie comme étant la taille prévue d'un poisson âgé de six mois de plus (**Figure 20**). Des poissons présentant des tailles s'inscrivant dans ce rang dynamique (c'est-à-dire supérieure à la limite inférieure et inférieure ou égale à la limite supérieure) ont été attribués à la même classe d'âge.

Par exemple, la limite supérieure pour les poissons d'âge 0 (les poissons du premier trimestre) a été prédite à partir de l'âge supérieur de 6 mois à l'âge de poissons d'âge 0 au milieu du premier trimestre (défini comme 0,125 an). En d'autres termes, la limite supérieure (46 cm) a été prédite à partir de l'âge de 0,625 an (**Figure 20**).

La routine de découpage des âges a été codée en FORTRAN au cours des évaluations antérieures des stocks. Afin d'améliorer la flexibilité, la routine a été codée en utilisant SAS ®. Après avoir confirmé que les matrices totales de la prise par âge coïncidaient en utilisant les deux approches, la routine codée en SAS ® a été utilisée afin de produire les différentes matrices de prise par âge requises comme valeurs d'entrée de la VPA (**Tableau 8**, **Figure 21**).

Des comparaisons ont été réalisées entre les nouvelles matrices de prise par âge et celles élaborées dans le cadre de l'évaluation de 2007. Bien que certaines modifications notables ont été constatées entre certaines matrices, des changements connus de la base de données de prise par taille (par le biais de nouveaux rapports, de révisions, de corrections, d'ajouts de faux poisson, de changements dans la définition de la pêcherie correspondant à des indices de CPUE, etc.) semblent pouvoir expliquer ces différences.

2.5.3 Élaboration stochastique de la prise par âge

L'élaboration de la prise par âge destinée à être utilisée dans la VPA est traditionnellement effectuée au moyen du découpage des âges prédisant l'âge à partir de la taille en utilisant l'inverse de la courbe de croissance de Von Bertalanffy, c'est-à-dire :

$$a = t_0 - \log(1 - l) / K$$

Une alternative consiste à ajuster statistiquement la taille par âge en postulant que la distribution de fréquence de tailles est une somme pondérée d'un ensemble de densités k , c'est-à-dire :

$$g(x|\mu, \sigma) = \pi_1 f(x|\mu_1, \sigma_1) + \dots + \pi_k f(x|\mu_k, \sigma_k)$$

Dans lequel cas les paramètres sont les proportions de mélange, les moyennes et les écarts-types des distributions des composantes.

L'ajustement statistique de la taille par âge peut être effectué en utilisant le package mixdist sous R (<http://www.math.mcmaster.ca/peter/mix/mixdist.pdf>). Une comparaison plus complète des statistiques de prise par âge et de découpage des âges est présentée dans SCRS/2010/088.

La **Figure 22** présente les fréquences de tailles observées (en bleu), les modes de fréquence de tailles ajustés (en rouge), la distribution de tailles ajustée (ligne verte continue) et la taille par âge (ligne verte verticale). Dans le découpage des âges, la zone entre les lignes verticales fournit les nombres par âge, tandis que dans les alternatives statistiques, les nombres par âge sont obtenus par la zone selon la distribution de composantes correspondantes.

Après avoir choisi la distribution, trois paramètres peuvent être estimés, à savoir la proportion, la taille moyenne et la dispersion. S'il existe suffisamment d'informations dans les données permettant d'estimer les premiers modes, les informations sont plus restreintes aux fins de l'estimation de tous les paramètres pour les âges plus avancés où il existe un chevauchement considérable entre les tailles des différents âges. De même, les fréquences de tailles observées ne se limitent pas seulement à une fonction de croissance mais également à la sélectivité des pêcheries. Dès lors, la taille moyenne des deux premiers âges a été estimée et le CV a été limité au même niveau pour tous les âges. Cela signifie que pour estimer huit âges, onze paramètres ont été estimés (huit proportions par âge, les tailles moyennes d'âges 0 et 1 et le CV des modes). Les connaissances préalables sous forme de courbes de croissance, de variabilité de la croissance et de sélectivité de tailles contribueront à améliorer l'ajustement.

Le **Tableau 9** compare la proportion estimée par âge sur la base du découpage des tailles et de l'estimation statistique de la prise par taille. De manière générale, il y a davantage de poissons d'âge 0 et moins d'âge 1 en utilisant la méthode statistique. Le **Tableau 10** compare la croissance sur la base de la courbe de croissance postulée von Bertalanffy et les valeurs estimées (seuls les âges 0 et 1 sont estimés). La taille à l'âge 1 est supérieure à celle prédite sur la base de la courbe de croissance probablement car le poisson d'âge 0 n'a pas entièrement été sélectionné par la pêcherie.

3 Méthodes et autres données pertinentes pour l'évaluation

3.1 Modèles de production

Différents modèles de production excédentaire (SPM) ont été appliqués aux pêcheries de thons obèses de l'océan Atlantique (*Thunnus obesus*) au cours de la réunion du Groupe de travail afin d'évaluer l'état actuel du stock et de fournir des points de référence aux gestionnaires des pêcheries. Bien que les modèles de la biomasse manquent quelque peu de réalisme étant donné qu'ils ne sont pas en mesure de tenir compte des changements des schémas de pêche et ne représentent pas explicitement la complexité de la structure démographique des stocks halieutiques (par exemple les variations de la mortalité naturelle avec l'âge) et le processus de reproduction, ils sont toutefois considérés comme étant des outils solides permettant d'évaluer la réponse dynamique des populations de poissons à l'exploitation et, éventuellement, de fournir un avis scientifique de l'état des stocks (Ludwig & Walters 1985, Hilborn & Walters 1992, Laloë 1995, Prager 2000). Les SPM comprenaient les formes fonctionnelles logistique et généralisée et ont été ajustés en fonction des différentes méthodes, selon les logiciels d'intérêt. Le fait de tenir compte des divers types de SPM fondés sur différentes méthodes d'estimation pourrait aider à refléter l'incertitude du modèle.

3.1.1 Saisie de données pour les modèles de production excédentaire

La prise totale pour la période 1950-2009 a été estimée pendant la réunion de préparation des données d'avril 2010 (SCRS/2010/011) et mise à jour pendant la réunion du Groupe de travail à partir des données de Tâche I de l'ICCAT. Les indices d'abondance combinés ont été calculés à partir des neuf séries temporelles des taux de capture standardisés disponibles pour la pêcherie (cf. point 2). Six nouveaux indices combinés ont été calculés

pendant la réunion du Groupe de travail selon les différentes méthodes de pondération et de sélection des données (**Tableau 11**).

3.1.2 ASPIC

La version 5.34.8 du logiciel ASPIC a été utilisée pour ajuster des modèles généralisés de production (Pella-Tomlinson) et des modèles logistiques de production (Schaefer). Dans le scénario d'ASPIC, douze cas de base (scénarios 1 à 12) ont été considérés et sont récapitulés dans le **Tableau 12**. Les résultats d'ASPIC peuvent être fonction des valeurs initiales des paramètres utilisés, le type de la fonction de production (logistique ou généralisée) et selon si tous les paramètres sont estimés ou si certains sont fixés. Afin d'explorer cette sensibilité, huit scénarios de sensibilité ont été appliqués pour chaque cas en tenant compte de quatre combinaisons de paramètres initiaux, particulièrement la capturabilité q (2.0000E-06 ou 2.0000E-04), et la limite supérieure de k (2.0000E+06 ou 4.0000E+07), et en choisissant d'estimer ou de fixer B_1/K . Par conséquent, 96 scénarios ont été générés au total dans le but de sélectionner les valeurs initiales, la fonction de production et la stratégie d'ajustement les plus adéquats dans chaque cas. Ces scénarios n'ont pas tous convergé avec succès. Une sélection ultérieure a été réalisée parmi ceux qui convergeaient efficacement afin de déterminer le scénario le plus approprié pour chaque cas. En premier lieu, la forme généralisée ou logistique du modèle de production a été choisie pour un cas déterminé en réalisant un test F. En deuxième lieu, les scénarios qui fournissaient des résultats de paramètre considérés comme n'étant pas plausibles ($F/F_{PME} > 3$) élevé au cours des dernières années, $B/B_{PME} > 10$ élevé et B/B_{PME} faible (se rapprochant de 0) au début de la série temporelle) ont été rejetés et n'ont pas été retenus pour des analyses ultérieures.

L'examen par bootstrap (1.000 fois) et les projections ont été réalisés pour tous les autres cas. Finalement, les résultats du bootstrap pour tous les autres cas ont été combinés dans une seule matrice afin de contribuer à la définition de l'incertitude.

3.1.3 Modèle PROCEAN

Le modèle PROCEAN (« PRoduction CATCH-Effort ANalysis », Analyse de production de prise/effort) est un modèle de dynamique de la biomasse basé sur le modèle généralisé de production excédentaire de Pella et Tomlinson (1969) qui permet de séparer les différentes flottilles de pêche en ciblant le stock (Maury 2001-2002). Dans PROCEAN, un schéma numérique semi-implicite est utilisé pour intégrer l'équation différentielle ordinaire de Pella et Tomlinson (1969) de manière à réaliser des prévisions des prises (Fournier, 1996). Dans la présente analyse, aucun processus de marche aléatoire log-normal n'a été considéré pour modéliser la variabilité de la capacité de charge du stock et/ou de la capturabilité des flottilles individuelles. Des calculs ont été effectués en utilisant *AD Model Builder* (Fournier, 1996). Il s'agit d'un outil flexible, stable, efficace et adapté aux fins de l'estimation des paramètres du modèle non linéaire (Maunder 2000, 2004), fondée sur la différenciation automatique (Griewank et Corliss 1991). Les paramètres ont été estimés sur la base de la méthode du maximum de la distribution *a posteriori* (Bard 1974) en minimisant la fonction objective totale, qui comprend les composantes de vraisemblance log-négative et les contributions de probabilité *a priori*. Les distributions *a posteriori* des paramètres du modèle peuvent également être estimées en utilisant l'approche de simulation Markov-Chain Monte Carlo (MCMC) à partir de paramètres au mode de la distribution *a posteriori*. Dans ce cas, l'algorithme de Hastings-Metropolis appliqué dans *AD Model Builder* est utilisé. Des affirmations de confiance sur les paramètres ont été déduites à partir des estimations de la matrice hessienne au mode de la distribution *a posteriori* (Fournier, 1996).

Sorties du modèle

Dans un premier temps, quelques essais initiaux d'ajustement de PROCEAN ont été réalisés sur la base des séries temporelles d'indices d'abondance disponibles pour les différentes flottilles de pêche capturant du thon obèse, à savoir les palangriers des États-Unis, du Japon, d'Uruguay, du Brésil, du Taipeï chinois, du Maroc et les canneurs des Açores (cf. point 2). Une réduction du nombre de séries temporelles a ensuite été appliquée en excluant progressivement les séries temporelles de la CPUE du Maroc, du Brésil et de l'Uruguay qui étaient considérées comme étant trop courtes, brouillées par le bruit ou non représentatives de la pêcherie. Dans tous les cas, aucun ajustement statistique débouchant sur des résultats biologiquement cohérents n'a été obtenu principalement en raison d'informations contradictoires des données standardisées de la CPUE. Cette conclusion est conforme aux essais réalisés précédemment par des Groupes de travail afin d'ajuster les diverses séries de la CPUE à Aspic (Anon, 2005).

Dans un second temps, le Procean a été ajusté aux séries temporelles 1, 2, 4, et 6 des indices d'abondance combinés (**Tableau 13**). Les limites des paramètres et les pénalisations dans la forme des distributions *a priori* ont été utilisées pour réduire l'espace des paramètres permettant l'exploration par le biais de processus

d'estimation (**Tableau 13**). Les limites des paramètres ont été définies conformément aux informations biologiques et aux connaissances d'experts. Les informations ont été appliquées au modèle en fixant la valeur de la biomasse de l'année initiale (scénarios 1 et 4) ou par le biais d'une distribution *a priori* informative (séries 2 et 3). Les valeurs moyennes de 0,8 et de 0,85 ont été prises en compte pour les distributions *a priori* de B0/K pour les séries temporelles de l'indice d'abondance débutant en 1971 et 1968 respectivement. Ces valeurs ont été choisies conformément au début de la pêcherie du thon obèse au début des années 1950. Des distributions *a priori* informatives ont également été utilisées pour le paramètre du taux de croissance *r* dans le cas des scénarios 2 et 3, sur la base des informations disponibles dans le rapport de la réunion d'évaluation de 2007 (Anon, 2008).

3.1.4 Modèle de production bayésienne

Un modèle bayésien de production excédentaire, tel qu'utilisé dans l'évaluation du voilier en 2009 (Anon. 2010), a été ajusté à la série temporelle de la CPUE. Des distributions *a posteriori* ont été calculées sur la base d'un algorithme d'échantillonnage adaptatif en fonction de l'importance (AIS) et d'échantillonnage avec rééchantillonnage en fonction de l'importance (SIR) (Andrade et Kinias 2007). Le modèle a été appliqué à l'ensemble des séries temporelles des indices d'abondance combinés décrits dans le **Tableau 11** à l'exception des séries temporelles non pondérées (série 5).

Distributions a priori

Au terme d'une discussion au sein du Groupe de travail, deux ensembles de distributions *a priori* informatives et non informatives ont été utilisées sur la base de distributions de Student multivariées. Les priors informatifs se basaient sur des informations disponibles dans le rapport de la réunion d'évaluation de 2007 alors que les priors non informatifs étaient « plans ». Les densités marginales des priors utilisées dans les modèles sont présentées dans la **Figure 23**.

Sorties du modèle

Dix scénarios ont été réalisés selon une combinaison de priors et de jeux de données (cf. **Tableau 14**). Lorsque l'algorithme AIS/SIR est utilisé, certains critères peuvent être appliqués afin de vérifier si la fonction d'importance se rapproche de la véritable fonction *a posteriori* avant d'extraire un échantillon final au moyen du SIR. Le critère d'entropie a été utilisé et les résultats sont présentés dans le **Tableau 14**. Les valeurs d'entropie proches de 1 montrent que la fonction d'importance est similaire à la distribution *a posteriori*, dès lors seuls les scénarios dans lesquels l'entropie était supérieure à 0,9 ont été considérés. Par conséquent, les résultats des analyses des quatre scénarios ont été rejetés. Seuls les résultats des autres scénarios sont présentés ci-après. Il s'agit des scénarios suivants : (i) données pondérées par région - prior informatif, (ii) données pondérées par région - prior non-informatif, (iii) données pondérées par capture - prior informatif, (iv) données pondérées par capture - prior non informatif, (v) données pondérées par capture, mais en rejetant les données du Japon antérieures à 1970 - prior informatif et (vi) données pondérées par capture, mais en rejetant les données du Taipei chinois antérieures à 1970 - prior informatif.

3.2 MULTIFAN-CL

Le rapport de la réunion de préparation des données du thon obèse de 2010 (SCRS/2010/011) fournit une explication détaillée des données incluses dans l'évaluation de MFCL de 2010. Toutes les données incluses dans le modèle ont été préparées au cours de cette réunion, à l'exception des séries de CPUE mises à jour pour les flottilles qui opèrent encore (4 - 6 et 8 - 15). Ces indices ont été préparés pendant la période intersession en utilisant les méthodes convenues et décrites dans le rapport de la réunion de préparation des données sur le thon obèse de 2010. Le document SCRS/10/091 décrit les spécifications du modèle initial postulées pour un scénario de « continuité » se fondant sur les spécifications du modèle utilisé dans l'évaluation de 2007, mais en utilisant des données allant jusqu'en 2008. Le modèle comprenait également des données historiques à partir de 1950 pour certaines pêcheries, en prolongeant le début du modèle à partir de 1961 (comme cela avait été postulé en 2007).

Le seul principal changement de postulat entre 2007 et 2010 concernait la mortalité naturelle. En 2007, la mortalité naturelle avait été estimée dans le modèle alors que le modèle décrit dans le document SCRS/10/091 fixait le vecteur de M par âge à celui calculé en 2007 (**Figure 24**). Étant donné que le Groupe a identifié plusieurs motifs de préoccupation entourant le modèle mis à jour, le Groupe a examiné plusieurs scénarios alternatifs afin de remédier à ces préoccupations. Ces scénarios alternatifs sont répertoriés dans le **Tableau 15**.

3.3 VPA

3.3.1 VPA-2BOX

Le Groupe de travail a examiné trois formulations de modèles de VPA auxquelles la préférence avait été accordée. Tous ont utilisé le logiciel VPA-2BOX (version 3.01) et utilisaient les données de prise par âge spécifiées dans le **Tableau 16**. Les postulats biologiques utilisés pour les scénarios étaient les suivants :

$$\text{Mortalité naturelle (M)} = \text{Ages } 0-1 = 0,8. \text{ Ages } 2-7+ = 0,4$$

Les paramètres biologiques utilisés pour la VPA sont les mêmes que ceux employés lors de l'évaluation sur le thon obèse de 2007. Les paramètres de croissance Von Bertalanffy d'Hallier *et al.* (2005) : $k=0,180 \text{ an}^{-1}$, $L_{\infty} = 217,3 \text{ cm}$ et $t_0 = -0,709 \text{ an}$, et l'équation poids-taille de Parks *et al.* 1982 : Poids (kg) = $2,396 \text{ E}^{-5} * \text{FL} (\text{cm})^{2,9774}$ ont été utilisés pour estimer l'âge du groupe-plus.

La fécondité a été estimée à l'aide d'un indice approchant, %Maturité * Poids par âge du stock (calculé sur la base de la courbe de croissance au 1^{er} janvier). En ce qui concerne la fécondité du groupe-plus, il a été postulé que la population était composée de 50% d'individus d'âge 7 et de 50% d'individus d'âge 8.

	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7+
% maturité	0	0	0	0,5	1	1	1	1
Poids (kg)	0,393	4,16	12,78	25,56	41,15	58,21	75,60	100,50

La VPA utilisait tous les indices d'abondance disponibles (**Tableau 17**). Les indices ont été pondérés de la même façon et l'on a assigné à chaque estimation d'abondance annuelle un CV = 0,2. La vulnérabilité a été estimée à l'aide des captures partielles spécifiques aux flottilles. Celles-ci sont récapitulées au **Tableau 18**. Quatre indices ont été spécifiés en biomasse (palangriers d'Uruguay, phase initiale de la période, palangriers d'Uruguay, phase finale de la période, canneurs des Açores et DCP des senneurs de l'Union européenne). Pour ceux-ci, la VPA-2BOX nécessite des matrices de poids par âge spécifiques aux flottilles. Elles ont été bâties à partir des données de la prise par taille de la Tâche II (**Tableau 19**).

Les spécifications de l'estimation des paramètres VPA-2BOX sont résumées au **Tableau 20**. Une pénalisation (Dév. Std = 0,4) a été appliquée aux déviations de vulnérabilité des âges 0-7 au cours de 2006-2008 afin d'empêcher que ces estimations ne connaissent de fortes fluctuations. Les paramètres de F terminal ont été estimés pour les âges 1, 4, 5 et 6. Le F terminal d'âge 0 a été fixé à 1,08 fois l'estimation de l'âge 1. Les F terminaux d'âge 2 et d'âge 3 ont été fixés à 0,57 et 0,73 fois l'estimation d'âge 4, respectivement. Ces valeurs ont été déterminées au moyen des résultats d'une VPA séparable (voir ci-après).

Les F-ratios (âge 7+ relatif à l'âge 6) ont été modélisés en estimant le ratio en 1975, puis en permettant une marche aléatoire (SD = 0,2). Cette option donne une certaine flexibilité au modèle lui permettant de mieux s'ajuster aux données, mais il n'est pas nécessaire d'estimer tous les F-ratios comme des valeurs indépendantes, ce qui entraînerait probablement un surparamétrage.

3.3.2 VPA séparable

La **Figure 25** présente une analyse de la courbe de capture par décennie des données de prise par âge, tandis que la **Figure 26** présente une VPA séparable des mêmes données. L'analyse de la courbe de capture fournit une estimation de Z alors que l'analyse séparable fournit une estimation de F. Des schémas similaires sont observés dans les deux figures, à savoir une augmentation de la mortalité des plus jeunes âges au cours des décennies ultérieures. Dans les années 1980 l'analyse de la courbe de capture présentait un Z élevé pour les plus jeunes âges, ce qui pourrait s'expliquer par un M plus élevé à ces âges étant donné que cela n'est pas apparu dans la VPA séparable. Toutes les modélisations ont été réalisées en utilisant FLR sous R.

3.4 Autres méthodes

3.4.1 Modèles de production structurés par âge

Une comparaison entre les modèles types simples structurés par âge de production des stocks et les modèles types plus complexes pleinement intégrés a été présentée dans le document SCRS/10/092. L'objectif principal de cette étude consistait à évaluer les résultats de l'utilisation des configurations simples du modèle de production des stocks par rapport aux configurations plus complexes du modèle pleinement intégré lorsqu'ils s'ajustent aux

données sur le thon obèse de 2007 et aux données les plus récentes de 2010. Le nombre de paramètres estimés pour chacun des modèles oscillait entre 3 et 146. Toutes les configurations du modèle ont été conçues en utilisant le modèle ASPIC ou le Stock Synthèse (SS). Le cadre SS a été configuré pour un modèle simple de production des stocks ainsi que pour un modèle plus complexe pleinement intégré. Les sept configurations du modèle ont estimé des résultats quelque peu similaires, mais avec quelques différences importantes. Les configurations du modèle type de production des stocks, tant du modèle ASPIC que SS, tendaient à estimer la stabilité récente au sein du point de référence B/B_{PME}. Les configurations du modèle pleinement intégré, d'autre part, estimaient une baisse plus marquée au sein du même point de référence pour la même période, même si elles ne coïncidaient pas entièrement quant à la valeur absolue de B/B_{PME} pour l'année terminale. Ces différences peuvent s'expliquer en partie par le fait que les modèles pleinement intégrés ne postulent pas que tous les poissons sont sélectionnés de la même manière et complètement par chaque pêcherie. Cela pourrait être particulièrement important étant donné que la taille moyenne du thon obèse connaît une baisse constante. Compte tenu du niveau élevé de variabilité de la sélectivité des flottilles qui exploitent le thon obèse et de la quantité de données disponibles alimentant le modèle d'évaluation, cette étude est arrivée à la conclusion que les évaluations effectuées avec le modèle d'évaluation pleinement intégré permet d'obtenir des observations importantes qui pourraient échapper au modèle de type « production des stocks ». Les conclusions de cette étude comprenaient : (1) Bien que le modèle ASPIC_07 obtenait un ajustement satisfaisant, certains paramètres du modèle SS_ASPIC_07 ont été limités au cours de l'estimation, (2) la « stabilisation » récente de la B/B_{PME} estimée par les modèles de production des stocks n'apparaissait pas clairement dans les modèles pleinement intégrés. Cela pourrait s'expliquer par le postulat de la sélectivité complète réalisée par les modèles de production des stocks. La diminution constante de la taille moyenne observée du thon obèse peut être à l'origine de cette différence. Cette observation pourrait être mieux saisie par une VPA ou par une approche de modélisation pleinement intégrée.

D'autres modèles de SS configurés en tant que modèle de production structuré par âge ont été réalisés au cours de la réunion. Quatre configurations ont été examinées. Chacune d'entre elles utilisait l'un des quatre indices combinés convenus (1. pondéré par capture; 2. uniquement à partir de 1971 ; 3. à l'exception des années antérieures à 1970 pour le Taïpei chinois ; 4. à l'exception des années antérieures à 1970 pour le Japon). L'analyse MCMC a été réalisée pour chacun de ces modèles afin de produire des distributions de probabilité concernant les paramètres estimés et provenant des critères de gestion. La forme des distributions des estimations de l'inclinaison (qui s'apparente à r) était souvent délimitée (**Figure 27**, jeu de données 1 et jeu de données 3) ou relativement grande dans la déviation type (jeu de données 2 et jeu de données 4). Ceci semble indiquer qu'il n'existe peut-être pas de signal clair dans les séries temporelles combinées de CPUE à l'égard de la productivité des stocks. Dès lors, à l'instar de ce que les scénarios bootstrap d'ASPIC ont fait apparaître, les estimations actuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} doivent être considérées en conséquence (**Figure 28**).

3.4.2 Modèles pleinement intégrés

La configuration du modèle SS pleinement intégré est détaillée dans le document SCRS/10/92. Il a été considéré que le scénario « SS_fix » correspondait à la configuration du modèle de base. La précédente structure du modèle MFCL 2007 a été conservée, avec 8 classes d'âge annuelles, trois régions de pêche et quatre trimestres (de trois mois). Il a été fixé que le recrutement se produise de la même manière pour chaque trimestre (à savoir 25 %), avec 5 % ayant lieu dans les zones 1 et 3 et 90 % dans la zone 2. Lorsqu'ils ont atteint l'âge_1, les poissons ont été autorisés à se déplacer entre les zones 1 et 2 ainsi qu'entre les zones 2 et 3. Le calendrier MFCL de l'âge de maturité de 2007 a été utilisé tel quel. Les valeurs biologiques ont été fixées au même niveau en ce qui concerne la mortalité naturelle (0,8 pour l'âge 0 et 1, 0,4 pour tous les âges suivants), les paramètres de croissance von Bertalanffy et la variation de la taille par âge, la relation taille-poids, la maturité et la contribution reproductrice par âge. Les cohortes de croissance, les changements de séries temporelles de la sélectivité des pêcheries et les paramètres biologiques n'ont pas été utilisés. Les paramètres estimés comprenaient les paramètres de mouvement, R0, l'inclinaison, les déviations de recrutement annuel, la mortalité par pêche initiale, la capturabilité globale de la flottille et les paramètres de sélectivité fondés sur la taille. Un total de 120 paramètres a été estimé.

4 Résultats de l'état du stock

4.1 Modèles de production

4.1.1 ASPIC

Les paramètres des valeurs d'entrée pour tous les cas sont illustrés au **Tableau 12**. Les indices de CPUE combinés ainsi que les données de capture utilisés pour les analyses sont présentés dans le **Tableau 21**. Le

Tableau 23 présente les 39 scénarios de sensibilité convergeant n'ayant pas été réalisés par bootstrap (**Tableau 22**) et le pourcentage de scénarios de sensibilité fructueux convergeant pour chacun des douze cas. Les séries temporelles de B/B_{PME} et de F/F_{PME} de tous les scénarios convergeant sont présentés à la **Figure 29**. Une sélection a ensuite été réalisée de quatre cas remplissant les critères de production de résultats plausibles. Ces derniers ont été choisis pour un examen par bootstrap (**Figure 30**). Les paramètres des valeurs d'entrée des quatre autres scénarios par bootstrap sont présentés au **Tableau 24**. Parmi ceux-ci, trois scénarios par bootstrap (scénarios 03, 05 et 06) ont été réalisés étant donné que l'examen par bootstrap du scénario 07 n'a pas été concluant.

Les résultats fondés sur les trois cas suggèrent que le niveau d'exploitation de ces dernières années présentait des cas différents (le ratio B_{2009}/B_{PME} varie de 0,716 à 1,379 et le ratio F_{2009}/F_{PME} varie de 0,752 à 1,252, cf. **Figures 31-33** et **Tableau 25**). Les diagrammes de phase combinée de trois cas sont présentés à la **Figure 34**. Les médianes de B_{2009}/B_{PME} et F_{2009}/F_{PME} estimées à partir des 3000 résultats par bootstrap découlant de la combinaison des résultats des trois cas s'élevaient à 1,052 et 0,950, respectivement, ce qui est légèrement supérieur au niveau que produit la PME. Il est estimé que la PME oscille entre 84.220 t et 98.290 t (**Tableau 25**), ce qui se rapproche de la capture de 2009 (87.926 t).

Projections

Des projections de population par bootstrap ont été réalisées à l'aide du modèle ASPIC (cf. section 3.1) avec les trois cas (scénarios 03, 05 et 06). La capture de 2010 a été établie comme la capture déclarée de 2009 (87.926 t) et par la suite (2011-2020) des politiques de capture constante de 50 000, 60 000, 70 000, 80 000, 90 000, 100 000, 110 000 et 120 000 t ainsi que des scénarios de F constant (se rapportant au F récent, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 100 % et 110 %) ont été menés. Des estimations ponctuelles indiquent que le stock devrait se rétablir si les captures constantes futures de chaque cas sont inférieures à 80 000 t, 70 000 t et 90 000 t, respectivement (un niveau identique ou inférieur à la PME estimée (de 84.220 t à 98.290 t) par ASPIC, et si les F constants (se rapportant au F récent) de chaque cas sont supérieurs à 90 %, 90 % et 100 % respectivement (**Figures 35-37**). Les trajectoires de la médiane de la biomasse ainsi que les limites de confiance de 80 % pour chaque politique de capture constante sont illustrées aux **Figures 38-40**. La **Figure 41** présente la probabilité selon laquelle la mortalité par pêche F est inférieure à F_{PME} et que B est inférieure à B_{PME} selon les calculs utilisant les projections de la biomasse de 2010 à 2030 et en prenant en considération diverses valeurs de capture constante de 60 000 à 110 000 t.

4.1.2 Modèle PROCEAN

Les modèles s'ajustaient correctement aux données de capture bien que les valeurs résiduelles du début de la série temporelle se fondaient sur le postulat de normalité (**Figure 42**). Les estimations des paramètres du modèle et des paramètres de gestion des pêcheries associés sont présentées aux **Tableaux 26** et **27** respectivement. Le paramètre de forme m du modèle de production généralisé oscillait entre 1,16 et 4,41 (**Tableau 26**), ce qui faisait apparaître des changements importants de la forme de la courbe fonctionnelle en fonction de la série temporelle de données utilisée. De la même façon, le paramètre du taux de croissance r s'inscrivait dans une fourchette variant de 0,12 à 0,81. Ces variations peuvent s'expliquer par les changements importants observés au début de la série temporelle disponible de l'indice d'abondance qui ont été examinés ailleurs (par ex. Polacheck 2006). Les estimations de la PME oscillaient entre environ 64 000 t et 100 000 t en fonction de la sélection de données dans les années 1960. La série temporelle plus courte de l'indice d'abondance, à savoir 1971-2008, a produit la valeur de PME la plus basse (64 000 t) et à une situation de surpêche à la fin de la première décennie 2000 ($F_{2008} > F_{PME}$ et $B_{2008} < B_{PME}$).

D'une manière générale, les 4 sorties du modèle présentaient une évolution relativement similaire du ratio de la biomasse (B/B_{PME}) et (F/F_{PME}) à travers le temps, passant d'une situation de sous-exploitation dans les années 1970 et 1980 à une situation de surpêche dans les années 1990 (**Figure 43**). Cependant, les modèles ont conduit à des diagnostics différents au cours des dernières années 2000, selon le type de pondération utilisée. Les sorties du modèle 1-3 étaient relativement similaires et ont suggéré une diminution de la mortalité par pêche à partir du début des années 2000 jusqu'en 2008 alors que la sortie du modèle 4 présentait une diminution plus marquée de la mortalité par pêche F et une augmentation concomitante de la biomasse B (**Figure 43**).

4.1.3 Modèle de production bayésienne

La **Figure 44** illustre les distributions *a posteriori*. Le Groupe de travail a estimé que, malgré le fait qu'il n'existe pas de convergence de l'importance vers la fonction *a posteriori* dans l'analyse des jeux de données

pondérées par les captures avec des priors non-informatifs, les estimations des paramètres n'étaient pas cohérents biologiquement. Par conséquent, ces résultats n'ont pas été considérés ultérieurement. Toutes les distributions *a posteriori* présentaient des différences par rapport aux priors, ce qui reflète que les données ont été quelque peu informatives. Les ajustements du modèle qui se sont avérés cohérent avec la biologie du thon obèse et les connaissances sur la pêcherie du thon obèse sont présentés à la **Figure 45**. Dans tous les scénarios, les ajustements du modèle étaient relativement bons à partir de la fin des années 1970. À l'exception du modèle ajusté à la série 5 de l'indice d'abondance (jeu de données dans lequel les données du Japon avant 1970 n'ont pas été considérées), tous les scénarios présentaient une nette tendance à la hausse après le début des années 2000.

Un résumé des points de référence fondés sur les distributions *a posteriori* est présenté dans les **Tableaux 28-32**. À l'exception des résultats obtenus sur la base de la série temporelle 5, tous les résultats sont optimistes par rapport à l'état du stock. Dans ces cas-là, la biomasse du stock des dernières années serait plus élevée que la biomasse à la PME (B_{PME}) alors que la mortalité par pêche actuelle serait plus basse que la mortalité par pêche à la PME (F_{PME}).

Les diagrammes de phase indiquent que le stock du thon obèse pourrait avoir fait l'objet d'une surpêche ($F > F_{PME}$ et $B < B_{PME}$) au début des années 2000, alors que la probabilité que $F/F_{PME} < 1$ et $B/B_{PME} > 1$ actuellement est relativement élevée (**Figure 46**). Seules les sorties du modèle réalisées pour l'indice d'abondance à l'exception des données des palangriers japonais avant 1970 suggèrent que le stock puisse actuellement faire l'objet de surpêche.

Projections

Afin d'évaluer les conséquences des valeurs alternatives de TAC, les modèles ont été appliqués dans le but d'estimer les projections de la biomasse selon différents scénarios fondés sur l'échantillonnage *a posteriori* des paramètres. Les projections n'incluaient pas l'erreur de processus. La biomasse du stock a été projetée pour 2010-2030 au moyen des valeurs de TAC oscillant entre 60 000 et 110 000 t. Les projections de la médiane sont présentées à la **Figure 47**. Le scénario le plus optimiste s'est présenté lorsque les données pondérées par zone étaient utilisées (**Figure 47**). Les résultats obtenus lorsque les données du Japon d'années antérieures à 1970 étaient rejetées offraient le scénario le plus pessimiste.

Ces résultats ont été utilisés pour calculer la probabilité selon laquelle la mortalité par pêche (F) est plus importante que F_{PME} et que B est inférieur à B_{PME} pour l'ensemble des années et de valeurs de TAC utilisées dans les simulations (**Figure 41**). Tel qu'indiqué ci-dessus, le scénario le plus pessimiste s'est présenté lorsque les données du Japon antérieures à 1970 n'étaient pas considérées. Dans d'autres scénarios, les médianes *a posteriori* pour B/B_{PME} étaient toutes supérieures à 1 tandis que les médianes pour F/F_{PME} étaient inférieures à 1.

4.2 Multifan-CL

Résumé des résultats. Le **Tableau 33** résume les résultats obtenus des divers scénarios réalisés pendant la réunion. Le Groupe de travail n'a pas choisi de cas de base pour élaborer des avis de gestion. Cependant, il a été accordé que les résultats étaient utiles pour tester les postulats du modèle et les implications de l'inclusion ou de l'exclusion de certaines données. Des commentaires sur diverses options de modèles sont fournis ci-dessous.

Scénario de continuité. Bien que le scénario 1 ait été présenté dans un premier temps comme un scénario de continuité (SCRS/10/091), il comprenait une série temporelle remontant à 1950 et présentait un vecteur M par âge légèrement différent à celui du scénario de continuité de 2007. Le scénario 3 a ainsi été conçu en y incluant la même date de départ et le même vecteur M par âge que ceux utilisés lors de l'évaluation de 2007 et le Groupe l'a par conséquent considéré en tant que scénario de continuité. La série temporelle des principaux résultats du scénario 3 est présentée à la **Figure 48**.

Informations de marquage. Le modèle comportant trois régions excluant les données de marquage (scénario 2) a produit des résultats beaucoup plus optimistes avec une augmentation des estimations du recrutement et de la biomasse (**Table 33** et **Figure 49**). La PME était deux fois plus élevée que dans la sortie du modèle de continuité. Cela pourrait indiquer que les données de marquage contiennent d'importantes informations relatives au mouvement des thons entre des régions et à la distribution relative du recrutement, lorsque les données de marquage ne sont pas considérées, le modèle postule des quantités élevées de biomasse non pêchée dans les régions 1 et 3 et postule également que tous les recrutements se répartissent de la même façon dans les différentes régions. Les données de marquage tendraient à indiquer que des mouvements réduits ont lieu entre les régions et que dès lors le recrutement se concentre dans la région 2.

Effet du postulat sur la capturabilité : Le Groupe s'est dit préoccupé par le fait que les séries temporelles de capturabilité, notamment pour la pêcherie 5 qui dégageait une capturabilité descendante dans le temps, étaient irréalistes. Par conséquent, un scénario alternatif a été réalisé en supprimant l'estimation d'une série temporelle dans la capturabilité (Scénario 4). Cela a donné lieu à un modèle doté d'estimations de la biomasse plus optimistes, ainsi que de points de référence associés de la PME (**Tableau 33**). Ceci est probablement dû au postulat supprimant également les séries temporelles de capturabilité ascendantes pour plusieurs pêcheries de senneurs.

Effet de M. Dans les scénarios 6 et 8, le vecteur de M par âge était différent de la valeur calculée par MFCL en 2007 et utilisée pour le scénario de continuité. Malheureusement, le Scénario 6 n'a pas été en mesure de faire correspondre avec précision le vecteur M par âge de la VPA et il ne sera donc pas examiné plus avant. En général, le vecteur de M par âge a eu un effet important sur le modèle, les vecteurs supérieurs de M (Scénario 4) produisant des sorties du modèle plus optimistes que le modèle utilisant le vecteur de M par âge de la WCPFC (Scénario 8) (**Tableau 33** et **Figure 50**).

Effet de la variabilité du recrutement. Le Groupe s'est montré préoccupé par le fait que les deux modèles intégrés (SS3 et MFCL) ont fait apparaître des chutes à la fois du recrutement et de la biomasse globale au cours des toutes dernières années du modèle, tandis que certains modèles de production excédentaire ont fait apparaître une stabilisation, ou même un rétablissement de la biomasse au cours des dernières années du modèle. Il a donc été suggéré que les modèles MFCL tentaient d'expliquer une chute de la capture au cours de ces dernières années par une diminution du recrutement. En conséquence, on a réalisé un scénario qui augmentait les contraintes sur les déviations du recrutement dans le temps (Scénario 7). Ceci semble avoir eu peu d'effet sur l'estimation de la biomasse par le modèle au cours de ces dernières années ou sur le recrutement (**Figure 51**). Ceci pourrait être dû au fait que la série de CPUE, notamment pour les pêcheries 3 et 4, était bruyante et calculée à partir des données de la Tâche II de l'ICCAT. Le modèle a donc continué à expliquer la baisse de la capture par une chute du recrutement.

Les tendances des séries temporelles de F/F_{PME} et B/B_{PME} estimées pour les Scénarios 3, 4, 7 et 8 réalisés par Multifan-CL se trouvent à la **Figure 52**. Sur ces scénarios, seul le Scénario 8 a estimé que la progression de F/F_{PME} et B/B_{PME} a cessé là où B_{actuel} est inférieur à B_{PME} et F est supérieur à F_{PME} . Les estimations du Scénario 3 sont auparavant entrées dans cette région, mais s'en sont éloignées par la suite.

4.3 VPA

Le Groupe de travail a sélectionné trois scénarios pour représenter les sorties de VPA les "plus plausibles". La décision s'est fondée sur le comportement et les diagnostics de la VPA. Les trois scénarios peuvent être décrits comme suit :

- Scénario 1 :** Le scénario initial doté de tous les indices a utilisé des prises par âge spécifiques des flottilles afin d'estimer la vulnérabilité des indices.
- Scénario 2 :** Semblable au Scénario 1, mais la vulnérabilité de l'indice des flottilles palangrières étant fixée à 1,0 après l'âge de pleine vulnérabilité.
- Scénario 6 :** Semblable au Scénario 1, mais excluant l'indice des senneurs européens.

Les résultats des trois scénarios des cas de base du modèle VPA étaient assez similaires. Tous indiquent une chute de l'abondance du stock reproducteur (en nombre), à partir du milieu des années 70 (**Figure 53**). L'abondance du stock reproducteur a récemment augmenté légèrement.

La mortalité par pêche de tous les âges a considérablement augmenté depuis 1990 (**Figure 54**). La mortalité par pêche est particulièrement élevée aux âges 0 et 1, qui sont sélectionnés à l'engin de senne, et à l'âge 5+ qui est entièrement sélectionné à la palangre.

La mortalité par pêche apicale (le maximum de F par âge dans une année donnée) a fortement augmenté au cours de la série temporelle (**Figure 55**). La trajectoire de F/F_{PME} apicale indique que la surpêche a commencé à se produire à la moitié des années 90, et que la mortalité par pêche a depuis lors généralement dépassé le seuil de surpêche ($F/F_{PME} = 1$). Selon les résultats des évaluations de la VPA, F/F_{PME} actuel¹ s'élevait à 1,35, 1,25 et 1,36 pour les Scénarios 1, 2 et 6 respectivement, ce qui indique que la mortalité par pêche est en-dessus du seuil de surpêche.

¹ Afin de calculer F actuel, calculer la moyenne géométrique F par âge pour les années 2005 à 2007, puis trouver le maximum du vecteur F par âge résultant.

La biomasse du stock reproducteur a généralement chuté pendant les séries temporelles (**Figure 56**). En 1975, la médiane de la biomasse du stock reproducteur se rapprochait de 1,5 million de t. En 2009, la SSB était inférieure à 500.000 t.

Les relations reproducteur-recrutement obtenues de la VPA sont illustrées à la **Figure 57**. Une fonction de Beverton et Holt a été ajustée aux données pour chaque modèle. Les paramètres de la fonction de Beverton et Holt, la biomasse reproductrice non-exploitée (S_0) et les estimations de l'inclinaison sont résumés ci-après. Les modèles de la VPA ont estimé l'inclinaison du thon obèse dans une fourchette de 0,47 à 0,61. Afin d'estimer S_0 , les modèles de la VPA ont été projetés jusqu'en 2020 (en conditions d'équilibre), avec aucune prise permise.

<i>Scénario</i>	<i>Alpha</i>	<i>Beta</i>	<i>Biomasse vierge</i>	<i>Inclinaison</i>
1	7,44E+07	2,90E+05	1,37E+06	0,59
2	7,11E+07	2,49E+05	1,34E+06	0,61
6	9,5E+07	5,48E+05	1,61E+06	0,47

La SSB/SSB_{PME} du thon obèse a généralement chuté pendant les séries temporelles (**Figure 58**). Selon les résultats de la VPA, la SSB a chuté en-dessous de SSB correspondant à la PME en 2000, et elle a poursuivi sa baisse jusqu'au milieu des années 2000. Depuis lors, la chute de la SSB/SSB_{PME} a cessé, le stock étant resté stable, bien que surpêché. Selon les résultats des évaluations de la VPA, les Scénarios 1, 2 et 6 faisaient respectivement apparaître une SSB₂₀₀₈/SSB_{PME} de 0,64, 0,69 et 0,63.

L'incertitude entourant l'état actuel du stock a été obtenue en réalisant un bootstrap des valeurs résiduelles des indices d'abondance (n=1000). Les estimations résultantes de l'état du stock sont illustrées à la **Figure 59**. Comme les résultats sont si similaires, ils ont également été combinés dans une distribution conjointe (**Figure 60**). Sur les 3.000 bootstraps obtenus des résultats combinés, 2% indiquent un état du stock en bonne santé, 9% indiquent une surpêche ou un état surexploité et 89% indiquent à la fois une surpêche et un état surexploité.

Projections

Pour les scénarios du modèle de VPA, des projections ont été effectuées jusqu'en 2021 en utilisant le logiciel de projection PRO-2BOX². Afin d'estimer la variance, 1.000 bootstraps ont été réalisés. Cette méthode tient compte de la variabilité inhérente aux estimations des paramètres, y compris les valeurs résiduelles des indices et la variance du recrutement. Les paramètres de recrutement du stock ont été estimés lors de la projection comme des déviations de la fonction de recrutement du stock Beverton et Holt estimée. Comme cela s'est fait dans l'évaluation antérieure, des suppositions ont été initialement avancées pour les paramètres de la relation S/R ($\alpha = 2.2E5$, $\beta = 1.6E4$). La variance autorisée de la relation S/R estimée a été établie à SD=0,4.

Treize projections de capture constante (de 2011 à 2021) ont été réalisées pour les trois sorties du modèle de VPA. La capture en 2009 et 2010 a été fixée à 87.900 t.

- | | |
|-------------|---------------|
| 1) 60.000 t | 9) 100.000 t |
| 2) 65.000 t | 10) 105.000 t |
| 3) 70.000 t | 11) 110.000 t |
| 4) 75.000 t | 12) 115.000 t |
| 5) 80.000 t | 13) 120.000 t |
| 6) 85.000 t | |
| 7) 90.000 t | |
| 8) 95.000 t | |

Les résultats sont repris dans la **Figure 61**. Selon les projections du Scénario 1, la médiane de la PME = 82.000 t. Les implications du Scénario 1 sont que les niveaux de capture inférieurs à 60.000 t sont tenus de permettre à la SSB de se rétablir au niveau de la SSB_{PME} d'ici à 2021. Des niveaux de capture inférieurs à 70.000 t sont nécessaires pour mettre un terme à la surpêche avant 2021. Des niveaux de capture supérieurs à 85.000 t entraînent la poursuite de la raréfaction du stock.

Selon les projections du Scénario 2, la médiane de la PME = 83.600 t. Des niveaux de capture inférieurs à

² Version 2.01, Porch, catalogue de logiciels ICCAT.

65.000 t sont nécessaires pour permettre à la SSB de se rétablir au niveau de la SSB_{PME} d'ici à 2021. Des niveaux de capture inférieurs à 75.000 t sont nécessaires pour mettre un terme à la surpêche avant 2021. Des niveaux de capture supérieurs à 85.000 t entraînent la poursuite de la raréfaction du stock.

Selon les projections du Scénario 6, la médiane de la PME = 77.100 t. Des niveaux de capture inférieurs à 60.000 t sont nécessaires pour permettre à la SSB de se rétablir au niveau de la SSB_{PME} d'ici à 2021. Des niveaux de capture inférieurs à 65.000 t sont nécessaires pour mettre un terme à la surpêche avant 2021. Des niveaux de capture supérieurs à 80.000 t entraînent la poursuite de la raréfaction du stock.

4.4 Autres méthodes

Contrairement à la courbe de production obtenue du modèle structuré par âge (**Figure 62**), la courbe de production estimée du modèle complètement intégré fait apparaître une déviation marquée par rapport à une courbe symétrique postulée par le modèle logistique de Shaefer (**Figure 63**). L'écart dans cette forme est vraisemblablement dû à la différence des postulats relatifs à la sélectivité. Ceci appuie davantage la recherche du Groupe de travail visant à utiliser un paramètre de forme dans les modèles de type stock-production.

La **Figure 64** décrit les estimations des paramètres de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour le modèle complètement intégré SS_fix et le Scénario 3 d'ASPIC. La tendance globale des paramètres dégage une assez bonne harmonie, tandis que les estimations des dernières années font apparaître une certaine discordance. Aux termes de ses discussions, le Groupe de travail a conclu que cette différence était probablement due au fait que le modèle complètement intégré est influencé par l'indice des senneurs opérant avec DCP, lequel est biaisé envers les poissons plus petits. L'indice n'a pas été inclus dans l'indice combiné utilisé pour réaliser le Scénario 3 avec ASPIC.

Les estimations annuelles de la production par recrue obtenues du modèle complètement intégré SS_fix ont été comparées aux estimations du modèle MFCL réalisées dans le Scénario 8. Les deux modèles font apparaître que la production par recrue a atteint un chiffre record à la fin des années 90 et qu'elle est en chute régulière depuis lors. Cette remarque coïncide avec l'observation selon laquelle les poissons plus petits deviennent plus répandus dans la capture, ce qui ressortait clairement de la prise par âge de la VPA. Le ratio de la mortalité par pêche de l'âge 1 aux âges 2+ fait également apparaître un déplacement vers des poissons plus petits (**Figure 65**). Il semble donc vraisemblable que la tendance à capturer des poissons plus petits diminue l'efficacité de la pêcherie.

Les résultats susmentionnés indiquent que l'on pourrait passer à côté d'importantes informations sur la population et la pêcherie si l'on n'utilise pas la gamme complète des données disponibles pour la pêcherie. Des modèles complètement intégrés, tels que MFCL et SS, sont en mesure de cerner davantage de détails et de fournir une vision plus holistique de la pêcherie. Ceci est particulièrement vrai pour une pêcherie, comme celle du thon obèse, où les sélectivités des différents types d'engins sont très disparates. Le Groupe de travail a recommandé que des modèles complètement intégrés, comme MFCL et SS, continuent à faire l'objet de recherche, en tant qu'outil permettant d'explorer la possible condition des stocks relevant de l'ICCAT. Il a toutefois reconnu que la complexité des modèles doit être ajoutée avec précaution et devrait être proportionnelle à la quantité et à la qualité des données disponibles.

4.5 Synthèse des résultats de l'évaluation

Lors des deux dernières évaluations du thon obèse ayant eu lieu en 2004 et 2007, la détermination de l'état du stock reposait principalement sur les résultats du modèle de production obtenus avec ASPIC. Les résultats de la toolbox VPA ont été utilisés pour définir l'incertitude entourant l'état du stock comme étant liée à la structure du modèle. Le Multifan CL a également été utilisé en 2007 et les résultats en découlant ont été utilisés pour explorer les gains obtenus en intégrant davantage de sources de données (telles que le marquage, les données de composition de longueur) et en ajoutant la structure spatiale dans le modèle d'évaluation.

L'évaluation du stock de 2010 a été réalisée en utilisant divers types de modèles. La liste des méthodes à utiliser dans l'évaluation de l'état du stock et la conception des projections du stock a été élaborée lors de la réunion de préparation des données sur le thon obèse (SCRS/2010/011). Cette liste englobait les trois catégories de méthodes utilisées dans les dernières évaluations : modèles de production, analyse de populations virtuelles et modèles pleinement intégrés. Au sein de chacune de ces catégories, plusieurs versions de chaque modèle ont été utilisées fournissant un vaste éventail d'outils méthodologiques qui reflètent l'incertitude structurelle entourant ce qui peut être le modèle idéal représentant les dynamiques du stock de thon obèse. Les données d'entrée de ces modèles ont été principalement développées au cours de la réunion de préparation des données, toutefois, quelques données ont été préparées pendant la période intersession entre la réunion de préparation des données et la réunion d'évaluation (par exemple la prise par taille, la prise par âge, d'autres indices de CPUE pour les flottilles Multifan). Quelques modifications finales ont été apportées à ces données d'entrées au cours de la

réunion d'évaluation, telles que la ré-estimation des indices combinés de CPUE pour les modèles de production, une mise à jour de la prise totale de 2009 et une estimation préliminaire de la prise de 2010. La plupart des autres changements des données d'entrée adoptés au cours de l'évaluation se rapportent à des modifications des options des paramètres pour les différents modèles.

Afin de comparer les changements survenus dans la perception du stock découlant uniquement de l'ajout ou de l'actualisation des jeux de données utilisés pour ajuster le modèle de production employé pour fournir le principal avis sur l'état des stocks en 2007, un modèle ASPIC a été exécuté avec la même configuration que celle de 2007 – il s'agit d'un scénario de continuité. Ce nouveau scénario diffère uniquement de celui de 2007 en ce que les estimations de capture contiennent des années de données additionnelles (2006-2008), et que l'indice combiné d'abondance a été estimé avec des indices qui ont été présentés pendant la réunion de préparation de 2010. Comme cela a été le cas en 2007, les indices de CPUE de la flottille du Taïpeï chinois n'ont pas été utilisés pendant la période initiale de la pêcherie (avant 1971); toutefois, d'autres nouveaux indices fournis en 2010, tels que les indices marocains et uruguayens, ont été inclus. Ce scénario fournit une vision similaire sur la productivité et l'état du stock de thon obèse à celle obtenue en 2007 ; toutefois, il suggère que la biomasse et la mortalité par pêche ont légèrement augmenté entre 2005 et 2008.

Conformément aux évaluations précédentes du thon obèse de l'Atlantique, les résultats des modèles de production en conditions de non-équilibre sont utilisés pour fournir notre meilleure caractérisation de l'état de la ressource. La PME actuelle, estimée à l'aide de trois types de modèles de production, s'élevait à environ 90.000t, chiffre similaire aux prises estimées postulées au titre de 2009, bien que l'incertitude entourant les estimations élargisse cette gamme. En outre, ces estimations reflètent le mélange relatif actuel des pêcheries qui capturent des thons obèses petits ou grands ; la PME peut changer considérablement en fonction des changements dans l'effort de pêche relatif exercé par les pêcheries de surface et de palangre.

La trajectoire estimée du stock est illustrée à la **Figure 66**. Au début de 2010, la biomasse était estimée se situer à presque 100% de la biomasse correspondant à la PME et le taux de mortalité par pêche de 2009 était estimé se situer à environ 5% en dessous du taux de mortalité par pêche correspondant à la PME. La production de remplacement pour 2009 était estimée se situer approximativement au niveau de la PME.

Le Groupe de travail a constaté qu'il existait une incertitude considérable dans l'évaluation de l'état du stock et de la productivité du thon obèse, comme cela avait été noté dans des évaluations antérieures (Anon., 2008). Il existe de nombreuses sources d'incertitude, à savoir quelle méthode représente le mieux la dynamique du stock, quelle méthode est mieux étayée par les données disponibles, quels indices d'abondance relatifs sont appropriés pour être employés dans l'évaluation, et quelle précision est associée à la mesure/au calcul de chacune des entrées du modèle. En général, la disponibilité des données s'est améliorée depuis 2007, mais il y a encore une insuffisance d'information en ce qui concerne les données détaillées de pêche et de taille de certaines flottilles. Cet élément, conjugué à l'absence d'informations historiques détaillées sur la capture et les activités de pêche des flottilles IUU (p.ex. taille, emplacement et prise totale), contraint le Groupe de travail à formuler de nombreux postulats sur la prise par taille pour une part importante de la capture globale. Afin de représenter cette incertitude, le Groupe de travail a décidé de présenter tout d'abord un résumé de l'incertitude liée à la structure de la combinaison méthode/données utilisée. Comme on peut le voir au **Tableau 34**, des différences apparaissent dans les estimations des paramètres de gestion en fonction de la méthode utilisée et des données d'entrée employées. Les estimations de la PME ont varié entre 70.000 t et 90.000 t.

Les estimations de l'incertitude associée aux données sont supérieures à celles associées à l'incertitude du modèle et elles peuvent être aperçues en examinant les résultats par bootstrap obtenus des trois modèles de production ASPIC sélectionnés (**Figures 66-67**).

5 Projections

Dans la [Rés. 09-12], la Commission a prévu des conditions spécifiques concernant l'information devant être incluse dans la matrice de stratégie de Kobe, et elle a demandé au SCRS de compléter la matrice de Kobe avec les niveaux de capture correspondants afin de fournir un avis de gestion à la Commission en 2010 pour le thon rouge et le thon obèse. A sa réunion de 2010, le Groupe de travail sur les méthodes d'évaluation (SCRS/2010/010) a formulé de nouvelles recommandations visant à faciliter la construction et l'interprétation de la Matrice de stratégie de Kobe II (K2SM) (p.ex. directives pour l'application de la K2SM, spécifications relatives aux méthodes de projection et recommandations visant au développement de matrices de Kobe). Le Groupe de travail a donc formulé les perspectives suivantes pour le thon obèse de l'Atlantique dans la matrice de stratégie de Kobe.

Compte tenu de l'incertitude quantifiée dans l'évaluation de 2010, les perspectives pour le thon obèse de l'Atlantique sont présentées au **Tableau 35** et à la **Figure 68**, lesquels fournissent une caractérisation des perspectives du stock d'atteindre les niveaux conformes à l'objectif de la Convention ou de s'y maintenir, dans le temps, pour différents niveaux de prise constante future. Il convient de noter que les probabilités modélisées du maintien du stock à des niveaux conformes à l'objectif de la Convention avec le récent TAC ([Rec. 09-01] 85.000 t) dans les cinq prochaines années sont d'environ 60%. De plus grandes probabilités de rétablissement et de maintien du stock à des niveaux pouvant produire la PME sont associées à des captures plus faibles et les chances de succès inférieures sont associées à des captures supérieures au TAC récent.

6 Recommandations

6.1 Indicateurs des pêcheries

La taille et la puissance d'une flottille de pêche peuvent constituer des indicateurs utiles des tendances de la capacité de pêche. Même si certaines données sur les flottilles par type de navire sont rattachées à l'engin de pêche, les statistiques et les informations existantes sur les navires ne reflètent pas nécessairement les activités opérationnelles des navires. A cet égard, les CPC ont été encouragées à développer plus avant des indicateurs des pêcheries pour toutes les catégories de leur flottille par zone dans l'océan Atlantique. Etant donné que les scientifiques nationaux connaissent mieux leurs pêcheries et peuvent par conséquent définir des procédures visant à obtenir ces données de façon plus précise que celle définie par le Secrétariat, le Groupe de travail a recommandé que les scientifiques nationaux fournissent ces indicateurs afin d'actualiser tous les ans la base de données au Secrétariat.

Les scientifiques devraient fournir, avec la prise par taille, des données de taille brutes et des informations détaillées sur la procédure suivie pour estimer les données de prise par taille. Ces indicateurs sont essentiels en tant qu'information de référence pour analyser les tendances des taux de capture (CPUE), principalement pour les modèles de VPA dans l'évaluation des stocks.

6.2 Examen des saisies de données et des choix de modèles

Afin de contribuer à la transparence et de faciliter la documentation des choix effectués pendant le processus d'évaluation d'un stock, p.ex. lorsqu'il s'agit de déterminer des paramètres d'entrée et d'autres options utilisées pour réaliser différents scénarios, le Groupe de travail a recommandé de mettre au point des protocoles appropriés aux fins de la présentation de diagnostics. En outre, le rapporteur devrait documenter les procédures qui ont été suivies, et préciser notamment quels auteurs ont réalisé les différents scénarios, ainsi que les années de base utilisées pour les évaluations et les projections.

6.3 Ratios de croissance et de mortalité

Il est justifié d'élaborer des distributions a priori appropriées aux fins de leur utilisation dans, par exemple, des modèles bayésiens de production excédentaire.

Il conviendrait d'évaluer plus avant la méthode d'estimation de la mortalité par pêche dans le groupe d'âge + (p.ex. F-ratio).

6.4 Données de marquage

Il est manifeste que les données de marquage disponibles fournissent des informations supplémentaires utiles pour estimer l'état du stock de thon obèse. Or, on ne sait pas au juste si les postulats formulés en ce qui concerne les taux de transmission des marques sont exacts. C'est pourquoi il serait recommandable d'améliorer les taux de transmission des marques pour les pêcheries, et d'estimer les taux de transmission par le biais d'expériences directes, notamment pour la pêcherie palangrière, et également de continuer à améliorer la base de données de marquage.

6.5 Travaux futurs

- En raison de la gamme d'incertitudes identifiées dans la présente évaluation lorsque différents indices combinés étaient utilisés, le Groupe de travail préconise une révision des méthodes utilisées pour le développement d'indices combinés.

- Il conviendrait de mener à bien une estimation statistique de la prise par âge pour les espèces tropicales comme alternative à la méthode de découpage des âges. Afin de mieux paramétriser cette approche, il conviendrait de déterminer l'âge des pièces dures en prélevant des échantillons et d'utiliser les données existantes sur les pièces dures dans l'estimation.
- Il serait souhaitable d'actualiser les séries de CPUE standardisée pour les flottilles de senneurs tropicaux de l'UE.
- Il conviendrait de réexaminer la prise par taille de 1975-1979 ; et de 2006 et 1980-1987 pour les flottilles de senneurs de l'UE et du Ghana respectivement, étant donné que des schémas peu ordinaires se sont présentés dans l'évaluation.
- Le Groupe de travail a reconnu l'emploi de deux modèles intégrés (Multifan-CL et Stock Synthèse). Même si les applications de ces modèles au thon obèse peuvent être limitées en raison des données actuelles, le Groupe de travail était convaincu que l'on pourrait à l'avenir formuler un avis de gestion fondé sur ces modèles. Le maintien de la continuité structurelle dans les évaluations de stocks de l'ICCAT passerait par la formation et l'investissement dans ces modèles.

7 Autres questions

Compte tenu du volume de travail entrepris pendant les évaluations, il a été recommandé que des efforts soient déployés afin d'améliorer plus avant et de renforcer les installations informatiques (p.ex. achat de temps pour l'unité centrale) au Secrétariat pour permettre d'intégrer et d'exécuter les modèles plus rapidement et dans des délais raisonnables.

8 Adoption du rapport et clôture

Le rapport a été adopté pendant la réunion. Dr. Die a remercié les participants, le personnel d'AZTI et le Secrétariat pour leur travail intense et a levé la réunion.

Références

- Andrade, H. A. and Kinias, P.G. 2007, Decision analysis on the introduction of a new fishing fleet for skipjack tuna in the Southwest Atlantic. Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2007), 2 (2): 131-148.
- Anon. 2005, Report of the 2004 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 28 to July 3, 2004). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(1): 1-110.
- Anon., 2008, Report of the 2007 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 5 to 12, 2007). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(1): 97-239.
- Anon. 2010, Report of the 2009 Sailfish Stock Assessment (Recife, Brazil, June 1-5, 2009). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(5): 1507-1632.
- Bard, Y. 1974, Nonlinear parameter estimation (p. 341). Academic Press, New York.
- Fournier, D. 1996, An introduction to AD Model Builder for use in nonlinear modeling and statistics. Otter Research, Nanaimo, British Columbia, Canada.
- Gaertner, D., Marsac, F. 2000, Comparative analysis of the exploitation of bigeye tuna in the Indian and eastern Atlantic Oceans with emphasis on purse seine fisheries. 1st session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas, Mahe, Seychelles, 4-8/09/99. WPTT/99/04: 15 p.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S. and Rubin, D.B. 1995, Bayesian Data Analysis. Chapman & Hall, London, 526 p.
- Griewank, A. and Corliss, G. 1991, Automatic differentiation algorithms: theory, practice and application. SIAM, Philadelphia.

- Hallier, J-P., Stequert, B., Maury, O. and Bard, F.X. 2005, Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.
- Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992, Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York, USA.
- Katavic, I. Grubisic, Ticina, Mislov-Jelavic, K, Franicevic, V. and Skakelja, N. Growth performances of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) farmed in Croatian waters of the eastern Atlantic. SCRS/2009/190.
- Kell, L.T., Palma, C., and Tidd, A. 2010, Standardization of the North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) CPUE. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(4): 1357-1382.
- Laloë, F. 1995, Should surplus production models be fishery description tools rather than biological models? Aquatic Living Resources, 8, 1-16.
- Ludwig, D., and Walters, C. 1985, Are age structured models appropriate for catch-effort data? Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Sciences, 46, 1066-1072.
- Maunder, M. 2000, Software review: AD Model Builder. AFSCUS, 14(2), 10-14.
- Maunder, M.N. 2004, Population viability analysis based on combining Bayesian, integrated, and hierarchical analyses. Acta Oecologica, 28, 85-94.
- Maury, O. 2001, Multi-fleet non-equilibrium production models including stock surface to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. Application to the skipjack tuna's fishery (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 52(5): 1739-1752.
- Maury, O. 2001, PROCEAN: a production catch/effort analysis framework to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. IOTC Proceedings, 4, 228-231.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. 1989, Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall.
- Ortiz, M. and Arocha, F. 2004, Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fisheries Research 70 (2004) 275-297.
- Parks, W., Bard, F.X., Cayré, P., Kume, S., Santos Guerra, Al. 1982, Length-weight relations for bigeye tuna captured in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 17(1): 214-225.
- Pella, J.J. and Tomlinson, P.K. 1969, A generalized stock production model. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 13, 420-496.
- Polacheck, Tom. 2006, tuna longline catch rates in the Indian Ocean: did industrial fishing result in a 90% rapid decline in the abundance of large predatory species? Marine Policy [Mar. Policy]. Vol. 30. No. 5, pp. 470-482. Sep. 2006
- Prager, M. 2004, User's manual for ASPIC: A stock production model incorporating covariates (ver. 5) and auxiliary programs. Beaufort Laboratory Document. Miami, USA.
- Schaefer, M.B. 1954, Some aspects of the dynamics of populations important for the management of the commercial marine fisheries. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1, 27-56.
- Venables, W.N. and Ripley, B.D. 2002, Modern Applied Statistics with S. New York: Springer.
- West, M. 1992, Modeling with mixtures. Pp. 503-524. In: Bernardo, J.M., Berger, J.O., Dawid, A.P. and Smith, A.F.M. (Eds.). Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting, Valencia, Spain. Clarendon Press, Oxford, 880 p.
- West, M. 1993, Approximating posterior distributions by mixtures. Journal of the Royal Statistic Society: Series B, 55: 409-422.

INFORME DE LA REUNIÓN ICCAT DE 2010 DE EVALUACIÓN DEL STOCK DE PATUDO

(Pasaia, Guipúzcoa, España – 5 a 9 de julio de 2010)

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

La reunión se celebró en el centro de AZTI-Tecnalia, en Pasaia, del 5 al 9 de julio de 2010. El Dr. Josu Santiago, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes (el Grupo de trabajo).

El Dr. David Die (Estados Unidos), Presidente de la reunión, dio la bienvenida a los participantes y dio las gracias a AZTI por acoger la reunión y proporcionar toda la logística de la misma. El Dr. Die procedió a revisar el orden del día que fue adoptado con algún cambio (**Apéndice 1**).

La lista de participantes se incluye en el **Apéndice 2**. La lista de los documentos presentados a la reunión se adjunta como **Apéndice 3**. Actuaron como relatores los siguientes participantes:

Secciones	Relator
Puntos 1, 7 y 8	P. Pallarés
Punto 2.1	J. Pereira
Punto 2.2	C. Palma
Punto 2.3	A. Delgado de Molina, L. Kell y M. Ortiz
Punto 2.4	D. Gaertner y N. Abid
Punto 2.5	C. Brown, L. Kell y C. Palma
Puntos 3.1, 4.1 y 5.1	K. Satoh, H. Agnelli y E. Chassot
Puntos 3.2 y 4.2	P. de Bruyn
Punto 3.3	S. Cass-Calay y C. Brown
Puntos 3.4 y 4.4	M. Schirripa
Puntos 4.3	S. Cass-Calay
Punto 4.5	D. Die
Punto 5	G. Scott y L. Kell
Punto 6	P. Bannerman y M. Pons

2 Resumen de los datos disponibles para la evaluación

2.1 Biología

El documento SCRS/2010/090 estudiaba la posible relación entre la tasa de captura del patudo juvenil y la profundidad de la red de cerco con el fin de implementar la ordenación más adecuada utilizando los resultados obtenidos. Se recopilaron datos entre junio de 2008 y abril de 2010 por parte de 11 cerqueros que operaban bajo pabellón español en el Atlántico, el Pacífico y el Índico. Las principales conclusiones del documento son las siguientes:

- La profundidad de las redes utilizadas oscilaba entre 220 y 309 metros y las profundidades de pesca variaban entre 65 y 226 metros. Esto significa que el porcentaje de la profundidad media frente al tamaño de la red era del 56,73% (rango entre 20% y 83%).
- No se observó una distribución batimétrica diferencial entre las tres especies en ninguno de los tres océanos.

En el informe de la Reunión de preparación de datos sobre patudo de 2010 (SCRS/2010/011) se presenta una revisión de la información histórica y nueva información sobre biología.

2.2 Estimaciones de captura

La Secretaría presentó una actualización de las series de captura nominal de Tarea I del patudo para el periodo 1950 a 2009. Los cambios realizados desde la Reunión de preparación de datos sobre el patudo (cifras nuevas y/o revisadas comunicadas por las CPC después del 30 de abril de 2010) fueron presentadas y adoptadas por el Grupo de trabajo con el fin de obtener el rendimiento de 2009 más completo. Intersesiones, sólo se añadieron a

la serie de captura de Tarea I actualizaciones de 2008 (Japón) y nuevas cifras de captura de 2009 (LL de Japón, Filipinas, Estados Unidos, UK-Santa Elena, Vanuatu, Venezuela y UE-España). Durante la reunión se presentó al Grupo de trabajo una estimación de las capturas de 2009 de Cabo Verde y Guatemala. La captura total obtenida fue de aproximadamente 75.500 t.

A pesar de estas actualizaciones a las capturas de 2009 de la Tarea I, un número relativamente grande de CPC no había declarado sus cifras respectivas de 2009. Por consiguiente, el Grupo de trabajo decidió estimar los datos faltantes observando el aumento relativo 2008-2009 de las diversas pesquerías (principalmente LL, BB y PS). Para las principales pesquerías de BB y PS, las capturas de 2009 se obtuvieron a partir de una media de los tres últimos años (2006-2008) tras la confirmación de que no se habían producido cambios en el comportamiento pesquero (BB: Namibia y Sudáfrica, PS: UE-Mezclada (Francia y España) en relación con el “faux poisson”). Para las principales pesquerías de LL se adoptaron tres enfoques: (a) las cifras de captura de 2009 se obtuvieron del aumento relativo 2008-2009 en peso de las capturas de Japón y Taipeí Chino (125%) – aplicado a China y Corea, (b) la media de los tres últimos años (2006-2008) – Marruecos, Namibia, Sudáfrica y San Vicente y las Granadinas; (c) traspasos de 2008 – Trinidad y Tobago. Estas estimaciones provisionales aumentaron las capturas de 2009 de la Tarea I hasta aproximadamente 87.900 t, lo que supone un incremento en 2008-2009 de cerca del 27% en el rendimiento total. Estas estimaciones son provisionales y cambiarán a medida que las CPC declarén sus capturas oficiales de Tarea I para 2009.

El Grupo de trabajo decidió utilizar la misma captura de 2009 como estimación preliminar de la captura durante 2010, ya que ninguna información actual sugiere cambios en las operaciones pesqueras de 2010 en comparación con 2009.

El documento SCRS/2010/093 presentaba nueva información sobre los desembarques de “faux poisson” (separados por especies) en Dakar por parte de las flotas atuneras, lo que incluye estimaciones anuales (2005-2009) de los desembarques de “faux poisson” por parte de los buques de cebo vivo de Senegal.

Las estimaciones de Tarea I (tanto declaradas como estimadas por el Grupo de trabajo) se presentan en la **Tabla 1**. La **Figura 1** presenta la serie de captura acumulada de Tarea I (1950 a 2009). La distribución espacial de las capturas (CATDIS) se muestra en la **Figura 2** (por arte, todos los años combinados), **Figura 3** (1991-2008, por modo de operación del cerco) y en la **Figura 4** (por arte y década).

2.3 Estimaciones de abundancia relativa

En la Reunión de preparación de datos de patudo celebrada en Madrid en abril de 2010 (SCRS/2010/011) se presentaron los índices de abundancia relativa para diversas flotas.

Índices para Multifan-CL

Algunos de estos índices correspondían a las flotas definidas por el modelo Multifan-CL de los stocks de patudo pero algunas flotas no tenían índices asociados presentados a la reunión de preparación de datos. Durante el periodo intersesiones, la Secretaría de ICCAT calculó los índices de abundancia relativa para las flotas 3, 4, 5, 6 y 8 (**Tabla 2**).

Para la pesquería 3 no existe una serie de CPUE estandarizada y para la pesquería 4 la serie de CPUE estandarizada no ha sido actualizada desde 2007. Por lo tanto, los datos de captura y esfuerzo de la base de datos de ICCAT se utilizaron para generar una serie de CPUE estandarizada.

Se llevaron a cabo análisis utilizando el paquete de GLM en R. Un primer paso al ajustar los GLM es elegir una distribución de error adecuada y se examinaron distribuciones de error alternativas para cada serie, es decir, log normal (más un valor de 1 para evitar los valores 0), poisson, log-gamma y binomial negativa. Además, se evaluaron modelos Delta que combinaban binomial y log normal, binomial y poisson y binomial y gamma. La selección del modelo se basó en la inspección sistemática de los diagnósticos basada en la comprobación del modelo y el ajuste de los diagnósticos (McCullagh y Nelder, 1989) que permitía la selección de la distribución de error más adecuada (Ortiz y Arocha, 2004). Esto implica hacer diagramas de: (a) residuos de la desviación estandarizados respecto a los valores ajustados para comprobar las salidas sistemáticas respecto a los supuestos que subyacen en la distribución de error; (b) los valores absolutos de los residuos frente a los valores ajustados como una comprobación de la función de varianza asumida y (c) la variable dependiente frente a la función de predicción lineal para comprobar la función de vínculo asumida para los primeros cuatro modelos de error. Los diagramas (b) y (c) son no informativos para una distribución binomial (McCullagh y Nelder, 1989) y por lo

tanto, solo el diagrama (a) fue examinado para estas distribuciones. La evaluación de la bondad del ajuste se llevó a cabo sobre un modelo que incluía todos los factores principales (es decir, el modelo más complejo ya que si el modelo más complejo es un ajuste razonable, cualquier modelo más simple que se seleccione ajustará adecuadamente porque si no, no sería seleccionado).

Basándose en los diagramas de diagnóstico (**Apéndice 4**), se eligió para ambas pesquerías un modelo de error delta-lognormal. Los factores significativos se resumen en el análisis de las tablas de varianza (**Tabla 3**) para los modelos de error tanto binomial (análisis de la probabilidad de que se realice una captura) y lognormal (análisis de las capturas positivas).

Tras el análisis, se calcularon las medias marginales por trimestre y año para cada pesquería (**Apéndice 4, Figuras 3a y b**). La CPUE estandarizada se resume también en la **Tabla 4**.

Para las flotas 5, 6 y 8, se estimó el procedimiento de estandarización para cada año, ya que la información trimestral era escasa o no estaba disponible. El modelo de estandarización incluía el factor año y flota, obteniendo la media de cuadrados mínimos (LSMeans) para el factor año como el índice de abundancia relativa en índice de biomasa. El índice anual se convirtió en índice anual-trimestral multiplicando el valor anual por la proporción de captura por trimestre. Con el fin de evitar valores extremadamente bajos para algunos años-trimestres, se aplicaron las siguientes condiciones: (a) si la captura en un trimestre determinado era inferior al 20% de la captura anual, entonces no se atribuyó ningún índice a dicho estrato anual-trimestral; (b) si la captura en un determinado trimestre era superior al 75% de la captura anual, entonces el índice se aplicó solo a ese estrato anual-trimestral; (c) si la captura en un determinado trimestre era >20% y <75% de la captura anual, entonces se contó el número de trimestres que cumplía esta condición en un año determinado y se aplicó un índice anual con la ratio corregida. Ratio es = $((1/Nqtrs) * \%catch-qtr) * \text{índice anual}$. La **Tabla 5** muestra los índices estandarizados para las pesquerías 5, 6, 8, 12, 13, 14 y 15. La **Figura 5** muestra el índice estandarizado para las flotas de las pesquerías 5, 6 y 8. Los diagramas de diagnóstico para el procedimiento de estandarización se presentan en el **Apéndice 4, Figuras 4a, 4b y 4c**.

Se estimaron también índices estandarizados para las pesquerías 12, 13, 14 y 15. Para aquellas pesquerías para las que los científicos de las Partes contratantes habían presentado índices estandarizados, el Grupo de trabajo acordó generar índices combinados para cada definición de pesquería-flota utilizando un modelo GLM (véase más arriba). Los modelos GLM utilizaban como factores año, trimestre e índice de la flota; se estimó un índice relativo estandarizado combinado como media de mínimos cuadrados del factor año (**Tabla 6** y **Figura 6**).

Índices de biomasa combinados

El Grupo de trabajo recomendó generar un índice de biomasa combinado para utilizarlo como índice de abundancia relativa para los modelos de producción a considerar. La serie de entrada incluía los siguientes índices de flota tal y como recomendó el Grupo de trabajo durante la reunión de preparación de datos:

<i>Índice de la flota</i>	<i>Serie anual</i>
US LL	1982-2008
JPN LL	1971-2008
URU LL fase inicial + fase final	1981-1991 & 1992-2008
BRZ LL	1980-2008
CTAI LL fase inicial + fase final	1968-1989 & 1990-2008
MOR LL	2005-2008
EU-POR AZO BB	1970-2008

La **Figura 7** muestra los índices relativos. El índice combinado se estimó utilizando un modelo GLM con el año y el índice de flota como factores, utilizando diferentes factores de ponderación tal y como sugirió el Grupo de trabajo. El índice corresponde a la media de mínimos cuadrados del factor año en cada caso. El Grupo de trabajo expresó su inquietud respecto al fuerte contraste entre las diferentes señales de los índices, en particular para los primeros años (1968-1970) cuando dos flotas de palangre indicaban tendencias de biomasa diferentes (el **Apéndice 4** presenta los resultados de los diagnósticos del ajuste del GLM ponderado por la captura de cada pesquería). Se señaló que es común observar descensos rápidos en las tasas de captura al inicio de las pesquerías de palangre. Dichos cambios rápidos se observaron también en otras flotas en años posteriores. Dadas estas

incertidumbres y su posible impacto en la estimación del índice combinado, el Grupo de trabajo recomendó escenarios alternativos para estimar el índice de biomasa utilizando diferentes factores de ponderación y/o restringiéndolo a algunos períodos definidos por el Grupo de trabajo.

Se recomendaron los siguientes escenarios:

Descripción de las necesidades de valores de entrada para los escenarios con el fin de ser coherentes con las secciones de ASPIC y el modelo de producción Bayesiano.

<i>Escenario</i>	<i>Valores de entrada de los índices</i>	<i>Factor de ponderación, modelo GLM</i>
1	Todos	Ninguno
2	Todos	Captura total por año/flota Área (Número de cuadrículas de 5x5° cubiertas por flota en año-trimestre)
3	Todos	Captura total por año/flota
4	Solo de 1971 en adelante	Captura total por año/flota
5	Excluir previos a 1970 JPN LL	Captura total por año/flota
6	Excluir previos a 1970 C_TAIP LL	Captura total por año/flota

Los índices estimados se muestran en la **Tabla 5** y la **Figura 8**.

2.4 Indicadores de la pesquería

Además de la evaluación de stock, diversos indicadores de la pesquería pueden proporcionar información sobre la situación actual del stock, la condición de la pesquería y los posibles impactos ecológicos. Expresado en términos de procesos dentro del enfoque PSR convencional, los indicadores de la pesquería deberían reflejar el estado del sistema (es decir, el recurso) en relación con las fuerzas impulsoras (es decir, presiones) y los objetivos de ordenación (es decir, respuestas). El Grupo discutió la utilidad potencial de varios de estos indicadores y llevó a cabo análisis específicos de los indicadores de la pesquería relacionados con la presión pesquera y la situación del recurso de patudo.

2.4.1 Indicadores de la pesquería relacionados con la presión pesquera

- Pesquerías de palangre

El stock de patudo ha sido explotado por los tres artes principales (pesquerías de palangre, cebo vivo y cerco), pero las capturas de palangre son predominantes en términos de peso. Por definición, no existe información directa sobre el esfuerzo pesquero de los palangreros ilegales, no declarados y no reglamentados (IUU) que enarbolan pabellones de conveniencia y que han cobrado importancia desde principios de los 80. Anteriormente, los datos comerciales se utilizaban para identificar posibles capturas IUU, pero los datos comerciales no indican ya el potencial de grandes capturas no declaradas. Respecto a las CPC palangreras, existen dos pesquerías de palangre principales, operadas por Japón y Taipeí Chino, cuya captura combinada representa el 46% de la captura total en peso en 2009. El esfuerzo pesquero nominal, expresado en número de anzuelos, representa diferentes tendencias (**Figura 9**). Mientras que el esfuerzo de Taipeí Chino ha aumentado de forma regular hasta alcanzar un pico en 2001 y luego ha descendido en un 64% en 2005 para estabilizarse posteriormente, el esfuerzo de Japón en el área tropical se ha duplicado desde 2002 a 2009, alcanzando ahora el nivel del esfuerzo observado a mediados de los 90.

No tener en cuenta los cambios en las estrategias de pesca dirigidas a las especies (es decir, cuando el esfuerzo pesquero se redirige hacia otra especie) puede introducir sesgos en el uso de la serie temporal de CPUE, como una aproximación de la abundancia aparente. En el caso de las pesquerías de palangre, debido al desarrollo del mercado de sashimi en Japón, de elevado valor, y al progreso realizado en términos de congelación a bordo de los palangreros industriales (-50°C a principios de los 70), el patudo congelado procedente de la pesquería de aguas distantes parecía un complemento al atún rojo en el mercado de sashimi desde 1975 y se ha convertido en el principal componente desde 1985. Como consecuencia de ello, las principales flotas palangreras adoptaron nuevas estrategias de pesca, en primer lugar dirigiéndose al rabil y al atún blanco para el enlatado, y luego dirigiéndose a especies de mayor precio como el atún rojo, el atún rojo del Sur y el patudo para el mercado de sashimi. Los cambios en los caladeros, así como las modificaciones en el arte pesquero (de palangre normal a profundo), se realizaron aproximadamente en 1976-1977 para la flota japonesa, después de 1980 para la de Corea y a principios de los 90 para la de Taipeí Chino.

En este contexto, la proporción de palangre profundo (en términos de anzuelos por cesta) puede utilizarse como una aproximación de la estrategia de pesca, que consiste en dirigirse al patudo grande en alta mar. Estos cambios continuos pueden observarse en la pesquería japonesa de palangre durante el periodo 1975-1995 (**Figura 10**); por ejemplo, la configuración de 4-7 anzuelos por cesta fue progresivamente abandonada desde principios de los 80 y a partir de 1990 predomina la configuración de 15+ anzuelos por cesta. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la estrategia de pesca en función de la especie es también una función del área, el tipo de material utilizado (monofilamento de nylon frente al palangre tradicional multifilamento), la estrategia de calado del arte, las corrientes oceanográficas, etc.

Otro indicador simple que refleja estos cambios en las estrategias de pesca en función de la especie es la proporción de la captura de patudo en la captura total del palangre (considerando únicamente rabil, atún blanco y patudo). En la **Figura 11** puede verse que las fechas en que se han observado cambios repentinos en la proporción de patudo coinciden con los cambios previamente mencionados.

- Pesquerías de superficie

Aunque el patudo es ahora una de las principales especies objetivo de la mayoría de las pesquerías de palangre y de algunas de cebo vivo, esta especie siempre ha sido de importancia secundaria para el resto de pesquerías de superficie. Los juveniles de patudo se capturan generalmente en asociación con el listado y con juveniles de rabil cuando se pesca sobre objetos flotantes naturales o artificiales, como dispositivos de concentración de peces (DCP).

El esfuerzo nominal en términos de capacidad de transporte en la pesquería total de cerco ha ido descendiendo hasta 2006, cuando, debido a la piratería en la zona somalí del Índico, varios grandes cerqueros europeos que operaban en este océano han trasladado su esfuerzo al Atlántico oriental. Esta nueva situación, además de la presencia de tres nuevos cerqueros que operan desde Tema (Ghana) aumentó la capacidad de transporte en un 81% desde 2006 a 2009 (**Figura 12**). El número de cerqueros de la UE que opera en el Atlántico presenta la misma tendencia con una posible estabilización en 2010, como sugieren los datos preliminares. Por el contrario, la presión pesquera ejercida por las flotas de cebo vivo parece estable durante los últimos 20 años.

La proporción de patudo respecto a las demás especies tropicales mostraba patrones diferentes según las pesquerías. En el caso de los buques de cebo vivo de las Islas Canarias, la proporción de patudo en la captura mostraba una variabilidad interanual significativa debido probablemente a las condiciones medioambientales interanuales (**Figura 13**). La situación era diferente para las flotas de cebo vivo que operan desde Dakar (Senegal) ya que la proporción de patudo aumentaba a finales de los 70 y posteriormente descendía desde finales de los 90. Aunque las flotas de cebo vivo de Dakar y de las Islas Canarias han operado utilizando una táctica de pesca diferente (es decir, utilizando el barco como DCP) desde mediados de los 80 y principios de los 90 respectivamente, no se ha demostrado que el aumento resultante en la capturabilidad modificara la composición por especies de la captura. La proporción de patudo en la captura de cerco de la UE se ha multiplicado por 2 desde el inicio de los 90, debido probablemente al desarrollo de las operaciones de pesca con DCP pero sigue siendo baja, de aproximadamente un 10%. El mismo efecto es más pronunciado en el caso de los cerqueros de Ghana, ya que más del 70-80% de estas capturas se realizan sobre DCP o en asociación con los buques de cebo vivo (el patudo representa aquí el 20% de la captura de túnidos).

2.4.2 Indicadores de la pesquería relacionados con la situación del recurso

- Captura por lance

Aunque el patudo no sea el objetivo de los cerqueros, cualquier cambio en la captura por lance con éxito de la operación de pesca con DCP puede facilitar información acerca del impacto del esfuerzo pesquero en los juveniles (**Figura 14**). Este indicador del tamaño del cardumen muestra un descenso lento pero regular desde el inicio de los 90, lo que concuerda con el mismo patrón observado para la proporción de patudo capturado sobre objetos flotantes al mismo tiempo.

- Peso medio

Se utilizó la captura por talla en números y el peso correspondiente (utilizando la relación talla-peso) para el periodo 1975-2009 con el fin de estimar el peso medio para el patudo. El análisis se llevó a cabo por arte para las principales flotas que pescan en el Atlántico. La tendencia en el peso medio durante este periodo mostraba alguna incoherencia para algunas flotas (valores elevados o constantes en el tiempo), por lo que los datos

siguientes fueron eliminados:

- la captura por talla de los cerqueros españoles para el periodo 1975-1979,
- la captura por talla de 2006 de los cerqueros franceses y,
- la captura por talla de Ghana para el periodo 1980 a 1987.

En general, el peso medio mostraba una tendencia descendente a lo largo de toda la serie temporal, con una tendencia relativamente estable (aproximadamente 10 kg) durante la última década (**Figura 15**). El peso medio de los peces es bastante diferente según el arte de pesca. De media, es de aproximadamente 52 kg para los palangreros, 7 kg para los buques de cebo vivo y 4 kg para los cerqueros combinados (3,6 kg para los DCP y 9,8 para los bancos libres).

El análisis por arte muestra que recientemente existe una tendencia ascendente del peso medio para los palangreros (entre 56 y 76 kg) debida principalmente al aumento en el peso medio de las capturas de Japón, Taipeí Chino y Corea (**Figura 16**).

Respecto a los cerqueros, el peso medio del patudo descendió de forma constante hasta 1997, y osciló entre 3 y 4,5 kg a partir de entonces (**Figura 17**).

Respecto a los buques de cebo vivo, el peso medio del patudo descendió de forma constante a lo largo del tiempo, con un ligero aumento durante los últimos cuatro años. Pueden observarse también diferencias considerables entre las diferentes flotas (**Figura 18**).

Se hizo también una comparación entre las tendencias en el peso medio del patudo capturado con DCP y sobre banco libre (**Figura 19**). El peso medio sobre banco libre (12 kg) es mucho mayor que el registrado sobre DCP (3,5 kg). Considerando toda la serie temporal, el peso medio del patudo en el banco libre mostraba mucha más variabilidad que la observada en los DCP, con una tendencia ascendente durante los últimos cuatro años (17-25 kg).

2.5 Conversión de la captura por talla en captura por edad

2.5.1 Estimación de la captura por talla de patudo en 2010

Las muestras de frecuencia de tallas y de captura por talla (CAS) presentadas por las CPC se utilizaron para estimar la captura por talla global para los desembarques de patudo con el fin de generar la captura por edad (CAA). El **Apéndice 5** proporciona un resumen del estrato año-flota en el que falta la información sobre frecuencia de tallas/CAS y las sustituciones correspondientes utilizadas para crear la CAS global. En general se eligieron sustituciones de características flota-arte y zonas de operación similares durante un año determinado. Desde la última evaluación, de 2007 (Anon. 2008), se han producido importantes añadidos y modificaciones a los datos de frecuencia de tallas y de CAS enviados a la Secretaría. En resumen, las revisiones/añadidos más importantes incluían:

- Revisiones históricas de los datos de frecuencia de tallas e información de CAS de las principales pesquerías de palangre; Japón (2002-2005); Taipeí Chino (2004-2005); pesquerías comerciales de Estados Unidos (2005).
- Añadido de los datos históricos de frecuencia de tallas de la flota UE-PRT-Azores (SCRS/2009/190) que incluye muestras desde 1975 hasta 1980 (aunque la serie recuperada era desde 1965 a 1985).
- Añadido de frecuencia de tallas de UE-España (BB cantábrico) desde 2002 a 2005.
- Añadido de frecuencias de talla de LL de Marruecos (2003-2005) y de LL de México (2004)
- Redistribución de la categoría de pesquerías NEI-ETRO en las pesquerías pabellón-flota correspondientes (BB y PS)
- Inclusión de la serie de captura de patudo de Tarea I (pabellón UE-FR+ES) relacionada con el llamado "faux-poisson" en las estimaciones globales de captura por talla.
- La CAS fue ampliada con la inclusión de los años 2006, 2007, 2008 y 2009 (estimaciones preliminares) y el uso de las frecuencias de talla/CAS correspondientes disponibles en la base de datos de ICCAT. La comparación entre la Tarea I y el peso correspondiente de la matriz de CAS muestra menos de un 1% de diferencia entre cada año.

La matriz de captura por talla global se muestra en el **Apéndice 5**. Las estimaciones de 2009 son parciales y preliminares, ya que la frecuencia de tallas/CAS de algunas de las principales CPC no estaba disponible (en su

lugar se utilizó la frecuencia de tallas de 2008).

2.5.2 Corte de edad

La captura por talla se convirtió en captura por edad usando el corte de edad. Los peces se asignaron a clases de edad de acuerdo con la metodología utilizada para La evaluación del stock de patudo del SCRS de 2007 (Anon. 2008), que asume que el crecimiento sigue la ecuación de crecimiento de Hallier *et al.*, 2005 ($L_t = 217.28(1 - \exp(-0.18(t+0.709)))$). La clase de edad implica en este caso la cohorte de un año civil, asumiendo que el nacimiento (o el punto equivalente extrapolado hacia atrás en la curva de crecimiento) se produce el 1 de enero. Los puntos de corte (límite superior de cada clase de edad por trimestre del año) se calcularon añadiendo la mitad de un año a cada edad trimestral (la edad “verdadera” desde el 1 de enero, definida en el medio de cada trimestre) y utilizando la talla predicha a dicha edad, bajo el supuesto de que el crecimiento no varía de forma estacional (**Tabla 7**). De esta forma, una “ventana” móvil acota cada edad trimestral, con el límite inferior de la ventana definido como la talla predicha de un pez seis meses más joven (que también corresponde al límite superior de la siguiente clase de edad más joven para ese trimestre), y el límite superior (punto de corte) definido como la talla predicha de un pez seis meses mayor (**Figura 20**). Los peces con tallas dentro de esta ventana (es decir, superiores al límite inferior e iguales o inferiores al límite superior) fueron asignados a la misma clase de edad.

Por ejemplo, el límite superior para los peces de edad 0, los peces del primer trimestre, fue predicho a partir de la edad 6 meses superior a los peces de edad 0 en mitad del primer trimestre (definida como 0,125 años). En otras palabras el límite superior (46 cm) fue predicho a partir de una edad de 0,625 años (**Figura 20**).

La rutina de corte de edad fue codificada en Fortran durante las evaluaciones de stock anteriores. Para una mayor flexibilidad, la rutina se codificó utilizando SAS®. Tras la confirmación de que las matrices globales de captura por edad coincidían utilizando ambos enfoques, la rutina codificada con SAS® se utilizó para producir las diversas matrices de captura por edad requeridas como entradas del VPA (**Tabla 8, Figura 21**).

Se hicieron comparaciones entre las nuevas matrices de captura por edad y las realizadas para la evaluación de 2007. Aunque se observaron algunos cambios sustanciales entre ciertas matrices, los cambios conocidos realizados a la base de datos de captura por talla (a través de informes nuevos, revisiones, correcciones, añadido de “faux poisson”, cambios en la definición de la pesquería correspondientes a los índices de CPUE, etc.) parecen explicar estas diferencias.

2.5.3 Generación estocástica de la captura por edad

La generación de la captura por edad para usarla en el VPA se realiza tradicionalmente utilizando el corte de edad en el que se predice la edad a partir de la longitud utilizando el inverso de la curva de crecimiento de von Bertalanffy, es decir,

$$a = t_0 - \log(1 - l) / K$$

Una alternativa es ajustar estadísticamente la talla por edad asumiendo que la distribución de frecuencia de tallas es una suma ponderada de las densidades del componente k , es decir,

$$g(x|\mu, \sigma) = \pi_1 f(x|\mu_1, \sigma_1) + \dots + \pi_k f(x|\mu_k, \sigma_k)$$

en la que los parámetros son las proporciones de mezcla y las medias y las desviaciones estándar de las distribuciones del componente.

El ajuste estadístico de la longitud por edad puede realizarse en R utilizando el paquete mixdist (<http://www.math.mcmaster.ca/peter/mix/mixdist.pdf>). En el SCRS/2010/088 se facilita una comparación más completa del corte de edad y de la captura por edad estadística.

La **Figura 22** muestra las frecuencias de talla observadas (azul), las modas de frecuencia de talla ajustadas (rojo), la distribución de tallas ajustadas (línea verde sólida) y la talla por edad (líneas verdes verticales). En el corte de edad, el área entre las líneas verticales facilita los números por edad, mientras que en la alternativa estadística los números por edad se determinan por el área bajo la correspondiente distribución del componente. Una vez que se ha elegido la distribución, pueden estimarse tres parámetros, es decir, proporción, talla media y dispersión. Aunque existe información suficiente en los datos para estimar las primeras modas, existe poca

información para estimar todos los parámetros para las edades mayores cuando existe un considerable solapamiento entre las tallas de las diferentes edades. Además, las frecuencias de talla observadas no son sólo una función del crecimiento sino también de la selectividad de las pesquerías, por lo tanto se estimó la talla media de las dos primeras edades y el CV se limitó para que fuera el mismo en todas las edades. Esto significa que para estimar 8 edades se estimaron 11 parámetros (8 proporciones por edad, tallas medias de las edades 0 y 1 y CV de las modas). Para mejorar el ajuste sería de gran ayuda contar con conocimientos anteriores en forma de curvas de crecimiento, variabilidad en el crecimiento y selectividad por talla.

La **Tabla 9** compara la proporción por edad estimada a partir del corte de tallas y la estimación estadística de la captura por edad, en general se han encontrado más peces en la edad 0 y menos en la edad 1 utilizando el método estadístico. La **Tabla 10** compara el crecimiento de la curva de crecimiento de von Bertalanffy asumida y los valores estimados (sólo se han estimado las edades 0 y 1), la talla por edad 1 es mayor que la predicha a partir de la curva de crecimiento, presumiblemente porque los peces de edad 0 no están totalmente seleccionados para la pesquería.

3 Métodos y otros datos pertinentes para la evaluación

3.1 Modelos de producción

Diferentes modelos de producción excedente (SPM) se aplicaron a la pesquería del patudo del Atlántico (*Thunnus obesus*) durante el Grupo de trabajo para evaluar la situación del stock y facilitar puntos de referencia para los gestores de la pesquería. Aunque a los modelos de biomasa les falta algún realismo ya que no pueden tener en cuenta los cambios en el patrón de pesca y no representan explícitamente la complejidad estructurada por edad de los stocks de peces (por ejemplo, variaciones en la mortalidad natural con la edad) y los procesos de reproducción, son consideradas herramientas robustas para evaluar la respuesta dinámica de las poblaciones de peces a la explotación y facilitar asesoramiento científico sobre la situación de los stocks (Ludwig & Walters 1985, Hilborn y Walters 1992, Laloë 1995, Prager 2000). Los modelos de producción excedente incluían formas funcionales tanto logísticas como generalizadas y se ajustaron de acuerdo con diferentes métodos, dependiendo de los programas informáticos de interés. Considerar diferentes tipos de modelos de producción excedente basados en diferentes métodos de estimación podría ayudar posiblemente a representar la incertidumbre del modelo.

3.1.1 Entradas de datos para los modelos de producción excedente

Se estimó la captura total para el periodo 1950-2009 durante la reunión de preparación de datos en abril de 2010 (SCRS/2010/011) y se actualizó durante el Grupo de trabajo a partir de los datos de Tarea I de ICCAT. Los índices de abundancia combinada se derivaron a partir de las 9 series temporales de tasas de captura estandarizadas disponibles para la pesquería (véase la sección 2). Se calcularon seis nuevos índices combinados durante el Grupo de trabajo, de acuerdo con diferentes métodos de ponderación y selección de datos (**Tabla 11**).

3.1.2 ASPIC

El programa de ASPIC versión 5.34.8 se utilizó para ajustar los modelos de producción generalizados (Pella-Tomlison) y logístico (Schaefer). En el ensayo de ASPIC se consideraron en total doce casos fundamentales iniciales (Ensayos 1 a 12) y aparecen resumidos en la **Tabla 12**. Los resultados de ASPIC pueden ser sensibles a los valores iniciales de los parámetros utilizados, a la forma de la función de producción (logística o generalizada) y a si todos los parámetros son fijados o estimados. Con el fin de explorar esta sensibilidad, para cada caso se realizaron ocho ensayos de sensibilidad considerando cuatro combinaciones de parámetros iniciales, específicamente capturabilidad (q (2.0000E-06 o 2.0000E-04) y el límite superior de K (2.0000E+06 o 4.0000E+07) y seleccionando la opción para estimar B_1/K o fijarlo. Por lo tanto, se llevaron a cabo en total 96 ensayos con la intención de seleccionar los valores iniciales, la función de producción y la estrategia de ajuste más adecuados para cada caso. No todos estos ensayos convergieron con éxito, entre los que convergieron se realizó una mayor selección para determinar el ensayo más adecuado para cada caso. En primer lugar, se eligió la forma generalizada o logística del modelo de producción para un determinado caso mediante un test de F. En segundo lugar, los ensayos que arrojaban mejores resultados de parámetros que se consideraron no plausibles (elevada F/F_{RMS} (> 3) en años recientes, elevada B/B_{RMS} (> 10) y pequeña B/B_{RMS} (cercana a cero) al inicio de la serie temporal) se rechazaron y no se mantuvieron para más análisis.

Se llevaron a cabo el bootstrap (1.000 veces) y las proyecciones para el resto de ensayos. Por último, los resultados de bootstrap para el resto de casos se combinaron en una única matriz para ayudar a describir la

incertidumbre.

3.1.3 Modelo PROCEAN

El PROCEAN (PRoduction Catch-Effort ANalysis) es un modelo dinámico de biomasa basado en el modelo de producción excedente generalizado de Pella y Tomlinson (1969) que permite separar las diferentes flotas pesqueras que se dirigen al stock (Maury 2001, 2002). En PROCEAN, se utiliza un esquema numérico semi-implícito para integrar la ecuación diferencial ordinaria de Pella y Tomlinson (1969) y se predicen las capturas (Fournier 1996). En el análisis actual no se consideró ningún proceso de desarrollo aleatorio lognormal para modelar la variabilidad en la capacidad de transporte del stock o/y en la capturabilidad de las flotas individuales. Los cálculos se llevaron a cabo utilizando AD Model Builder (Fournier, 1996), una herramienta flexible, estable y eficiente adaptada para estimar parámetros del modelo no lineales (Maunder, 2000, 2004) basada en la diferenciación automática (Griewank y Corliss, 1991). Los parámetros se estimaron basándose en el método del máximo de la distribución posterior (Bard, 1974) minimizando la función objetivo total que incluye los componentes de la verosimilitud logarítmica negativa y las contribuciones de probabilidad de la distribución previa. Las distribuciones posteriores de los parámetros del modelo pueden estimarse también utilizando un enfoque de simulación Monte Carlo Markov Chain (MCMC) comenzando desde los parámetros en la moda de la distribución posterior. En este caso, se usa el algoritmo Hastings-Metropolis implementado en el AD Model Builder. Las afirmaciones de confianza acerca de los parámetros fueron aquí deducidas a partir de las estimaciones de la matriz hessiana en la moda de la distribución posterior (Fournier, 1996).

- Ensayos del modelo

En primer lugar, algunos intentos de ajuste inicial de PROCEAN se hicieron basándose en la serie temporal de índices de abundancia disponibles para las diferentes flotas pesqueras que capturan patudo, es decir, palangreros estadounidenses, palangreros japoneses, palangreros uruguayos, palangreros brasileños, palangreros de Taipeí Chino, palangreros de Marruecos y buques de cebo vivo de las Azores (véase la sección 2). Posteriormente se llevó a cabo una reducción en el número de series temporales excluyendo progresivamente las series temporales de CPUE de Marruecos, Brasil y Uruguay que se consideraban demasiado cortas, ruidosas o no representativas de la pesquería. En todos los casos, no se obtuvo ningún ajuste estadístico que condujera a resultados biológicamente coherentes debido principalmente a información contradictoria en los datos de la CPUE estandarizada. Esta conclusión es coherente con los intentos realizados en pasados grupos de trabajo para ajustar series múltiples de CPUE a ASPIC (Anon. 2005).

En un segundo paso, se ajustó PROCEAN a las series temporales 1, 2, 4 y 6 de los índices de abundancia combinados (**Tabla 13**). Los límites de los parámetros y las penalizaciones en forma de distribuciones previas se utilizaron para reducir el espacio de los parámetros con el fin de explorar el proceso de estimación (**Tabla 13**). Los límites de los parámetros se definieron de acuerdo con la información biológica y los conocimientos de los expertos. Se facilitó información al modelo bien fijando el valor de la biomasa en el año inicial (ensayos 1 y 4) o bien mediante una distribución previa informativa (series 2 y 3). Se consideraron valores medios de 0,8 y 0,85 para las distribuciones previas de B0/K para las series temporales de los índices de abundancia que empezaban en 1971 y 1968, respectivamente. Estos valores se eligieron de acuerdo con el inicio de la pesquería de patudo a principios de los 50. Se utilizaron también distribuciones previas informativas para el parámetro de la tasa de crecimiento *r* en el caso de los ensayos 2 y 3 basándose en la información disponible en el informe de la reunión de evaluación de 2007 (Anon. 2008).

3.1.4 Modelo de producción bayesiano

Se ajustó a la serie temporal de CPUE un modelo de producción excedente Bayesiano logístico, igual al utilizado en la evaluación de pez vela en 2009 (Anon. 2010). Las distribuciones posteriores se calcularon basándose en un algoritmo de *Adaptative Importance Sampling (AIS)-Sampling Importance Resampling (SIR)* (Andrade y Kinias, 2007). El modelo se aplicó a toda la serie temporal de índices de abundancia combinados descritos en la **Tabla 11** excepto a la serie temporal no ponderada (Serie 5).

- Distribuciones previas

Tras algunas discusiones durante el Grupo de trabajo se utilizaron dos conjuntos de distribuciones previas informativas y no informativas basándose en las distribuciones de Student con multivariadas. Las distribuciones previas se basaban en la información disponible en el informe de la reunión de evaluación de 2007, mientras que las distribuciones previas no informativas eran “planas”. Las densidades marginales de las distribuciones previas

utilizadas en los modelos se muestran en la **Figura 23**.

- Ensayos del modelo

Se llevaron a cabo diez ensayos de acuerdo con la combinación de distribuciones previas y conjuntos de datos que aparece en la **Tabla 14**. Al usar el algoritmo AIS/SIR se pueden utilizar algunos criterios para comprobar si la función de importancia es cercana a la función posterior verdadera antes de tomar una muestra final utilizando SIR. Se utilizó el criterio “Entropía” y los resultados se muestran en la **Tabla 14**. Los valores de entropía cercanos a 1 muestran que la función de importancia es similar a la distribución posterior, por lo tanto sólo se consideraron los ensayos en los que la entropía era superior a 0,9. Por consiguiente, se descartaron los resultados de los análisis de cuatro ensayos. A continuación sólo se presentan los resultados de los demás ensayos. Estos ensayos son: (i) datos ponderados por área – distribución previa informativa, (ii) datos ponderados por área – distribución previa no informativa, (iii) datos ponderados por captura – distribución previa informativa, (iv) datos ponderados por captura - distribución previa no informativa, (v) datos ponderados por captura pero descartando la información de Japón previa a 1970 - distribución previa informativa y (vi) datos ponderados por captura pero descartando la información de Taipeí Chino previa a 1970 - distribución previa informativa.

3.2 Multifan-CL

El informe de la reunión de preparación de datos de patudo de 2010 (SCRS/2010/011) facilita una explicación detallada de los datos incluidos en la evaluación de 2010 de MFCL. Todos los datos incluidos en el modelo se prepararon durante esta reunión, excepto la serie de CPUE actualizada para las flotas que siguen operando (4-6 y 8-15). Estos índices se prepararon intersesiones utilizando métodos acordados y descritos en el Informe de la reunión de preparación de datos de patudo de 2010. El documento SCRS/2010/091 describía las especificaciones iniciales del modelo asumidas para un ensayo de “continuidad” basado en las especificaciones del modelo utilizadas en la evaluación de 2007 pero utilizando datos hasta 2008. El modelo incluía también datos históricos desde 1950 para ciertas pesquerías, ampliando el inicio del modelo hasta 1961 (tal y como se asumió en 2007).

El único cambio importante en los supuestos entre 2007 y 2010 era sobre la mortalidad natural. En 2007, la mortalidad natural se estimó dentro del modelo mientras que el modelo descrito en el documento SCRS/2010/091 fijaba el vector M por edad en el calculado en 2007 (**Figura 24**). Debido a que el grupo identificó varios temas que eran fuente de inquietud con el modelo actualizado, el grupo investigó varios ensayos alternativos con el fin de solucionar estas inquietudes. Estos ensayos alternativos se enumeran en la **Tabla 15**.

3.3 VPA

3.3.1 VPA 2-BOX

El Grupo de trabajo examinó tres formulaciones preferidas del modelo VPA. Todas se ensayaron usando el software VPA-2Box (versión 3.01¹) y se utilizaron los datos de captura por edad especificados en la **Tabla 16**. Los supuestos biológicos utilizados para los ensayos fueron los siguientes:

$$\text{Mortalidad natural (M)} = \text{Edades 0-1} = 0,8, \text{edades 2-7+} = 0,4$$

Los parámetros biológicos utilizados para el VPA son los mismos que los usados durante la evaluación de patudo de 2007. Los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy de Hallier *et al.* (2005): $k=0.180 \text{ yr}^{-1}$, $L_{\infty} = 217.3 \text{ cm}$ y $t_0 = -0.709 \text{ años}$, y la ecuación peso-longitud de Parks *et al.* (1982): Peso (kg) = $2.396 \text{ E}^{-5} * \text{FL(cm)}^{2.9774}$ se utilizaron para estimar la edad del grupo plus.

La fecundidad se estimó utilizando una aproximación, % de madurez * peso por edad del stock (calculado a partir de la curva de crecimiento a 1 de enero). Para la fecundidad del grupo plus, se asumió que la población estaba compuesta por un 50% de individuos de edad 7 y un 50% de individuos de edad 8.

	<i>Edad 0</i>	<i>Edad 1</i>	<i>Edad 2</i>	<i>Edad 3</i>	<i>Edad 4</i>	<i>Edad 5</i>	<i>Edad 6</i>	<i>Edad 7+</i>
% maduros	0	0	0	0.5	1	1	1	1
Peso (kg)	0,393	4,16	12,78	25,56	41,15	58,21	75,60	100,50

El VPA utilizó todos los índices de abundancia disponibles (**Tabla 17**). Los índices estaban ponderados igualmente, y a cada estimación de abundancia anual se asignó un CV = 0,2. La vulnerabilidad se estimó

¹ Versión 3.01, Porch, Catálogo de software de ICCAT

utilizando las capturas parciales específicas de la flota. Estas se resumen en la **Tabla 18**. Cuatro índices se especificaron en biomasa (Uruguay LL principio, Uruguay LL final, Azores BB y EU PS DCP). Para éstos, el VPA-2BOX requiere matrices de peso por edad específicas de la flota. Estas se construyeron a partir de la información de captura por talla de Tarea II (**Tabla 19**).

Las especificaciones de la estimación de parámetros del VPA-2BOX se resumen en la **Tabla 20**. Se aplicó una penalización (Desviación estándar = 0,4) a las desviaciones en la vulnerabilidad en las edades 0-7 durante 2006-2008 para evitar grandes fluctuaciones en estas estimaciones. Se estimaron los parámetros de la F terminal para las edades 1, 4, 5 y 6. La F terminal de la edad 0 se fijó en 1,08 veces la estimación de la edad 1. Las F terminales de las edades 2 y 3 se fijaron en 0,57 y 0,73 veces la estimación de la edad 4, respectivamente. Estos valores se determinaron utilizando los resultados de un VPA separable (véase más abajo).

Las ratios de F (edad 7+ en relación con la edad 6) se modelaron estimando la ratio en 1975, y permitiendo después un desarrollo aleatorio (SD = 0,2). Esta opción permite alguna flexibilidad al modelo para que ajuste mejor los datos, pero no requiere la estimación de todas las ratios de F como valores independientes, lo que resultaría probablemente en un exceso de parametrización.

3.3.2 VPA separable

La **Figura 25** presenta un análisis de la curva de captura por década de los datos de captura por edad, mientras que la **Figura 26** presenta un VPA separable de los mismos datos. Una diferencia entre las dos es que el análisis de la curva de captura proporciona una estimación de Z mientras que el análisis separable proporciona una estimación de F. En las dos figuras pueden verse patrones similares, es decir, un aumento en la mortalidad en las edades más jóvenes en las últimas décadas. En los 80, el análisis de la curva de captura muestra una Z elevada en las edades más jóvenes, lo que puede deberse a una M mayor en estas edades ya que esto no se observa en el VPA separable. Toda la modelación se hizo en R utilizando FLR.

3.4 Otros métodos

3.4.1 Modelos de producción estructurados por edad

En el documento SCRS/2010/092 se presentaba una comparación entre modelos del tipo producción estructurados por edad simples y modelos de tipo más complejo plenamente integrados. El principal objetivo de este documento era evaluar los resultados de utilizar configuraciones del modelo de producción de stock simple frente a otras configuraciones más complejas plenamente integradas cuando se ajustaban a los datos de patudo tanto de 2007 como a los más recientes de 2010. El número de parámetros estimados para cada uno de los modelos oscilaba entre 3 y 146. Todas las configuraciones del modelo se diseñaron utilizando el modelo ASPIC o el Stock Synthesis (SS). El marco SS fue configurado tanto para un modelo de producción de stock simple como para un modelo más complejo plenamente integrado. Las siete configuraciones del modelo estimaron resultados algo similares, pero con algunas diferencias importantes. Las configuraciones del modelo tipo producción de stock, tanto de ASPIC como SS, tendían a estimar una estabilidad reciente en el elemento de referencia B/B_{RMS} . Las configuraciones plenamente integradas, por otra parte, estimaban un descenso más marcado en el mismo punto de referencia para el mismo periodo aunque no concordaban necesariamente en el valor absoluto de B/B_{RMS} para el año terminal. Parte de la razón para estas diferencias puede deberse al hecho de que los modelos plenamente integrados no asumen que todos los peces son igualmente y plenamente seleccionados por cada pesquería. Esto podría ser especialmente importante teniendo en cuenta que se ha demostrado que la talla media del patudo ha ido descendiendo constantemente. Dado el elevado nivel de variabilidad en la selectividad de las flotas que explotan el patudo y de la cantidad de datos disponibles para introducir en el modelo de evaluación, este documento concluía que las evaluaciones realizadas con el modelo de evaluación del tipo plenamente integrado podrían capturar algunas observaciones importantes que podrían faltar en un modelo tipo producción de stock. Las conclusiones de este trabajo incluían: (1) aunque el modelo ASPIC_07 llegue a un ajuste satisfactorio, algunos parámetros en el SS_ASPIIC_07 estaban limitados durante la estimación; (2) la “estabilización” reciente de B/B_{RMS} estimada por los modelos de producción de stock no era clara en los modelos plenamente integrados. Esto podría deberse al supuesto de la selectividad total realizado por los modelos de producción de stock. El constante descenso en la talla media observado en el patudo podría ser la causa de esta diferencia. Esta observación podría ser representada mejor con un VPA o con un modelo plenamente integrado.

Durante la reunión se hicieron más modelos SS configurados como modelo de producción estructurado por edad. Se consideraron cuatro configuraciones, cada una usando uno de los cuatro índices combinados acordados (1.

Ponderado por captura; 2. Sólo desde 1971 en adelante, 3. Excluyendo Taipei Chino antes de 1970, 4. Excluyendo Japón antes de 1970). Se llevó a cabo el análisis MCMC sobre cada uno de estos modelos con el fin de producir distribuciones de probabilidad alrededor de los parámetros estimados y de los puntos de referencia de la ordenación resultantes. La forma de las distribuciones de estas estimaciones de inclinación (que es parecida a r) eran o bien frecuentemente limitadas (**Figura 27**, conjunto de datos 1 y conjunto de datos 3) o bien bastante amplias en la desviación estándar (conjunto de datos 2 y conjunto de datos 4). Esto sugiere que podría no existir una señal clara en la serie temporal de CPUE combinada respecto a la productividad del stock. Como consecuencia, de forma similar a lo que han revelado los ensayos de bootstrap de ASPIC, las estimaciones de la B/B_{RMS} y la F/F_{RMS} actuales deben considerarse en consecuencia (**Figura 28**).

3.4.2 Modelos plenamente integrados

En el documento SCRS/2010/092 se detalla la configuración del modelo SS plenamente integrado. El ensayo denominado SS_fix se consideró la base de la configuración del modelo. Esta estructura de modelo se mantuvo similar al modelo MFCL 2007 previo, con 8 clases de edad anuales, tres regiones de pesca, y cuatro trimestres de tres meses cada uno. El reclutamiento se fijó para que ocurriera igualmente en cada uno de los trimestres (es decir, 25%) con un 5% en las áreas 1 y 3 y un 90% en el área 2. Al llegar a la edad 1, se permitió a los peces moverse entre las áreas 1 y 2, y las áreas 2 y 3. El programa de madurez por edad de MFCL se usó igual que en 2007. Los valores biológicos se fijaron en valores idénticos para la mortalidad natural (0,8 para la edad 0 y 1, y 0,4 para las edades posteriores), los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy y la variación en la talla por edad, la relación talla-peso, la madurez y las contribuciones reproductoras por edad. No se utilizaron las cohortes de crecimiento ni los cambios en las series temporales en la selectividad de la pesquería o los parámetros biológicos. Los parámetros estimados incluían parámetros de movimiento, R0, inclinación, desviaciones del reclutamiento anual, mortalidad por pesca inicial, capturabilidades globales de la flota y parámetros de selectividad basados en la talla. Se estimaron en total 120 parámetros.

4 Resultados de la situación del stock

4.1 Modelos de producción

4.1.1 ASPIC

Los parámetros de entrada para todos los casos se muestran en la **Tabla 12** y los índices de CPUE combinados y los datos de captura utilizados para los análisis se muestran en la **Tabla 21**. Los 39 ensayos de sensibilidad sin bootstrap que convergieron (**Tabla 22**) y el porcentaje de ensayos de sensibilidad con éxito que convergieron para cada uno de los doce casos se resumen en la **Tabla 23**. La serie temporal de F/F_{RMS} y B/B_{RMS} de todos los ensayos que convergieron se muestra en la **Figura 29**. Se seleccionaron en total cuatro casos porque cumplían los criterios de producir resultados plausibles y se eligieron para el examen de bootstrap (**Figura 30**). Los parámetros de entrada para los restantes cuatro ensayos de bootstrap se muestran en la **Tabla 24**. De estos, se completaron tres ensayos de bootstrap (ensayo 3, ensayo 5 y ensayo 6), porque el bootstrap para el ensayo 7 no tuvo éxito.

Los resultados basados en los tres casos sugieren que el nivel de explotación en años recientes variaba entre los casos (la ratio B_{2009}/B_{RMS} es desde 0,716 hasta 1,379 y la ratio F_{2009}/F_{RMS} es desde 0,752 hasta 1,252, **Figuras 31-33** y **Tabla 25**). Los diagramas de fase combinados de los tres casos se muestran en la **Figura 34**. Las medianas de B_{2009}/B_{RMS} y F_{2009}/F_{RMS} de los 3000 resultados de bootstrap que se obtuvieron al combinar los resultados de los tres casos fueron 1,052 y 0,950, respectivamente, cifra ligeramente superior al nivel que produce el RMS. Se estimó que el RMS se encontraba entre 84.220 t y 98.290 t (**Tabla 25**), que es un valor cercano a la captura de 2009 (87.926 t).

- Proyecciones

Las proyecciones de población mediante bootstrap fueron realizadas usando el modelo ASPIC (véase la sección 3.1) con los tres casos (Ensayo 03, ensayo 05 y ensayo 06). La captura en 2010 se estableció en la captura declarada de 2009 (87.926 t) y a partir de entonces (2011-2020) se establecieron políticas de captura constante de 50.000, 60.000, 70.000, 80.000, 90.000, 100.000, 110.000 y 120.000 t así como escenarios de F constante (relativos a F reciente, 60%, 70%, 80%, 90% 100% y 110%). Las estimaciones puntuales muestran que el stock debería recuperarse si la captura constante futura de cada caso es inferior a 80.000 t, 70.000 t y 90.000 t respectivamente (similar o inferior al rango del RMS estimado (84.220 t a 98.290 t) mediante ASPIC), y si la F

constante (relativa a la F reciente) de cada caso es superior al 90%, 90% y 100%, respectivamente (**Figuras 35-37**). Las trayectorias de la mediana de la biomasa así como los límites de confianza del 80% para cada política de captura constante se muestran en las **Figuras 38-40**. La **Figura 41** muestra la probabilidad de que la mortalidad por pesca F esté por debajo de F_{RMS} y B por encima de B_{RMS} tal y como se calculó utilizando proyecciones de biomasa para 2010 a 2030 y teniendo en cuenta diferentes valores de captura constante desde 60.000 a 110.000 t.

4.1.2 Modelo PROCEAN

Los modelos ajustaban bien los datos de captura aunque los residuos al inicio de la serie temporal se apartaban del supuesto de normalidad (**Figura 42**). Las estimaciones de los parámetros del modelo y los parámetros asociados de ordenación de la pesquería se presentan en las **Tablas 26** y **27**, respectivamente. El parámetro forma m del modelo de producción generalizado variaba entre 1,16 y 4,41 (**Tabla 26**), lo que refleja cambios fuertes en la forma de la curva funcional de acuerdo con la serie temporal de datos utilizada. Igualmente, el parámetro de tasa de crecimiento, r , variaba entre 0,12 y 0,81. Dichas variaciones podrían explicarse por los fuertes cambios observados al inicio de la serie temporal del índice de abundancia disponible que han sido discutidos en otro sitio (por ejemplo, Polacheck 2006). Las estimaciones del RMS se encontraban entre 64.000 y 100.000 t de conformidad con la selección de datos en los 60. La serie temporal más corta del índice de abundancia, es decir 1971-2008, produjo el menor valor de RMS de 64.000 t y una situación de sobrepesca a finales de los años 2000 ($F_{2008} > F_{RMS}$ y $B_{2008} < B_{RMS}$).

En conjunto, los cuatro ensayos del modelo mostraban una evolución bastante similar de la ratio de biomasa (B/B_{RMS}) y (F/F_{RMS}) en el tiempo, pasando de una situación de subexplotación en los 70 y los 80 a una situación de sobrepesca en los 90 (**Figura 43**). Sin embargo, los modelos conducían a diferentes diagnósticos en el pasado reciente, es decir en los años 2000, según el tipo de ponderación utilizado. Los ensayos 1-3 del modelo eran bastante similares y sugerían un descenso en la mortalidad por pesca desde principios de los años 2000 hasta la situación actual (2008) mientras que el modelo 4 indicaba un descenso mayor en la mortalidad por pesca, F , y un aumento concurrente en la biomasa, B (**Figura 43**).

4.1.3 Modelo de producción bayesiano

La **Figura 44** muestra las distribuciones posteriores. El Grupo de trabajo consideró que a pesar del hecho de que existía convergencia de importancia hacia la función posterior en el análisis de los conjuntos de datos ponderados por captura con la distribución previa no informativa, las estimaciones de los parámetros no eran coherentes biológicamente. Por tanto, estos resultados no se consideraron a partir de entonces. Todas las distribuciones posteriores presentaban algunas diferencias respecto a las distribuciones previas, reflejando que los datos eran algo informativos. Los ajustes del modelo que eran coherentes con la biología del patudo y los conocimientos sobre la pesquería de patudo se presentan en la **Figura 45**. En todos los ensayos, los ajustes del modelo eran razonablemente buenos desde finales de los 70 en adelante. Excepto para el modelo ajustado a la serie 5 del índice de abundancia (conjunto de datos en el que los datos de Japón previos a 1970 fueron descartados), todos los ensayos mostraban una tendencia ascendente clara después de principios de los años 2000.

En las **Tablas 28-32** se muestra un resumen de los puntos de referencia basados en las distribuciones posteriores. Excepto para los resultados obtenidos con la serie temporal 5, todos los resultados eran optimistas respecto a la situación del stock. En estos casos, la biomasa del stock en años recientes sería superior a la biomasa en RMS (B_{RMS}), mientras que la mortalidad por pesca actual sería inferior a la mortalidad por pesca en RMS (F_{RMS}).

Los diagramas de fase muestran que el stock de patudo podría haber experimentado sobrepesca ($F > F_{RMS}$ y $B < B_{RMS}$) a principios de los años 2000, pero que la probabilidad de que la actual $F/F_{RMS} < 1$ y $B/B_{RMS} > 1$ es relativamente elevada (**Figura 46**). Sólo los ensayos del modelo llevados a cabo para el índice de abundancia que excluía los datos de los palangreros japoneses previos a 1970 sugieren que el stock podría estar actualmente sobrepescado.

- Proyecciones

Con el fin de evaluar las consecuencias de valores alternativos del TAC, los modelos se ensayaron para estimar las proyecciones de biomasa bajo diferentes escenarios basados en la muestra de parámetros de la distribución posterior. El error de proceso no se consideró en las predicciones. La biomasa del stock se proyectó hacia 2010-2030 utilizando valores de TAC entre 60.000 t y 110.000 t. La mediana de las proyecciones se presenta en la

Figura 47. El escenario más optimista surgió cuando se utilizaron los datos ponderados por área (**Figura 47**). Los resultados reunidos cuando se descartan los datos de Japón previos a 1970 son el escenario más pesimista.

Estos resultados se utilizaron para calcular la probabilidad de que la mortalidad por pesca, F , sea mayor que F_{RMS} y de que B sea menor que B_{RMS} para todos los años y todos los valores de TAC utilizados en las simulaciones (**Figura 41**). Como se ha mencionado anteriormente, el escenario más pesimista surge cuando no se consideran los datos de Japón previos a 1970. En otros ensayos, las medianas de las distribuciones posteriores para B/B_{RMS} eran todas superiores a 1 y las medianas para F/F_{RMS} eran todas inferiores a 1.

4.2 Multifan-CL

Resumen de los resultados. La **Tabla 33** resume los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados durante la reunión. El Grupo de trabajo no eligió un caso base para elaborar el asesoramiento de ordenación. Sin embargo, se acordó que los resultados eran útiles para probar los supuestos del modelo y las implicaciones de incluir o excluir ciertos datos. A continuación se facilitan comentarios sobre varias opciones de modelo.

Ensayo de continuidad. Aunque el Ensayo 1 se presentó inicialmente como ensayo de continuidad (SCRS/2010/091), incluía una serie temporal que llegaba hasta 1950 y contaba con un vector de M por edad ligeramente diferente al del ensayo de continuidad de 2007. El ensayo 3 se desarrolló por tanto para incluir la misma fecha de inicio que en la evaluación de 2007 y utilizaba el mismo vector de M por edad que la evaluación de 2007, por lo que fue considerado el ensayo de continuidad por el Grupo. La serie temporal de los resultados clave del Ensayo 3 se presenta en la **Figura 48**.

Información de mercado. Un modelo de tres regiones excluyendo los datos de mercado (Ensayo 2) resultó ser un modelo bastante más optimista que aumentaba las estimaciones de reclutamiento y biomasa (**Tabla 33** y **Figura 49**). El RMS era más del doble que en el modelo del ensayo de continuidad. Esto indicaría que los datos de mercado contienen información importante sobre el movimiento de los túnidos entre regiones y la distribución relativa del reclutamiento, y que cuando se eliminan, el modelo asume grandes cantidades de biomasa sin pescar en las regiones 1 y 3 y asume que todos los reclutas se dispersan igualmente entre las regiones. Los datos de mercado tenderían a indicar que se produce poco movimiento entre las regiones y por lo tanto el reclutamiento se concentra en la región 2.

Efecto del supuesto de capturabilidad. El Grupo expresó su inquietud respecto a que la serie temporal de capturabilidad, especialmente para la pesquería 5, que mostraba una capturabilidad descendente en el tiempo era poco realista. Como resultado, se hizo un ensayo alternativo eliminando la estimación de una serie temporal en la capturabilidad (Ensayo 4). Esto produjo un modelo con estimaciones más optimistas de biomasa, así como de los puntos de referencia asociados del RMS (**Tabla 33**). Esto se debe probablemente a que el supuesto también elimina la creciente serie temporal de capturabilidad para varias de las pesquerías de cerco.

Efecto de M . En los ensayos 6 y 8, el vector M por edad variaba respecto al valor calculado por MFCL en 2007 y utilizado para el ensayo de continuidad. Lamentablemente, el ensayo 6 no pudo equiparar con precisión el vector M por edad del VPA y, por ello, no se volverá a considerar. En general, el vector M por edad tenía un efecto importante sobre el modelo, y los vectores mayores de M (ensayo 4) producían resultados más optimistas que el modelo que utiliza el vector de M por edad de WCPFC (ensayo 8) (**Tabla 33** y **Figura 50**).

Efecto de la variabilidad en el reclutamiento. El Grupo expresó su inquietud respecto a que ambos modelos integrados (SS3 y MFCL) mostraban descensos tanto en el reclutamiento como en la biomasa total en los años más recientes del modelo, mientras que algunos modelos de producción excedente presentaban una nivelación, o incluso recuperación, en la biomasa en los años más recientes del modelo. Se sugirió por tanto que los modelos de MFCL que intentaban explicar un descenso en la captura en años recientes por un reclutamiento descendente. Como resultado, se llevó a cabo un ensayo aumentando la penalización de las desviaciones en el reclutamiento a lo largo del tiempo (Ensayo 7). Esto parecía tener poco efecto en la estimación que hacía el modelo de la biomasa en años recientes o en el reclutamiento (**Figura 51**). Esto podría deberse al hecho de que la serie de CPUE para las pesquerías 3 y 4 era ruidosa y estaba calculada a partir de los datos de Tarea II de ICCAT. De esta forma el modelo continuaba explicando el descenso en la captura con un descenso en el reclutamiento.

Las tendencias de la serie temporal en F/F_{RMS} y B/B_{RMS} estimadas para los ensayos de Multifan CL 3, 4, 7 y 8 se muestran en la **Figura 52**. De estos ensayos, sólo el ensayo 8 estimaba que la progresión de F/F_{RMS} y B/B_{RMS} finalizaba donde B_{curr} es inferior a B_{RMS} y F es superior a F_{RMS} . Las estimaciones del Ensayo 3 habían entrado antes en esta región pero posteriormente se habían alejado.

4.3 VPA

El Grupo de trabajo eligió tres ensayos para representar los resultados de VPA “más plausibles”. La decisión se basó en el comportamiento y diagnósticos del VPA. Los tres ensayos pueden describirse de la siguiente manera:

- Ensayo 1:** El ensayo inicial con todos los índices, utilizaba capturas por edad específicas de la flota para estimar la vulnerabilidad del índice.
- Ensayo 2:** Igual que el ensayo 1, pero con la vulnerabilidad del índice de las flotas de palangre fijado en 1,0 después de la edad de total vulnerabilidad.
- Ensayo 6:** Igual que el ensayo 1, pero excluyendo el índice de cerco europeo.

Los resultados de los tres ensayos de base del VPA eran bastante similares. Todos indicaban una abundancia descendente en el stock reproductor (números) que se inició a mediados de los años 75 (**Figura 53**). Recientemente, la abundancia del stock reproductor ha aumentado ligeramente.

La mortalidad por pesca en todas las edades ha aumentado de forma sustancial desde 1990 (**Figura 54**). La mortalidad por pesca es particularmente elevada para las edades 0 y 1, que son seleccionadas por el arte de cerco, y las edades 5+ que son seleccionadas totalmente por el arte de palangre.

La mortalidad por pesca apical (el máximo de F por edad en un año determinado) ha aumentado enormemente durante la serie temporal (**Figura 55**). La trayectoria de la F/F_{RMS} apical indica que la sobrepesca empezó a ocurrir a mediados de los 90, y que la mortalidad por pesca ha superado de forma general el umbral de la sobrepesca ($F/F_{RMS} = 1$) desde entonces. De acuerdo con los resultados de las evaluaciones de VPA, la F/F_{RMS} actual² era 1,35, 1,25, y 1,36 para los ensayos 1, 2 y 6, respectivamente, lo que indica que la mortalidad por pesca está por encima del umbral de la sobrepesca.

La biomasa del stock reproductor ha descendido de forma general durante la serie temporal (**Figura 56**). En 1975, la mediana de la biomasa del stock reproductor era de aproximadamente 1,5 millones de toneladas. En 2009, la SSB era inferior a 500.000 t.

Las relaciones reproductor-recluta obtenidas a partir del VPA se muestran en la **Figura 57**. Para cada modelo se ajustó a los datos una función de Beverton-Holt. Los parámetros de la función Beverton-Holt, la biomasa reproductora no pescada (S_0) y las estimaciones de inclinación se resumen a continuación. Los modelos VPA estimaban la inclinación del patudo entre 0,47 y 0,61. Para estimar S_0 , los modelos VPA se llevaron hasta 2020 (condición de equilibrio) sin ninguna captura permitida.

Escenario	Alpha	Beta	Biomasa virgen	Inclinación
1	7,44E+07	2,90E+05	1,37E+06	0,59
2	7,11E+07	2,49E+05	1,34E+06	0,61
6	9,5E+07	5,48E+05	1,61E+06	0,47

La SSB/SSB_{RMS} del patudo ha descendido de forma general durante la serie temporal (**Figura 58**). De acuerdo con los resultados del VPA, la SSB cayó por debajo de la SSB en RMS en 2000, y ha continuado descendiendo hasta mediados de los 2000. Desde entonces, el descenso en la SSB/SSB_{RMS} se ha detenido y la situación ha permanecido estable pero con sobrepesca. De acuerdo con los resultados de las evaluaciones del VPA, la SSB₂₀₀₈/SSB_{RMS} era de 0,64, 0,69 y 0,63 para los ensayos 1, 2 y 6, respectivamente.

La incertidumbre en la situación actual del stock fue generada mediante bootstrap de los residuos de los índices de abundancia ($n = 1.000$). Las estimaciones resultantes sobre la situación del stock se presentan en la **Figura 59**. Dado que los resultados son tan similares, se han combinado también en una distribución conjunta (**Figura 60**). De los 3000 ensayos de bootstrap obtenidos de los resultados combinados, el 2% indican una situación saludable del stock, el 9% indican bien que está sufriendo sobrepesca o que está sobreexpresado y el 89% indican tanto que está sufriendo sobrepesca como que está sobreexpresado.

- Proyecciones

² Para calcular la F actual, calcular la media geométrica de F por edad para los años 2005-2007, y luego el máximo del vector resultante de F por edad.

Para los ensayos del modelo VPA, las proyecciones se realizaron hasta 2021 utilizando el software de proyección PRO-2BOX³. Para estimar la varianza se hicieron 1.000 bootstraps. Este método tiene en cuenta parte de la variabilidad inherente en las estimaciones de los parámetros, incluyendo los residuos del índice y la varianza en el reclutamiento. Los parámetros de reclutamiento del stock se estimaron durante la proyección como desviaciones de una función estimada stock reclutamiento de Beverton-Holt. Como ya se había hecho en evaluaciones previas, se avanzaron supuestos iniciales para los parámetros de la relación S/R ($\alpha = 2.2E5$, $\beta = 1.6E4$). La varianza permitida de la relación estimada S/R se estableció en SD = 0,4.

Se hicieron trece proyecciones de captura constante (de 2011 a 2021) para los tres ensayos del modelo VPA. La captura durante 2009 y 2010 se fijó en 87.900 t.

- | | |
|-------------|---------------|
| 1) 60.000 t | 9) 100.000 t |
| 2) 65.000 t | 10) 105.000 t |
| 3) 70.000 t | 11) 110.000 t |
| 4) 75.000 t | 12) 115.000 t |
| 5) 80.000 t | 13) 120.000 t |
| 6) 85.000 t | |
| 7) 90.000 t | |
| 8) 95.000 t | |

Los resultados se resumen en la **Figura 61**. De acuerdo con las proyecciones del Ensayo 1, la mediana de RMS = 82.000 t. Las implicaciones del Ensayo 1 son que se requieren niveles de captura inferiores a 60.000 t para permitir que la SSB se recupere hasta SSB_{RMS} antes de 2021. Son necesarios niveles de captura inferiores a 70.000 t para acabar con la sobrepesca antes de 2021. Niveles de captura por encima de 85.000 t causarían la merma continua del stock.

De acuerdo con las proyecciones del Ensayo 2, la mediana de RMS = 83.600 t. Se requieren niveles de captura inferiores a 65.000 t para permitir que la SSB se recupere hasta SSB_{RMS} antes de 2021. Son necesarios niveles de captura inferiores a 75.000 t para acabar con la sobrepesca antes de 2021. Niveles de captura por encima de 85.000 t causarían la merma continua del stock.

De acuerdo con las proyecciones del Ensayo 6, la mediana de RMS = 77.100 t. Se requieren niveles de captura inferiores a 60.000 t para permitir que la SSB se recupere hasta SSB_{RMS} antes de 2021. Son necesarios niveles de captura inferiores a 65.000 t para acabar con la sobrepesca antes de 2021. Niveles de captura por encima de 80.000 t causarían la merma continua del stock.

4.4 Otros métodos

A diferencia de la curva de rendimiento del modelo estructurado por edad (**Figura 61**), la curva de rendimiento estimada a partir del modelo plenamente integrado muestra una marcada desviación respecto a una curva simétrica asumida por el modelo Schaefer/logístico (**Figura 63**). La desviación en esta forma se debe probablemente a la diferencia en los supuestos sobre la selectividad. Esto supone un mayor respaldo a la investigación del Grupo de trabajo sobre utilizar un parámetro de forma en los modelos del tipo producción de stock.

Las estimaciones de los puntos de referencia B/B_{RMS} y F/F_{RMS} para el modelo plenamente integrado SS_fix y ASPIC Ensayo 3 se muestran en la **Figura 64**. Existe bastante acuerdo respecto a la tendencia global en los puntos de referencia, sin embargo, existe desacuerdo respecto a las estimaciones de los años finales. La discusión del Grupo de trabajo concluyó que esta diferencia se debe probablemente al hecho de que el modelo plenamente integrado está siendo influido por el índice de cerco sobre DCP, que está sesgado hacia los peces más pequeños. Este índice no fue incluido en el índice combinado utilizado para ejecutar el Ensayo 3 de ASPIC.

Las estimaciones anuales del rendimiento por recluta a partir del modelo plenamente integrado SS_fix se compararon con las estimaciones del Ensayo 8 del MFCL. Ambos modelos muestran que el rendimiento por recluta alcanzó un pico a finales de los 90 y ha experimentado un descenso constante desde entonces. Esto coincide con la observación de que los peces más pequeños están mostrando mayor prevalencia en la captura, lo que era evidente en la captura por edad del VPA. El giro hacia los peces más pequeños es también evidente en la

³ Versión 2.01, Porch, catálogo de software de ICCAT.

ratio de la mortalidad por pesca de edad 1 a las edades 2+ (**Figura 65**). Parece probable que la tendencia en la captura de peces más pequeños esté haciendo descender la eficacia de la pesquería.

Los resultados anteriores indican que si no se utilizan todos los datos disponibles para la pesquería podría perderse información importante sobre la población y la pesquería. Los modelos plenamente integrados, como MFCL y SS, pueden capturar más detalles y dar una perspectiva más holística de la pesquería. Esto es especialmente cierto para una pesquería como la del patudo, en la que las selectividades de los diferentes tipos de arte son muy dispares. El Grupo de trabajo recomendó que los modelos plenamente integrados, como MFCL y SS, continúen siendo investigados como herramienta para explorar la posible condición de los stocks de ICCAT. Sin embargo, se reconoció también que la complejidad en los modelos debe irse añadiendo con precaución y debe ser proporcional a la cantidad y calidad de los datos disponibles.

4.5 Síntesis de los resultados de la evaluación

Durante las dos últimas evaluaciones de patudo, en 2004 y 2007, la determinación de la situación del stock se realizó basándose principalmente en los resultados del modelo de producción obtenidos con ASPIC. Los resultados del toolbox VPA se utilizaron para describir la incertidumbre en la situación del stock en relación con la estructura del modelo. Multifan-CL se ejecutó también en 2007 y sus resultados se utilizaron para investigar los beneficios obtenidos al integrar más fuentes de datos (por ejemplo, marcado y datos de composición de tallas), así como para incorporar la estructura espacial en el modelo de evaluación.

La evaluación de stock de 2010 se llevó a cabo utilizando varios tipos de modelos. La lista de métodos que se iban a utilizar en la evaluación de la situación del stock y en el desarrollo de las proyecciones sobre el stock se elaboró durante la reunión de preparación de datos sobre patudo (SCRS/2010/011). Esta lista incluía las tres categorías de métodos utilizados en las últimas evaluaciones: modelos de producción, análisis de población virtual y modelos plenamente integrados. Dentro de cada una de estas categorías, se utilizaron varias versiones de cada modelo para facilitar una amplia gama de herramientas metodológicas que reflejen la incertidumbre estructural respecto a lo que podría ser el modelo ideal que represente la dinámica del stock de patudo. Las entradas de datos para estos modelos se desarrollaron en su mayoría durante la Reunión de preparación de datos, sin embargo, algunas fueron preparadas en el periodo intersesiones entre la reunión de preparación de datos y la reunión de evaluación (por ejemplo, la captura por talla, la captura por edad e índices de CPUE adicionales para las flotas Multifan). Durante la reunión de evaluación se llevaron a cabo algunas modificaciones finales de estas entradas, como la reestimación de los índices de CPUE combinados para los modelos de producción, una actualización de la captura total para 2009, y una estimación preliminar de la captura para 2010. La mayoría del resto de cambios en las entradas adoptados durante la evaluación se refieren a cambios en las opciones de parámetros para los diferentes modelos.

Como forma de comparar los cambios en la percepción del stock que resultan únicamente de añadir o actualizar los conjuntos de datos utilizados para ajustar el modelo de producción utilizado para facilitar el asesoramiento principal acerca de la situación del stock en 2007, se llevó a cabo un ensayo de ASPIC con la misma configuración que el utilizado en 2007, que se denomina ensayo de continuidad. Este nuevo ensayo sólo se diferencia del utilizado en 2007 en que las estimaciones de captura contienen años de datos adicionales (2006-2008) y en que el índice de abundancia combinado ha sido estimado con índices que fueron presentados durante la reunión de preparación de datos de 2010. Al igual que en 2007, los índices de CPUE de la flota de Taipei Chino no se utilizaron durante el primer periodo de la pesquería (antes de 1971); sin embargo, se incluyeron otros índices presentados durante 2010 como los índices de Marruecos y de Uruguay. Este ensayo proporciona una visión sobre la productividad y la situación del stock de patudo similar a la obtenida en 2007. No obstante, sugiere que la biomasa y la mortalidad por pesca han aumentado ligeramente durante el periodo 2005-2008.

En coherencia con evaluaciones previas del patudo del Atlántico, los resultados de los modelos de producción en no equilibrio se utilizan para facilitar nuestra mejor descripción de la situación del recurso. El RMS actual estimado utilizando tres tipos de modelo de producción era de aproximadamente 90.000 t, similar a las capturas estimadas asumidas para 2009, aunque la incertidumbre en las estimaciones amplía el rango. Además, estas estimaciones reflejan la mezcla relativa actual de pesquerías que capturan patudo grande o pequeño; el RMS puede cambiar considerablemente con cambios en el esfuerzo pesquero relativo ejercido por las pesquerías de superficie y de palangre.

La trayectoria estimada del stock se muestra en la **Figura 66**. La biomasa al inicio de 2010 se estimó en aproximadamente el 100% de la biomasa en RMS y la tasa de mortalidad por pesca de 2009 se estimó en

aproximadamente un 5% por debajo de la tasa de mortalidad por pesca en RMS. El rendimiento de sustitución para el año 2009 se estimó cercano al RMS.

El Grupo de trabajo indica que existe una considerable incertidumbre en la evaluación de la situación del stock y de la productividad del patudo, tal y como se ha indicado en evaluaciones anteriores (Anon., 2008). Existen muchas fuentes incertidumbre, lo que incluye qué método representa mejor la dinámica del stock, qué método está más respaldado por los datos disponibles, qué índices de abundancia relativa es adecuado utilizar en la evaluación, y qué precisión se asocia con la medición/cálculo de las entradas de cada uno de los modelos. En general, la disponibilidad de datos ha mejorado desde 2007, pero sigue faltando información respecto a los datos pesqueros y de talla detallados de ciertas flotas. Esto, combinado con la falta de información histórica detallada sobre la captura y las actividades pesqueras de las flotas IUU (por ejemplo, tamaño, localización y captura total), obliga al Grupo de trabajo a hacer muchos supuestos acerca de la captura por talla de una parte importante de la captura total. Con el fin de representar esta incertidumbre, el Grupo de trabajo decidió presentar en primer lugar un resumen de la incertidumbre relacionada con la estructura de la combinación métodos/datos utilizada. Como puede observarse en la **Tabla 34**, existen diferencias en las estimaciones de los elementos de referencia de la ordenación, dependiendo tanto del método utilizado como de los datos de entrada utilizados. Las estimaciones del RMS variaban entre 70.000 y 90.000 t.

Las estimaciones de la incertidumbre asociada con los datos son mayores que las asociadas con la incertidumbre del modelo y pueden verse observando los resultados del bootstrap de los tres modelos de producción de ASPIC seleccionados (**Figuras 66-67**).

5 Proyecciones

La Comisión, en la Resolución 09-12, proporcionó especificaciones respecto a la información que debe incluirse en la matriz de estrategia de Kobe y solicitó al SCRS que implementara la matriz de Kobe con los niveles correspondientes de captura para facilitar asesoramiento en materia de ordenación a la Comisión en 2010 para el atún rojo y el patudo. En su reunión de 2010, el Grupo de trabajo sobre métodos de evaluación de stock (SCRS/2010/010) formuló recomendaciones adicionales para facilitar la construcción e interpretación de la matriz de estrategia de Kobe II (por ejemplo, directrices para la aplicación de la matriz de estrategia de Kobe II, especificaciones respecto a los métodos de proyección y recomendaciones para el desarrollo de matrices de Kobe). Por lo tanto, el Grupo de trabajo basó la siguiente perspectiva para el patudo del Atlántico en la matriz de estrategia de Kobe II.

Las perspectivas para el patudo del Atlántico, considerando la incertidumbre cuantificada en la evaluación de 2010, se presentan en la **Tabla 35** y la **Figura 68**, que presentan una descripción de las posibilidades que tiene el stock de lograr o mantenerse en niveles coherentes con el objetivo del Convenio, a lo largo del tiempo, para diferentes niveles de captura constante futura. Cabe señalar que las probabilidades modeladas de que el stock se mantenga en niveles coherentes con el objetivo del Convenio con el TAC reciente ([Rec. 09-01], 85.000 t) en los próximos cinco años son de aproximadamente el 60%. Las mayores probabilidades de recuperar y mantener el stock en niveles que podrían producir el RMS están asociadas con capturas menores, y las menores probabilidades de éxito están asociadas con capturas mayores que el TAC reciente.

6 Recomendaciones

6.1 Indicadores de la pesquería

El tamaño y potencia de cualquier flota pesquera podrían ser indicadores útiles de las tendencias en la capacidad pesquera. Aunque algunos datos de la flota por tipo de buque están vinculados con el arte pesquero, las estadísticas y la información sobre buques existentes no reflejan necesariamente las actividades operativas de los buques. A este respecto, se insta a las CPC a desarrollar más indicadores de las pesquerías para todas las categorías de sus flotas por área en el océano Atlántico. Considerando que los científicos nacionales tienen mejores conocimientos acerca de sus pesquerías y, por tanto, pueden definir procedimientos para obtener dichos datos de forma más precisa que los procedimientos definidos por la Secretaría, el Grupo de trabajo recomendó que estos indicadores fueran proporcionados por los científicos nacionales para actualizar la base de datos de la Secretaría anualmente.

Junto con la captura por talla, los científicos deberían proporcionar datos de talla en bruto e información detallada sobre el procedimiento seguido para estimar los datos de captura por talla. Estos indicadores son

esenciales como información de base a la hora de analizar las tendencias en las tasas de captura (CPUE), principalmente para los modelos VPA, en las evaluaciones de stock.

6.2 Revisión de las entradas de datos y opciones de modelo

Para ayudar en la transparencia y documentación de las elecciones realizadas durante el proceso de evaluación de stock, por ejemplo al determinar los parámetros de entrada y otras opciones utilizadas al probar diferentes escenarios, el Grupo de trabajo recomendó desarrollar protocolos adecuados para presentar los diagnósticos. Además de la documentación de los procedimientos utilizados, el relator debería especificar qué autores probaron los diferentes escenarios y los años de base usados para las evaluaciones y las proyecciones.

6.3 Ratios de crecimiento y mortalidad

Merece la pena desarrollar distribuciones previas adecuadas para usarlas, por ejemplo, en el modelo de producción excedente bayesiano.

Debería llevarse a cabo una mayor evaluación del método de estimación de la mortalidad por pesca en el grupo plus (por ejemplo, ratio de F).

6.4 Datos de mercado

Está claro que los datos de mercado disponibles proporcionan alguna información adicional útil para estimar la situación del stock de patudo. Sin embargo, no está claro si los supuestos realizados acerca de las tasas de comunicación de marcas son precisos. Por esta razón, sería aconsejable mejorar las tasas de comunicación de marcas para las pesquerías y estimar tasas de comunicación a través de la experimentación directa, especialmente para la pesquería de palangre, así como continuar mejorando la base de datos de mercado.

6.5 Trabajo futuro

- Debido al rango de incertidumbres identificadas en esta evaluación cuando se utilizaron diferentes índices combinados, el Grupo de trabajo recomienda que se revisen los métodos usados para el desarrollo de índices combinados.
- La estimación estadística de CAA para las especies tropicales debería llevarse a cabo como una alternativa al método de corte de edades. Con el fin de parametrizar mejor este enfoque, debería realizarse la determinación de la edad de partes duras mediante la recogida de muestras y en la estimación deberían utilizarse los datos existentes sobre partes duras.
- Debería llevarse a cabo una actualización de la serie de CPUE estandarizada para las flotas de cerco tropical de la UE.
- La captura por talla desde 1975-1979; 2006 y 1980-1987 para las flotas de cerco de UE y Ghana, respectivamente, debería reexaminarse ya que durante la evaluación se han presentado algunos patrones inusuales.
- El Grupo de trabajo reconoció el uso de dos modelos integrados (Multifan-CL y Stock Synthesis). Aunque podrían existir limitaciones en las aplicaciones de estos modelos al patudo teniendo en cuenta los datos actuales, el Grupo de trabajo se mostró convencido de que en el futuro el asesoramiento de ordenación podría desarrollarse basándose en estos modelos. Sería bueno impartir formación e invertir en estos modelos para mantener la continuidad estructural en las evaluaciones de stock de ICCAT.

7 Otros asuntos

Debido a la naturaleza voluminosa del trabajo realizado durante las evaluaciones, se recomendó realizar esfuerzos para mejorar y actualizar las instalaciones informáticas en la Secretaría (comprar tiempo de CPU) para permitir la integración y ejecución más rápida de los modelos y en un tiempo razonable.

8 Adopción del informe y clausura

El informe fue adoptado durante la reunión. El Dr. Die dio las gracias a los participantes, al personal de AZTI y a la Secretaría por el duro trabajo realizado y clausuró la reunión.

Referencias

- Andrade, H. A. and Kinas, P.G. 2007, Decision analysis on the introduction of a new fishing fleet for skipjack tuna in the Southwest Atlantic. Pan-American Journal of Aquatic Sciences (2007), 2 (2): 131-148.
- Anon. 2005, Report of the 2004 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 28 to July 3, 2004). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 58(1): 1-110.
- Anon., 2008, Report of the 2007 ICCAT Bigeye Tuna Stock Assessment Session (Madrid, Spain, June 5 to 12, 2007). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 62(1): 97-239.
- Anon. 2010, Report of the 2009 Sailfish Stock Assessment (Recife, Brazil, June 1-5, 2009). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(5): 1507-1632.
- Bard, Y. 1974, Nonlinear parameter estimation (p. 341). Academic Press, New York.
- Fournier, D. 1996, An introduction to AD Model Builder for use in nonlinear modeling and statistics. Otter Research, Nanaimo, British Columbia, Canada.
- Gaertner, D., Marsac, F. 2000, Comparative analysis of the exploitation of bigeye tuna in the Indian and eastern Atlantic Oceans with emphasis on purse seine fisheries. 1st session of the IOTC Working Party on Tropical Tunas, Mahe, Seychelles, 4-8/09/99. WPTT/99/04: 15 p.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S. and Rubin, D.B. 1995, Bayesian Data Analysis. Chapman & Hall, London, 526 p.
- Griewank, A. and Corliss, G. 1991, Automatic differentiation algorithms: theory, practice and application. SIAM, Philadelphia.
- Hallier, J-P., Stequert, B., Maury, O. and Bard, F.X. 2005, Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 57(1): 181-194.
- Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992, Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York, USA.
- Katajic, I. Grubisic, Ticina, Mislov-Jelavic, K, Franicevic, V. and Skakelja, N. Growth performances of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) farmed in Croatian waters of the eastern Atlantic. SCRS/2009/190.
- Kell, L.T., Palma, C., and Tidd, A. 2010, Standardization of the North Atlantic albacore (*Thunnus alalunga*) CPUE. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(4): 1357-1382.
- Laloë, F. 1995, Should surplus production models be fishery description tools rather than biological models? Aquatic Living Resources, 8, 1-16.
- Ludwig, D., and Walters, C. 1985, Are age structured models appropriate for catch-effort data? Canadian Journal of Aquatic and Fisheries Sciences, 46, 1066-1072.
- Maunder, M. 2000, Software review: AD Model Builder. AFSCUS, 14(2), 10-14.
- Maunder, M.N. 2004, Population viability analysis based on combining Bayesian, integrated, and hierarchical analyses. Acta Oecologica, 85, 85-94.
- Maury, O. 2001, Multi-fleet non-equilibrium production models including stock surface to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. Application to the skipjack tuna's fishery (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 52(5): 1739-1752.
- Maury, O. 2001, PROCEAN: a production catch/effort analysis framework to estimate catchability trends and fishery dynamics in a Bayesian context. IOTC Proceedings, 4, 228-231.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. 1989, Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall.
- Ortiz, M. and Arocha, F. 2004, Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. Fisheries Research 70 (2004) 275-297.
- Parks, W., Bard, F.X., Cayré, P., Kume, S., Santos Guerra, Al. 1982, Length-weight relations for bigeye tuna captured in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 17(1): 214-225.
- Pella, J.J. and Tomlinson, P.K. 1969, A generalized stock production model. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 13, 420-496.

- Polacheck, Tom. 2006, tuna longline catch rates in the Indian Ocean: did industrial fishing result in a 90% rapid decline in the abundance of large predatory species? *Marine Policy [Mar. Policy]*. Vol. 30. No. 5, pp. 470-482. Sep. 2006
- Prager, M. 2004, User's manual for ASPIC: A stock production model incorporating covariates (ver. 5) and auxiliary programs. Beaufort Laboratory Document. Miami, USA.
- Schaefer, M.B. 1954, Some aspects of the dynamics of populations important for the management of the commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1, 27-56.
- Venables, W.N. and Ripley, B.D. 2002, *Modern Applied Statistics with S*. New York: Springer.
- West, M. 1992, Modeling with mixtures. Pp. 503-524. In: Bernardo, J.M., Berger, J.O., Dawid, A.P. and Smith, A.F.M. (Eds.). *Bayesian Statistics 4: Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting*, Valencia, Spain. Clarendon Press, Oxford, 880 p.
- West, M. 1993, Approximating posterior distributions by mixtures. *Journal of the Royal Statistic Society: Series B*, 55: 409-422.

TABLEAUX

Tableau 1. Prises de thon obèse de l'Atlantique de la Tâche I (t) par année, engin principal et pavillon (les cellules ombrées en 2009 indiquent les estimations adoptées par le Groupe de travail).

Tableau 2. Indices d'abondance relative requis pour Multifan-CL. Les indices calculés pendant la période intersession sont surlignés en gris.

Tableau 3. Analyse de variance pour les GLM.

Tableau 4. Indices standardisés pour les pêcheries 3 et 4.

Tableau 5. Indices standardisés pour les pêcheries 5, 6, 8, 12, 13, 14 et 15.

Tableau 6. Estimation de l'indice combiné d'abondance du thon obèse pour les modèles de production.

Tableau 7. Limites de découpage supérieures (cm) par trimestre de l'année utilisées pour convertir la prise par taille en prise par âge (à l'aide de l'équation de croissance de Hallier *et al.*, 2005). Chaque classe d'âge est assignée si la longueur du poisson est inférieure ou égale à la limite supérieure correspondante, et au-dessus de la limite supérieure pour la classe suivante de plus jeune âge.

Tableau 8. Matrices de prise par âge du thon obèse de l'Atlantique.

Tableau 9. Comparaison des proportions estimées par âge à partir du découpage des âges et de l'analyse statistique de la prise par âge.

Tableau 10. Comparaison de la taille moyenne par âge obtenue du découpage des âges et de l'analyse statistique de la prise par âge.

Tableau 11. Indices d'abondance combinés utilisés pour l'ajustement des modèles de production excédentaire.

Tableau 12. Paramètres des valeurs d'entrée et indices de CPUE de chaque sortie d'ASPIIC pour l'estimation ponctuelle. Chaque paramètre correspond à celui qui apparaît de la première à la 24^{ème} ligne des fichiers de valeurs d'entrée d'ASPIIC.

Tableau 13. Données d'entrée, limites des paramètres et distributions a priori utilisées pour les scénarios de PROCEAN. Le **Tableau 11** fournit la description des séries temporelles des indices d'abondance combinés.

Tableau 14. Sorties du modèle de la version bayésienne du modèle Schaefer utilisant l'algorithme de l'échantillonnage d'importance adaptive/échantillonnage avec rééchantillonnage par importance (AID/SIR). Les valeurs dans la colonne de droite (entropie) correspondent aux calculs d'un critère destiné à mesurer dans quelle mesure la fonction d'importance est proche de la distribution a posteriori. Les valeurs en caractères gris indiquent qu'il n'y a pas de convergence de la fonction d'importance vers la distribution a posteriori.

Tableau 15. Description des différentes sorties de Multifan-CL.

Tableau 16. Matrice de prise par âge utilisée pour les sorties de VPA.

Tableau 17. Indices d'abondance disponibles pour l'évaluation de la VPA.

Tableau 18. Prises par âge partielles pour l'évaluation de la VPA.

Tableau 19. Poids par âge spécifiques des flottilles pour l'évaluation de la VPA. Utilisés pour convertir en nombres les indices exprimés en biomasse.

Tableau 20. Spécifications des paramètres pour les sorties du modèle VPA. Consulter le manuel de VPA (disponible à www.iccat.int) pour obtenir une description détaillée du format de ce fichier.

Tableau 21. Indices de CPUE et données de capture utilisés dans ASPIIC.

Tableau 22. Résultats de la convergence pour les scénarios d'ASPIC. Combinaison du paramètre initial (q , limite supérieure de K) = (1: 2.0E-6, 2.0E+6), (2: 2.0E-4, 2.0E+6), (3: 2.0E-6, 4.0E+7), (4: 2.0E-4, 4.0E+7). Les sorties convergentes sont indiquées par un cercle ouvert. F/F_{PME} ces dernières années (2007-2009) et B/B_{PME} au début de la série temporelle (1950-1952) ont également été utilisés comme critères de rejet de l'essai (B/B_{PME} (1950) proche de zéro, B/B_{PME} (1950) > 10 et F/F_{PME} (2009) > 3).

Tableau 23. Résumé du pourcentage de succès (convergent) de chaque scénario du modèle ASPIC. Chaque scénario contenait huit essais.

Tableau 24. Paramètres des valeurs d'entrée et indices de CPUE de chaque sortie d'ASPIC pour les examens par bootstrap. Chaque paramètre correspond à celui qui apparaît de la première à la 24^{ème} ligne des fichiers de valeurs d'entrée d'ASPIC.

Tableau 25. Résumé des analyses d'ASPIC.

Tableau 26. Estimations des paramètres du modèle pour les sorties de PROCEAN. Q = capturabilité ; m = paramètre de forme ; K = capacité de transport : B_0/K = ratio entre la biomasse dans l'année initiale et la capacité de transport.

Tableau 27. Paramètres de gestion des pêcheries pour les sorties de PROCEAN. La déviation standard est signalée entre crochets pour la PME et F_{PME} .

Tableau 28. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse des données pondérées par zone avec prior informatif.

Tableau 29. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse des données pondérées par zone avec prior non-informatif.

Tableau 30. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse des données pondérées par capture avec prior informatif.

Tableau 31. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse avec prior informatif. L'information du Japon avant 1970 a été rejetée.

Tableau 32. Statistiques récapitulatives des résultats rassemblés dans l'analyse avec prior informatif. L'information du Taïpei chinois antérieure à 1970 a été rejetée.

Tableau 33. Résumé des résultats obtenus des sorties du modèle Multifan-CL.

Tableau 34. Résumé de l'incertitude structurelle dans les résultats de l'évaluation. Paramètres de stocks, PME, F_{PME} et ratios de B et F pour les sorties des modèles sélectionnées. Les sorties sélectionnées ont représenté des résultats plausibles selon les critères spécifiés à la section 4 pour chaque type de modèle.

Tableau 35. Estimations des probabilités que le stock de thon obèse de l'Atlantique soit au-dessus de B_{PME} et au-dessous de F_{PME} pour une année donnée avec divers niveaux de TAC (en milliers de t), sur la base des résultats de l'évaluation de 2010.

TABLAS

Tabla 1. Capturas de Tarea I de patudo atlántico (t) por año, arte principal y pabellón (las celdas sombreadas en 2009 indican estimaciones adoptadas por el Grupo de trabajo).

Tabla 2. Índices de abundancia relativa requeridos para Multifan CL. Se destacan en gris los índices calculados durante la reunión intersesiones.

Tabla 3. Análisis de varianza para los GLM.

Tabla 4. Índices estandarizados para las pesquerías 3 y 4.

Tabla 5. Tabla 5. Índices estandarizados para las pesquerías 5, 6, 8, 12, 13, 14 y 15.

Tabla 6. Índice de abundancia combinado del patudo estimado para los modelos de producción.

Tabla 7. Límites de corte superiores (cm) por trimestre del año utilizados para convertir la captura por talla en captura por edad (utilizando la ecuación de crecimiento de Hallier *et al.* 2004). Cada clase de edad es asignada si la longitud del pez es menor o igual al límite superior correspondiente, y por encima del límite superior para la siguiente clase de edad más joven.

Tabla 8. Matrices de captura por edad del patudo atlántico.

Tabla 9. Comparación de las proporciones estimadas por edad a partir del corte de edad y del análisis estadístico de la captura por edad.

Tabla 10. Comparación de la talla por edad media, a partir del corte de edad y del análisis de la captura por edad.

Tabla 11. Índices de abundancia combinados utilizados para el ajuste de los modelos de producción excedente.

Tabla 12. Parámetros de entrada e índices de CPUE para cada ensayo ASPIC por estimación puntual. Cada parámetro corresponde a los de la primera a vigésimo cuarta línea en los archivos de entrada de ASPIC.

Tabla 13. Datos de entrada, límites de los parámetros y distribuciones previas utilizadas para los ensayos PROCEAN. La descripción de la serie temporal de los índices de abundancia combinada se proporciona en la **Tabla 11**.

Tabla 14. Ensayos del modelo de la versión bayesiana del modelo Schaefer utilizando el algoritmo de Adaptive Importance Sampling/Sampling Importance Resampling (AIS/SIR). Los valores de la columna derecha (Entropía) son cálculos de un criterio para medir lo cerca que está la función de importancia de la distribución posterior. Los valores en negrita indican que no hay convergencia de la función de importancia con la distribución posterior.

Tabla 15. Descripción de diferentes ensayos de Multifan-CL.

Tabla 16. La matriz de captura por edad utilizada para los ensayos del VPA.

Tabla 17. Índices de abundancia disponibles para la evaluación del VPA.

Tabla 18. Capturas por edad parciales para la evaluación del VPA.

Tabla 19. Ponderaciones por edad específicas de la flota para la evaluación del VPA utilizadas para convertir los índices expresados en biomasa a números.

Tabla 20. Especificaciones de los parámetros para los ensayos del modelo VPA. En el manual de VPA (disponible en www.iccat.int) puede consultarse una descripción detallada del formato de este archivo.

Tabla 21. Índices de CPUE y datos de captura utilizados en ASPIC.

Tabla 22. Resultados de convergencia para los ensayos de ASPIC. Combinación de parámetros iniciales (q , límite superior de K) = (1: 2.0E-6, 2.0E+6), (2: 2.0E-4, 2.0E+6), (3: 2.0E-6, 4.0E+7), (4: 2.0E-4, 4.0E+7). Los ensayos que han convergido se indican mediante un círculo abierto. F/F_{RMS} en años recientes (2007-2009) y B/B_{RMS} al inicio de la serie temporal (1950-1952) se usaron también como criterios para rechazar el ensayo (B/B_{RMS} (1950) cercana a cero, B/B_{RMS} (1950) > 10 y F/F_{RMS} (2009) > 3).

Tabla 23. Resumen del porcentaje de éxito (convergencia) de cada escenario de ASPIC. Cada escenario contenía ocho ensayos.

Tabla 24. Parámetros de entrada e índices de CPUE de cada ensayo de ASPIC para los bootstraps. Cada parámetro corresponde al que aparece en la primera a vigésimo cuarta línea de los archivos de entrada de ASPIC.

Tabla 25. Resumen de los análisis de ASPIC.

Tabla 26. Estimaciones de parámetros del modelo para los ensayos de PROCEAN. q = capturabilidad; m = parámetro de forma; K = capacidad de transporte; B_0/K = ratio entre la biomasa en el año inicial y la capacidad de transporte.

Tabla 27. Parámetros de ordenación de la pesquería para los ensayos de PROCEAN. La desviación estándar se facilita entre corchetes para el RMS y F_{RMS} .

Tabla 28. Estadísticas resumidas de los resultados reunidos en el análisis de los datos ponderados por área con distribuciones previas informativas.

Tabla 29. Estadísticas resumidas de los resultados reunidos en el análisis de los datos ponderados por área con distribuciones previas no informativas.

Tabla 30. Estadísticas resumidas de los resultados reunidos en el análisis de los datos ponderados por captura con distribuciones previas informativas.

Tabla 31. Estadísticas resumidas de los resultados reunidos en el análisis con distribuciones previas informativas. La información de Japón previa a 1970 fue descartada.

Tabla 32. Estadísticas resumidas de los resultados reunidos en el análisis con distribuciones previas informativas. La información de Taipeí Chino previa a 1970 fue descartada.

Tabla 33. Resumen de los resultados obtenidos a partir de los ensayos del modelo Multifan-CL.

Tabla 34. Resumen de la incertidumbre estructural en los resultados de la evaluación. Los elementos de referencia del stock, RMS, F_{RMS} y las ratios de B y F para los ensayos del modelo seleccionados. Los ensayos seleccionados representaban resultados posibles de acuerdo con los criterios especificados en la sección 4 para cada tipo de modelo.

Tabla 35. Probabilidades estimadas de que el stock de patudo atlántico se encuentre por encima de B_{RMS} y por debajo de F_{RMS} en un año determinado para un nivel de TAC (1.000 t), basadas en los resultados de la evaluación de 2010.

FIGURES

Figure 1. Prises cumulées de thon obèse de la Tâche I (déclarées et estimées) pour tout le stock de l'Atlantique (t).

Figure 2a-d. Distribution géographique (carrés de 5°x5°) des prises de thon obèse par principal engin de pêche (1950-2008). Source : CATDIS.

Figure 3. Distribution géographique (carré de 5°x5°) des prises de thon obèse obtenues à la senne par mode d'opération (DCP, bancs libres) entre 1991 et 2008. Source : CATDIS.

Figure 4. Distribution géographique des prises de thon obèse par engin et décennie. Source : CATDIS.

Figure 5. Indices d'abondance relative pour les flottilles 5, 6 et 8.

Figure 6. Indices d'abondance relative pour les flottilles 12, 13, 14 et 15.

Figure 7. Indices d'abondance relative utilisés dans le développement d'indices combinés pour les modèles de production.

Figure 8. Indices combinés développés pour les modèles de production.

Figure 9. Changement dans le temps du nombre d'hameçons (million) pour les principales pêcheries palangrières (et par zone pour le Japon).

Figure 10. Changements de la proportion dans le temps des différents types de palangre exprimée en termes de nombre d'hameçons par panier pour les palangriers japonais opérant dans l'océan Atlantique (de Gaertner et Marsac, CTOI-WPTT 1999, Miyabe com. pers.).

Figure 11. Changement dans le temps de la proportion de thon obèse dans les prises palangrières en poids (BET+ALB+YFT) pouvant être partiellement due à des stratégies de pêche ciblant cette espèce (changements de l'engin de pêche, des zones de pêche, etc.).

Figure 12. Changement dans le temps de la capacité de transport pour les pêcheries de surface opérant dans l'Atlantique Est.

Figure 13. Changement dans le temps de la proportion de thon obèse dans les prises de certaines pêcheries de surface en poids (BET+SKJ+YFT).

Figure 14. Changement dans le temps de la CPUE de thon obèse (t par opération positive) et de la composition spécifique (prise cumulée) pour les pêcheries communautaires opérant avec DCP dans l'Atlantique Est.

Figure 15. Tendance du poids moyen du thon obèse de l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 16. Tendance du poids moyen du thon obèse capturé par les principales flottilles palangrières dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 17. Tendance du poids moyen du thon obèse capturé par les principales flottilles de senneurs dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 18. Tendance du poids moyen du thon obèse capturé par les principales flottilles de canneurs dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 19. Tendance du poids moyen du thon obèse capturé par les senneurs opérant avec DCP et en bancs libres dans l'Atlantique pendant la période 1975-2009.

Figure 20. Exemple de la technique de découpage des âges employée. L'âge auquel la limite supérieure est calculée est six mois après le milieu de chaque trimestre. Chaque classe d'âge est assignée si la longueur du poisson est inférieure ou égale à la limite supérieure correspondante, et au-dessus de la limite supérieure pour la classe suivante de plus jeune âge.

Figure 21. Prise par âge globale (en nombre de poissons) produite par le découpage des âges des classes d'âge 0-7+.

Figure 22. Fréquences de taille avec modes statistiques ajustés postulant des distributions normales ; le bleu correspond à la fréquence des tailles observée ; le rouge correspond aux modes ajustés ; la ligne verte épaisse représente la distribution des tailles ajustées et les lignes vertes verticales indiquent la longueur par âge.

Figure 23. Distributions a priori informatives (lignes continues) et non-informatives (lignes en pointillés) pour les paramètres du modèle de production excédentaire bayésien, c'est-à-dire taux de croissance r , capacité de transport k , et capturabilité q .

Figure 24. Vecteurs de M par âge utilisés dans les sorties du modèle MFCL.

Figure 25. Analyse de la prise par âge au moyen d'une courbe des captures ; la ligne bleue est une fonction de lissage loess avec une envergure de 0,3.

Figure 26. VPA séparable de la prise par âge ; la ligne bleue est une fonction de lissage loess avec une envergure de 0,3.

Figure 27. Distribution des estimations de l'inclinaison du modèle de production de stock structuré par âge Stock Synthèse (SS) utilisant les quatre indices combinés de CPUE obtenus de l'analyse du MCMC.

Figure 28. Distribution des estimations de B/B_{PME} en 2008 à partir du modèle de production structuré par âge Stock Synthèse (SS) utilisant les quatre indices combinés de CPUE obtenus de l'analyse du MCMC.

Figure 29. Changements annuels de F/F_{PME} et B/B_{PME} de chaque essai d'ASPIC si le scénario déterministe a été convergent. Certaines trajectoires ont été omises si la trajectoire est parfaitement identique au sein du même panneau.

Figure 30. Changements annuels de F/F_{PME} et B/B_{PME} des Scénarios 2, 5, 6 et 7 obtenus de bootstraps d'ASPIC.

Figure 31. Résultats du bootstrap d'ASPIC dans le Scénario 3.

Figure 32. Résultats du bootstrap d'ASPIC dans le Scénario 5.

Figure 33. Résultats du bootstrap d'ASPIC dans le Scénario 6.

Figure 34. Diagramme de Kobe obtenu de trois bootstraps d'ASPIC.

Figure 35. Trajectoires des estimations ponctuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 3 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 36. Trajectoires des estimations ponctuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 5 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 37. Trajectoires des estimations ponctuelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 6 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 38. Trajectoires des estimations ponctuelles et des limites de confiance de 80% de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 3 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 39. Trajectoires des estimations ponctuelles et des limites de confiance de 80% de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 5 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 40. Trajettoires des estimations ponctuelles et des limites de confiance de 80% de B/B_{PME} et F/F_{PME} estimées à partir du Scénario 6 du modèle ASPIC, avec différents futurs F constants et captures constantes (relatif à F récent).

Figure 41. Probabilité que la mortalité par pêche F soit en-dessous de F_{PME} et que B soit en-dessus de B_{PME} , tel que calculée en utilisant des projections de biomasse de 2010 à 2030 et en tenant compte de différentes valeurs de capture constante allant de 60.000 à 110.000 t. (a) jeu de données pondéré par zone avec prior informatif ; (b) jeu de données pondéré par zone avec prior non-informatif ; (c) jeu de données pondéré par capture avec prior informatif ; (d) jeu de données excluant l'information des palangriers japonais antérieure à 1970 ; et (e) jeu de données excluant l'information des palangriers du Taïpeï chinois antérieure à 1970.

Figure 42. Scénario 1 du modèle PROCEAN. Ajustement de la capture prédictive (ligne continue) aux captures observées (cercles noirs) pour la pêcherie de thon obèse entre 1961 et 2008.

Figure 43. Diagrammes de phase illustrant les trajectoires de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour les sorties du modèle PROCEAN.

Figure 44. Paramètres de distributions a posteriori calculés en utilisant l'indice combiné d'abondance pondéré par zone (panneau supérieur), pondéré par capture (deuxième panneau), et pondéré par capture en excluant les données des palangriers japonais antérieures à 1971 (troisième panneau), et données des palangriers du Taïpeï chinois antérieures à 1971 (panneau inférieur).

Figure 45. Ajustements de la version bayésienne du modèle de Schaefer utilisant l'algorithme AIS/SIR : (panneau supérieur gauche) données pondérées par zone avec prior informatif ; (panneau supérieur droit) données pondérées par zone avec prior non-informatif ; (panneau du milieu à gauche) données pondérées par capture avec priors informatifs ; (panneau du milieu à droite) données pondérées par capture avec priors informatifs excluant les informations des palangriers japonais antérieures à 1971 ; (panneau inférieur) données pondérées par capture excluant les palangriers du Taïpeï chinois avant 1971.

Figure 46. Diagrammes de phase pour (a) jeu de données pondéré par zone avec prior informatif ; (b) jeu de données pondéré par zone avec prior non-informatif ; (c) jeu de données pondéré par capture avec prior informatif ; (d) jeu de données excluant l'information des palangriers japonais antérieure à 1970 ; et (e) jeu de données excluant l'information des palangriers du Taïpeï chinois antérieure à 1970.

Figure 47. Médianes des prédictions de biomasse de 2010 à 2030 utilisant des captures constantes entre 60.000 t et 110.000 t. (a) jeu de données pondéré par zone avec prior informatif ; (b) jeu de données pondéré par zone avec prior non-informatif ; (c) jeu de données pondéré par capture avec prior informatif ; (d) jeu de données excluant l'information des palangriers japonais antérieure à 1970 ; et (e) jeu de données excluant l'information des palangriers du Taïpeï chinois antérieure à 1970.

Figure 48. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 3 (Scénario de continuité).

Figure 49. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 2 (excluant les données de marquage).

Figure 50. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 8 (vecteur de M par âge de la WCPFC).

Figure 51. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} , B/B_{PME} et SRR obtenues avec le Scénario 7 (contraintes accrues sur les déviations du recrutement).

Figure 52. Estimations des séries temporelles de B/B_{PME} et F/F_{PME} pour les divers ajustements au modèle Multifan-CL (a = scénario 3 ; b = scénario 4 ; c = scénario 7 et d = scénario 8) (S est la valeur initiale et F est la valeur finale).

Figure 53. Stock reproducteur (en nombre) par an des sorties de VPA-2BOX.

Figure 54. Mortalité par pêche par âge et par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 55. Mortalité par pêche apicale par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 56. SSB/SSB_{PME} par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 57. Relations S/R estimées pour les sorties de VPA-2BOX.

Figure 58. SSB/SSB_{PME} par an obtenue des sorties de VPA-2BOX.

Figure 59. Diagrammes en phase construits pour les sorties de VPA-2BOX. Le point rouge correspond à la médiane des résultats. Le nuage bleu de points représente les 1.000 bootstraps réalisés.

Figure 60. Distribution conjointe des trois sorties de VPA-2BOX. Le point rouge correspond à la médiane des résultats. Le nuage bleu de points représente les 3000 bootstraps réalisés.

Figure 61. Projections de SSB/SSB_{PME}, du recrutement (à l'âge 0) et de F apical des sorties de la VPA.

Figure 62. Courbe de production estimée à partir du modèle de production structuré par âge SS_ASPIIC_10.

Figure 63. Courbe de production estimée à partir du modèle complètement intégré SS_fix.

Figure 64. Paramètres de gestion B/B_{PME} et F/F_{PME} pour le modèle complètement intégré SS_fix et pour le Scénario 3 d'ASPIIC.

Figure 65. Production par recrue obtenue du modèle complètement intégré SS_fix et du Scénario 8 du MFCL et ratio de la mortalité par pêche (F) d'âge 1 aux âges 2+, 1950-2008.

Figure 66. Estimations de B relative (gauche) et F relative (droit). Dans cette figure, les divers niveaux d'ombrage représentent le degré de certitude dans les résultats. Les résultats de 2009 d'autres évaluations sont également indiqués à l'aide de différentes approches de modélisation (points).

Figure 67. Estimation de la trajectoire du stock pendant la période modélisée (1950-2010) illustrant la médiane de la trajectoire (ligne continue) et la gamme de l'incertitude (zone ombrée). Les résultats de 2009 d'autres évaluations sont également indiqués à l'aide de différentes approches de modélisation (points).

Figure 68. Matrice de Kobe indiquant les probabilités que le stock soit au-dessus de B_{PME} et que la pêche soit à des niveaux en-dessous de F_{PME} lors d'une année donnée pour le niveau du TAC pour les résultats plausibles de l'évaluation considérée pour caractériser l'état et les perspectives futures du stock. Les couleurs représentent les probabilités modélisées : rouge, <50%, jaune, 50-75% et vert, >75%. L'isoplète de probabilités de 60% est également signalée.

FIGURAS

Figura 1. Capturas acumuladas de patudo de Tarea I (declaradas y estimadas) para todo el stock del Atlántico, en toneladas.

Figura 2a-d. Distribución geográfica (cuadrícula de 5x5) de las capturas de patudo por arte pesquero principal (1950-2008). Fuente: CATDIS

Figura 3. Distribución geográfica (cuadrícula de 5x5) de las capturas de patudo del cerco por modo de operación (DCP, banco libre) entre 1991 y 2008. Fuente: CATDIS

Figura 4. Distribución geográfica de las capturas de patudo por arte y década. Fuente: CATDIS

Figura 5. Índices de abundancia relativa para las flotas 5, 6 y 8.

Figura 6. Índices de abundancia relativa para las flotas 12, 13, 14 y 15

Figura 7. Índices de abundancia relativa utilizados en el desarrollo de los índices combinados para los modelos de producción.

Figura 8. Índices combinados desarrollados para los modelos de producción.

Figura 9. Cambio en el tiempo del número de anzuelos (millones) para las principales pesquerías de palangre (y por área para Japón).

Figura 10. Cambios en la proporción a lo largo del tiempo de los diferentes tipos de palangre expresados en términos del número de anzuelos por cesta para los palangreros japoneses que operan en el Atlántico (de Gaertner & Marsac; IOTC-WPTT 1999, Miyabe comm. pers.)

Figura 11. Cambios a lo largo del tiempo de la proporción de patudo en las capturas de palangre en peso (BET+ALB+YFT) que podrían deberse en parte a las estrategias de pesca dirigidas a esta especie (cambios en el arte pesquero, en los caladeros, etc.).

Figura 12. Cambios a lo largo del tiempo de la capacidad de transporte para las pesquerías de superficie que operan en el Atlántico oriental.

Figura 13. Cambios a lo largo del tiempo de la proporción de patudo en algunas las capturas de algunas pesquerías de superficie en peso (BET+SKJ+YFT).

Figura 14. Cambios a lo largo del tiempo de la CPUE de patudo (toneladas por lance positivo) y composición por especies (captura acumulada) para la pesquería de DCP de la UE que opera en el Atlántico oriental.

Figura 15. Tendencia en el peso medio del patudo del Atlántico para el periodo 1975-2009.

Figura 16. Tendencia en el peso medio del patudo capturado por las principales flotas palangreras en el Atlántico para el periodo 1975-2009.

Figura 17. Tendencia en el peso medio del patudo capturado por las principales flotas de cerco en el Atlántico para el periodo 1975-2009.

Figura 18. Tendencia en el peso medio del patudo capturado por las principales flotas de cebo vivo en el Atlántico para el periodo 1975-2009.

Figura 19. Tendencia en el peso medio del patudo capturado por los cerqueros que operan sobre DCP y bancos libres en el Atlántico para el periodo 1975-2009.

Figura 20. Ejemplo de la técnica de corte de edad empleada. La edad en la que se calcula el límite superior es seis meses después del medio de cada trimestre. Cada clase de edad se asigna si la longitud del pez es inferior o igual al límite superior correspondiente, y por encima del límite superior para la siguiente edad más joven.

Figura 21. Captura por edad total (en número de peces) producida por el corte de las edades de las clases de edad 0 - 7⁺.

Figura 22. Frecuencias de talla con modas estadísticas ajustadas asumiendo distribuciones normales; el azul indica la frecuencia de talla observada, el rojo las modas ajustadas, la línea verde sólida la distribución de tallas ajustada y las líneas verdes verticales la longitud por edad.

Figura 23. Distribuciones previas informativas (líneas sólidas) y no informativas (líneas discontinuas) para los parámetros del modelo de producción excedente bayesiano, es decir, tasa de crecimiento r , capacidad de transporte k , y capturabilidad q .

Figura 24. Vectores de M por edad utilizados en los ensayos de MFCL.

Figura 25. Análisis de la captura por edad por medio de una curva de captura, la línea azul es una función de alisado loess con una ventana de 0,3.

Figura 26. VPA separable de la captura por edad, la línea azul es una función de alisado loess con una ventana de 0,3.

Figura 27. Distribución de estimaciones de inclinación a partir del modelo de producción de stock estructurado por edad SS utilizando los cuatro índices de CPUE combinados resultantes del análisis MCMC.

Figura 28. Distribución de las estimaciones de B/B_{RMS} en 2008 a partir del modelo de producción estructurado por edad SS utilizando los cuatro índices de CPUE combinados resultantes del análisis MCMC.

Figura 29. Cambios anuales de F/F_{RMS} y B/B_{rms} de cada ensayo de ASPIC si el ensayo determinista fue convergente. Algunas trayectorias se han omitido si la trayectoria es perfectamente idéntica dentro del mismo panel.

Figura 30. Cambios anuales de F/F_{rms} y B/B_{rms} del Ensayo 02, 05, 06 y 07 a partir de los bootstraps de ASPIC.

Figura 31. Resultados del bootstrap de ASPIC del Ensayo 03.

Figura 32. Resultados del bootstrap de ASPIC del Ensayo 05.

Figura 33. Resultados del bootstrap de ASPIC del Ensayo 06.

Figura 34. Diagrama de Kobe a partir de los tres bootstraps de ASPIC.

Figura 35. Trayectorias de las estimaciones puntuales DE F/F_{RMS} Y B/B_{RMS} estimadas a partir del ensayo 03 de ASPIC con diferentes capturas constantes futuras y F constantes (relativa a la F reciente).

Figura 36. Trayectorias de las estimaciones puntuales de F/F_{RMS} Y B/B_{RMS} estimadas a partir del ensayo 05 de ASPIC con diferentes capturas constantes futuras y F constantes (relativa a la F reciente).

Figura 37. Trayectorias de las estimaciones puntuales de F/F_{rms} y B/B_{rms} estimadas a partir del ensayo 06 de ASPIC con diferentes capturas constantes futuras y F constantes (relativa a la F reciente).

Figura 38. Trayectorias de las estimaciones puntuales y de los límites de confianza del 80% de F/F_{rms} y B/B_{rms} estimadas a partir del ensayo 03 de ASPIC con diferentes capturas constantes futuras y F constantes (relativa a la F reciente).

Figura 39. Trayectorias de las estimaciones puntuales y de los límites de confianza del 80% de F/F_{rms} y B/B_{rms} estimadas a partir del ensayo 05 de ASPIC con diferentes capturas constantes futuras y F constantes (relativa a la F reciente).

Figura 40. Trayectorias de las estimaciones puntuales y de los límites de confianza del 80% de F/F_{rms} y B/B_{rms} estimadas a partir del ensayo 06 de ASPIC con diferentes capturas constantes futuras y F constantes (relativa a la F reciente).

Figura 41. Probabilidad de que la mortalidad por pesca F esté por debajo de F_{rms} y B esté por encima de B_{rms} calculada utilizando proyecciones de biomasa para 2010 y 2030 y teniendo en cuenta diferentes valores de captura constante desde 60.000 hasta 110.000 t. (a) conjunto de datos ponderado por área con distribución previa informativa, (b) conjunto de datos ponderado por área con distribución previa no informativa, (c) conjunto de datos ponderado por captura con distribución previa informativa, (d) conjunto de datos excluyendo información de los palangreros japoneses previa a 1970 y (e) conjunto de datos excluyendo información de los palangreros de Taipeí Chino previa a 1970.

Figura 42. Ensayo 1 del modelo PROCEAN. Ajuste de la captura predicha (línea sólida) a las capturas observadas (círculos negros) para la pesquería de patudo durante 1961-2008.

Figura 43. Diagramas de fase mostrando las trayectorias de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} para los ensayos del modelo PROCEAN.

Figura 44. Parámetros de las distribuciones posteriores calculados utilizando el índice de abundancia combinado ponderado por área (panel superior), ponderado por captura (panel segunda línea) y ponderado por captura excluyendo los datos de los palangreros japoneses previos a 1971 (paneles de la tercera línea) y los datos de los palangreros de Taipeí Chino previos a 1971 (paneles inferiores).

Figura 45. Ajustes de la versión bayesiana del modelo Schaefer utilizando el algoritmo AIS/SIR: (panel superior izquierdo) datos ponderados por área con distribución previa informativa, (panel superior derecho) datos ponderados por área con distribución previa no informativa, (panel medio izquierdo) datos ponderados por captura con distribuciones previas informativas, (panel medio derecho) datos ponderados por captura con distribuciones previas informativas excluyendo la información de los palangreros japoneses previa a 1971, (panel inferior) datos ponderados por captura excluyendo los datos de palangreros de Taipeí Chino previos a 1971.

Figura 46. Diagramas de fase para (a) conjunto de datos ponderado por área con distribución previa informativa, (b) conjunto de datos ponderado por área con distribución previa no informativa, (c) conjunto de datos ponderado por captura con distribución previa informativa, (d) conjunto de datos excluyendo información de los palangreros japoneses previa a 1970 y (e) conjunto de datos excluyendo información de los palangreros de Taipeí Chino previa a 1970.

Figura 47. Medianas de las predicciones de biomasa desde 2010 hasta 2030 utilizando capturas constantes entre 60.000 y 110.000 t. (a) conjunto de datos ponderado por área con distribución previa informativa, (b) conjunto de datos ponderado por área con distribución previa no informativa, (c) conjunto de datos ponderado por captura con distribución previa informativa, (d) conjunto de datos excluyendo información de los palangreros japoneses previa a 1970 y (e) conjunto de datos excluyendo información de los palangreros de Taipeí Chino previa a 1970.

Figura 48. Resultados de Multifan-CL. Estimaciones de la biomasa total, reclutamiento, F/F_{RMS} B/ B_{RMS} y SRR obtenidos con el Ensayo 3 (ensayo de continuidad).

Figura 49. Resultados de Multifan-CL. Estimaciones de la biomasa total, reclutamiento, F/F_{RMS} B/ B_{RMS} y SRR obtenidos con el Ensayo 2 (excluyendo los datos de marcado).

Figura 50. Resultados de Multifan-CL. Estimaciones de la biomasa total, reclutamiento F/F_{RMS} B/ B_{RMS} y SRR obtenidos con el Ensayo 8 (vector de WCPFC de M por edad).

Figura 51. Resultados de Multifan-CL. Estimaciones de la biomasa total, reclutamiento, F/F_{RMS} B/ B_{RMS} y SRR obtenidos con el Ensayo 7 (mayores penalizaciones sobre las desviaciones del reclutamiento).

Figura 52. Estimaciones de la serie temporal de B/B_{RMS} y F/F_{RMS} para los diversos ajustes de Multifan-CL (a = ensayo 3, b=ensayo 4, c=ensayo 7 y d=ensayo 8) (S es el valor inicial y F el valor final).

Figura 53. Stock reproductor (en número) por año a partir de los ensayos de VPA-2BOX.

Figura 54. Mortalidad por pesca por edad por año a partir de los ensayos de VPA-2BOX.

Figura 55. Mortalidad por pesca apical por año a partir de los ensayos de VPA-2BOX.

Figura 56. SSB/SSB_{RMS} por año a partir de los ensayos de VPA-2BOX.

Figura 57. Relaciones S/R estimadas a partir de los ensayos de VPA-2BOX.

Figura 58. SSB/SSB_{RMS} por año a partir de los ensayos de VPA-2BOX.

Figura 59. Diagramas de fase construidos para los ensayos de VPA-2BOX. El punto rojo es la mediana de los resultados. La nube azul de puntos son los 1000 ensayos de bootstrap.

Figura 60. Distribución conjunta de los tres ensayos de VPA-2BOX. El punto rojo es la mediana de los resultados. La nube azul de puntos son los 3000 ensayos de bootstrap.

Figura 61. SSB/SSB_{RMS} proyectada, reclutamiento (a edad 0) y F apical de los ensayos del VPA.

Figura 62. Curva de rendimiento estimada a partir del modelo de producción estructurado por edad SS_{_ASPIC_10}.

Figura 63. Curva de rendimiento estimada a partir del modelo plenamente integrado SS_fix.

Figura 64. Puntos de referencia de la ordenación B/Brms y F/Frms para el modelo plenamente integrado SS_fix y para el ensayo 3 de ASPIC.

Figura 65. Rendimiento por recluta a partir del modelo plenamente integrado SS_fix y del ensayo 8 de MFCL y ratio de la mortalidad por pesca (F) de la edad 1 a las edades 2+, 1950-2008.

Figura 66. Estimaciones de B relativa (izquierda) y F relativa (derecha). En esta figura los niveles de sombreado que varían representan el grado de certidumbre en los resultados. Además, se indican los resultados para 2009 de otras evaluaciones utilizando diferentes enfoques de modelación (puntos).

Figura 67. Trayectoria estimada del stock durante el periodo cubierto por el modelo (1950-2010) que muestra la mediana de la trayectoria (línea sólida) y el rango de incertidumbre (zona sombreada). Además, se indican los resultados para 2009 de otras evaluaciones utilizando diferentes enfoques de modelación (puntos).

Figura 68. Diagrama de la matriz de Kobe mostrando las probabilidades de que el stock se encuentre por encima de B_{RMS} y la pesca en niveles por debajo de F_{RMS} en un año determinado para un nivel de TAC para los posibles resultados de la evaluación considerados para describir la situación y perspectivas futuras del stock. Los colores representan las probabilidades modeladas: rojo, <50%, amarillo, 50-75% y verde, >75%. Se muestra también la isolínea de la probabilidad del 60%.

APÉNDICES

Apéndice 1. Orden del día

Apéndice 2. Lista de participantes.

Apéndice 3. Lista des documentos.

Apéndice 4. Diagramas de diagnóstico que muestran la estandarización de los datos de captura y esfuerzo de Tarea II con el fin de crear índices de abundancia para las pesquerías 3, 4, 5, 6 y 8 con Multifan-CL.

Apéndice 5. Estimación de la captura por talla.

APPENDICES

Appendice 1. Ordre du jour.

Appendice 2. Liste des participants.

Appendice 3. Liste des documents.

Appendice 4. Diagrammes de diagnostic faisant apparaître la standardisation des données de prise et d'effort de la Tâche II afin de créer des indices d'abondance pour les pêcheries 3, 5, 6 et 8 avec Multifan-CL.

Appendice 5. Estimation de la prise par taille.

Table 1. Atlantic bigeye tuna Task I catches (t) by year, major gear and Flag (shaded cells in 2009 indicate estimations adopted by the Working Group).

Table 1 (Cont.)

Table 2. Relative abundance indices required for Multifan-CL. In grey are highlighted those indices calculated during the intersession.

<i>Fishery</i>	<i>Description</i>	<i>Standard Index inputs</i>
1	PS RS+F 1965-85 Area 2	
2	PS RS+F 1986-90 Area 2	
3	PS ES-FR Free 1991-08 Area 2	
4	PS ES-FR FADs 1991-09 Area 2	
5	BB+PS Ghana 1965-08 Area 2	Task II CE data ICCAT-Sec GLM by year
6	BB FIS South of 10N 1962-08 Area 2	Task II CE data ICCAT-Sec GLM by year
7	BB FIS North of 10N 1965-79 Area 2	
8	BB FIS North of 10N 1980-08 Area 2	Task II CE data ICCAT-Sec GLM by year
9	BB North 1965-08 Area 1	
10	LL Jap 1961-08 Area 1	
11	LL Jap 1961-08 Area 2	
12	LL Jap 1961-08 Area 3	JPN LL Ar 3 + URG LL Ar 3 Early
13	LL Others 1961-08 Area 1	CTAP LL Ar 1 + US LL + MOR LL
14	LL Others 1961-08 Area 2	CTAP LL Ar 2 + BRA LL Ar 2
15	LL Others 1961-08 Area 3	CTAP LL Ar 3 + BRA LL Ar 3 + URG late

Table 3. Analysis of variance for GLMs.

Fishery 3, Purse seiners fishn on free schools

Binomial model factors; proportion of positive trips	df	Deviance		Chi-Squared	p
		Residual	Reduction		
NULL		18156.6	0.00000		
year	18	17118.6	1038.1	0.00000	***
qrt	3	16081.6	1037.0	0.00000	***
fleet	14	15194.3	887.3	0.00000	***
region	1	14767.5	426.8	0.00000	***
year:qrt	54	13514.9	1252.6	0.00000	***
year:fleet	95	12899.0	615.9	0.00000	***

Lognormal model factors; CPUE	df	Deviance		Chi-Squared	p
		Residual	Reduction		
NULL	0	5460.1	0.00000		
year	18	5132.4	327.6	0.00000	***
qrt	3	5110.5	21.9	0.00007	***
fleet	14	4525.7	584.8	0.00000	***
region	1	4465.4	60.3	0.00000	***
year:qrt	54	4266.1	199.3	0.00000	***
year:fleet	102	3859.8	406.3	0.00000	***

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Fishery 3, Purse seiners fishn on free schools

Binomial model factors; proportion of positive trips	df	Deviance		Chi-Squared	p
		Residual	Reduction		
NULL		8788.0			
year	18	8770.0	18.0	0.00000	***
qrt	3	8767.0	3.0	0.00000	***
fleet	14	8753.0	14.0	0.00000	***
year:qrt	54	8699.0	54.0	0.00000	***
year:fleet	96	8603.0	96.0	0.00000	***

Lognormal model factors; CPUE	df	Deviance		Chi-Squared	p
		Residual	Reduction		
NULL		1993.321			
year	18	1786.081	207.2	0.0000	***
fleet	14	1163.141	622.9	0.0000	***
region	1	1110.958	52.2	0.0000	***
year:qrt	57	1003.272	107.7	0.0001	***

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Table 4. Standardised indices for fisheries 3 and 4.

Year	Fishery 3				Fishery 4			
	Quarter				Quarter			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1991	41.9	52.1	154.0	67.3	835.3	713.6	202.7	619.6
1992	214.7	47.9	80.2	73.1	919.0	549.7	564.4	329.8
1993	14.3	90.0	135.4	278.8	528.3	1079.8	243.2	147.8
1994	55.0	207.7	107.8	83.3	894.8	1384.2	375.5	785.0
1995	37.5	35.1	44.4	66.7	3558.9	5282.0	1213.0	4789.9
1996	11.1	64.6	30.5	30.1	3747.8	6418.4	947.9	3413.8
1997	62.9	47.3	64.7	132.9	2731.9	3286.4	1648.2	9514.3
1998	40.9	102.2	22.0	34.3	111.1	386.7	368.5	308.9
1999	44.4	11.7	109.4	229.0	424.2	4154.3	2132.5	541.1
2000	314.2	49.3	38.6	29.7	453.0	327.8	482.6	469.1
2001	8.2	128.8	411.4	29.9	648.4	657.8	532.8	341.3
2002	44.8	71.5	36.8	222.4	671.5	350.6	442.5	662.8
2003	39.2	34.4	31.9	159.6	520.1	674.1	665.5	381.8
2004	43.1	15.5	49.5	121.1	316.6	291.8	5741.9	2071.4
2005	310.7	33.2	57.9	176.9	1331.1	980.4	2549.5	10688.6
2006	27.7	129.4	421.8	39.5	507.1	338.8	220.9	382.3
2007	111.7	186.9	282.4	128.6	400.6	344.6	175.6	531.0
2008	18.9	33.0	1249.0	81.5	423.3	318.1	174.4	1024.3
2009	125.2	17.5	487.7	21.8	848.9	393.5	496.5	565.4

Table 5. Standardised indices for fisheries 5, 6, 8, 12, 13, 14 and 15.

Year	Quarter	FleetID						
		5	6	8	12	13	14	15
1961	1				0.570			
1961	2							
1961	3				3.107			
1961	4				2.875			
1962	1				0.738			
1962	2				1.306			
1962	3				3.649			
1962	4				1.974			
1963	1				0.756			
1963	2				1.106			
1963	3				2.495			
1963	4				2.010			
1964	1				0.841			
1964	2				1.331			
1964	3				1.953			
1964	4				1.897			
1965	1				0.896			
1965	2				1.599			
1965	3				1.853			
1965	4				2.348			
1966	1				0.892			
1966	2				0.894			
1966	3				1.574			
1966	4				1.428			
1967	1				0.935			
1967	2				1.230			
1967	3				1.717			
1967	4				1.870			
1968	1				0.939	1.741	2.296	2.906
1968	2				1.342		2.223	2.415
1968	3				1.748	0.968	2.431	3.863
1968	4				1.867		3.012	4.447
1969	1				1.191	3.586	2.835	2.037
1969	2	0.260			1.968	1.430	3.053	1.553
1969	3	0.450			1.831		2.294	3.316
1969	4				2.117	6.095	2.339	2.881
1970	1				1.314	1.529	3.132	1.399
1970	2				1.259	1.251	1.876	1.832
1970	3	0.103			0.938	3.958	2.800	2.984
1970	4	0.158			1.864	3.725	2.265	1.823
1971	1				1.086	1.997	2.116	0.993
1971	2	0.103			1.070	2.615	1.973	1.265
1971	3				1.361		1.455	2.625
1971	4				1.393	1.901	2.572	1.773
1972	1				0.769	1.344	1.524	1.540
1972	2				1.017		1.651	1.441
1972	3	0.236			0.892		1.306	1.663
1972	4				1.645	1.253	2.011	1.537
1973	1				0.923	1.013	1.463	0.980
1973	2	0.405			1.152	3.025	1.093	1.441
1973	3	0.198			1.822		0.901	2.374
1973	4				1.810	1.435	1.389	1.126
1974	1	0.141			1.194	1.977	2.438	0.980
1974	2				1.789	1.515	0.593	1.233
1974	3	0.084			1.606	0.853	0.704	2.611
1974	4				1.446	1.325	1.531	1.429

1975	1		0.727	1.181	2.558	1.336		
1975	2		0.923	1.646	0.586	1.461		
1975	3	4.580	1.443	2.170	1.784	1.038	3.391	
1975	4	3.992	0.902	1.599	0.971	0.849	1.409	
1976	1	3.096	2.754	0.842	1.153	1.429	1.375	
1976	2			1.032	0.812	1.517		
1976	3	4.809		2.326	1.209	0.555	2.409	
1976	4	6.147	3.331	3.300	1.171	0.723	1.139	
1977	1	1.023		1.233	1.389	0.641	1.397	
1977	2			1.346	1.436	1.434	1.567	
1977	3	1.582	0.869	3.374	1.857	0.742	2.303	
1977	4	1.076	0.727	2.752	1.367	1.253	1.545	
1978	1	1.728		1.114	1.647	1.972	1.341	
1978	2	2.109		1.164	1.050	0.905	1.292	
1978	3	1.977	1.048	1.804	4.075	0.460	1.947	
1978	4		0.886	2.128	1.152	0.788	1.606	
1979	1		1.988	1.162	1.031	0.611	1.664	
1979	2		2.133	1.397	0.860	0.384	1.368	
1979	3	0.961	2.257	2.814		0.481	1.673	
1979	4	1.504	2.406	1.591	2.132	0.694	1.187	
1980	1	1.031	0.899	1.026	1.948	0.322	1.168	
1980	2		0.101	1.324	1.006	0.366	1.290	
1980	3		1.128	0.228	1.536		0.822	1.673
1980	4	1.927	0.851	1.128	1.632	1.458	1.344	
1981	1		0.487	1.120	1.025	2.539	1.126	
1981	2		0.297	1.286	0.905	0.541	1.196	
1981	3	0.277	0.381	0.498	1.554		0.775	1.333
1981	4		0.183	1.213	1.010	1.124	0.710	
1982	1	0.761	0.021	1.040	0.829	1.741	0.971	
1982	2	0.562		1.404	0.973	0.554	1.274	
1982	3		2.295	1.380	1.646	0.793	1.201	
1982	4		0.893	1.087	0.950	0.747	0.747	
1983	1	0.024	0.557	1.074	0.916	1.956	1.215	
1983	2			1.067	1.327	0.550	1.191	
1983	3		1.180	1.071	0.933	0.397	0.867	
1983	4		2.285	1.335	0.817	0.393	1.384	
1984	1			0.181	0.927	0.487	1.636	
1984	2			0.430	0.961	0.552	0.944	
1984	3	1.036	2.428	2.768	1.150	0.984	0.624	1.285
1984	4	1.402		4.361	1.227	0.837	1.105	0.318
1985	1	0.831			1.062	0.913	1.441	0.953
1985	2				1.444	1.000	0.371	0.909
1985	3	1.072		2.916	1.083	0.949	0.636	1.000
1985	4	0.934		1.974	0.977	0.978	0.313	0.520
1986	1				1.249	0.889	0.569	0.643
1986	2				1.033	0.920	0.340	0.595
1986	3	0.925		0.535	1.247	0.884	0.325	1.189
1986	4	1.003		0.493	0.933	0.859	0.658	1.072
1987	1	1.185			1.603	1.207	0.640	0.850
1987	2				1.289	1.025	0.479	0.962
1987	3	1.773		0.442	1.270	1.945	0.861	1.597
1987	4	0.918		0.302	1.349	2.429	1.040	1.607
1988	1				0.779	1.343	1.012	0.797
1988	2				1.217	0.857		0.886
1988	3	0.912		0.908	1.158	1.364		1.089
1988	4	0.707		0.486	1.141	2.483	1.378	0.863
1989	1				1.286	1.634	0.615	0.651
1989	2		0.657		1.038	0.928		1.146
1989	3			0.558	1.254	1.590		1.312
1989	4			0.219	0.822	2.323	0.904	0.794
1990	1	2.478			0.921	1.389	0.802	0.507

1990	2			1.047	0.382	0.651	0.594
1990	3		2.391	1.054	0.822	0.780	1.035
1990	4	5.722		1.108	2.143	0.788	1.011
1991	1	0.840		0.777	0.753	1.152	0.764
1991	2	0.736		0.812	0.472	1.094	0.728
1991	3	0.576	0.286	0.955	1.247	1.171	0.706
1991	4		0.114	0.953	1.272	0.535	0.183
1992	1	0.742		0.730	0.659	0.945	0.266
1992	2	0.360		0.836	0.239	1.146	0.262
1992	3		0.203	0.887	0.822	1.058	0.715
1992	4		0.283	1.170	1.201	1.092	0.423
1993	1	0.168		0.616	0.705	1.438	0.549
1993	2	0.155	0.108	0.940	0.235	0.785	0.727
1993	3	0.220		0.273	1.161	0.938	0.646
1993	4	0.142		0.087	1.122	1.647	0.993
1994	1	0.057		0.830	0.716	1.369	0.850
1994	2			1.058	0.272	1.431	1.110
1994	3	0.131	1.263	0.974	0.676	1.172	1.724
1994	4		1.064	0.684	0.810	1.306	2.053
1995	1	0.691		1.022	0.417	1.778	0.812
1995	2			1.060	0.258	1.517	0.814
1995	3		0.821	1.029	0.798	1.308	1.286
1995	4	0.146	0.930	0.287	0.740	1.449	0.986
1996	1	0.661		0.915	0.486	1.310	0.975
1996	2			0.775	0.397	1.072	1.664
1996	3		0.576	1.070	0.729	0.807	1.924
1996	4	0.175	1.140	0.180	1.014	0.825	0.929
1997	1	0.278		0.692	0.701	1.237	1.490
1997	2	0.150		0.708	0.492	1.002	1.123
1997	3		0.292	1.227	1.092	0.772	1.094
1997	4	0.225		0.153	0.878	0.962	0.940
1998	1	0.630	0.859	0.208	0.516	0.656	1.227
1998	2			0.705	0.533	0.815	0.498
1998	3	0.552		0.300	1.069	0.873	0.766
1998	4	0.687			0.705	1.634	0.845
1999	1		0.375		0.621	1.045	0.784
1999	2				0.795	1.011	0.661
1999	3		0.794	0.022	0.967	1.061	0.483
1999	4			0.021	0.778	1.239	0.568
2000	1	0.116	0.311	0.585	0.607	0.812	0.854
2000	2				0.759	0.547	0.683
2000	3			0.889	0.693	0.656	0.501
2000	4				0.658	1.148	0.486
2001	1	0.698			0.515	0.690	0.690
2001	2	0.634			0.551	0.680	0.683
2001	3	0.125	2.028		0.972	0.624	0.457
2001	4	0.114	0.773		0.884	1.485	0.520
2002	1	0.603	0.727	1.154	0.730	0.891	0.858
2002	2	1.082			0.871	0.392	0.847
2002	3		1.880		0.755	0.720	0.795
2002	4	0.851	0.866		0.989	1.545	0.502
2003	1		0.875		0.675	0.937	1.072
2003	2			0.504	0.705	0.165	0.661
2003	3	0.943		1.111	0.994	0.242	0.444
2003	4	0.772	1.913		0.728	1.198	0.460
2004	1	0.088	0.479		0.374	0.424	0.934
2004	2				0.455	0.064	0.583
2004	3	0.083	0.664	1.516	0.794	0.210	0.383
2004	4	0.150		0.833	0.790	1.239	0.424
2005	1				0.766	1.060	0.617
2005	2				0.713	0.407	0.601
					0.371		

2005	3		1.327	0.768	0.685	0.467	0.313	
2005	4	0.136	1.495	0.641	1.047	1.558	0.508	0.500
2006	1	0.320	0.638		0.397	1.621	0.656	0.615
2006	2			0.902	0.807	0.505	0.613	0.432
2006	3	0.388		1.278	0.836	0.620	0.549	0.826
2006	4	0.434		0.683	0.828	2.879	0.603	0.448
2007	1	0.065	0.572		1.580	0.953	1.038	0.434
2007	2	0.048		0.328	0.550	0.065	0.812	1.266
2007	3			0.325	0.908	0.253	0.608	0.753
2007	4	0.033	0.260		0.772	0.471	0.777	0.249
2008	1		0.456	0.168	0.665	0.235	0.788	0.505
2008	2				0.603	0.427	0.607	0.932
2008	3	0.135		0.152	0.799	0.294	0.608	0.496
2008	4	0.066			0.704	0.673	0.740	0.204

Table 6. Estimated bigeye combined index of abundance for production models.

Year	<i>Bigeye Combined Biomass Index for Production Models</i>					
	All no weight	All wgt Catch	All wgt Area	Only 1971 +	Exc CTAI 1970	Exc JPN < 1970
1961	1.0675	1.1253	1.0572		1.0678	
1962	1.0565	1.1143	1.0462		1.0568	
1963	1.1405	1.1983	1.1302		1.1408	
1964	1.0465	1.1043	1.0362		1.0468	
1965	1.2175	1.2753	1.2072		1.2178	
1966	1.0985	1.1563	1.0882		1.0988	
1967	1.1285	1.1863	1.1182		1.1288	
1968	2.2229	1.9026	1.8781		1.2598	3.2565
1969	2.4714	2.2630	2.4121		1.3278	3.6855
1970	2.1258	2.0209	2.0801		1.5383	2.7054
1971	1.8138	1.6631	1.8264	1.7094	1.7109	1.7006
1972	1.6581	1.5699	1.6055	1.6121	1.6127	1.6058
1973	1.8711	1.9067	1.7042	1.9238	1.9244	1.9202
1974	1.9711	1.9254	1.5871	1.9255	1.9252	1.9259
1975	1.6228	1.4286	1.4196	1.4587	1.4597	1.4529
1976	1.1611	1.2127	1.1983	1.2990	1.2997	1.2873
1977	1.3041	1.6148	1.5433	1.6733	1.6743	1.6643
1978	1.3131	1.4809	1.4395	1.5190	1.5188	1.5153
1979	1.4728	1.5039	1.2894	1.5167	1.5169	1.5147
1980	1.1184	1.5219	1.3978	1.5096	1.5101	1.5101
1981	1.2376	1.3161	1.2208	1.2928	1.2937	1.2936
1982	1.6715	1.2915	1.4293	1.2596	1.2614	1.2593
1983	1.5027	1.4064	1.2918	1.3871	1.3873	1.3888
1984	1.1945	1.3180	1.1904	1.2760	1.2769	1.2789
1985	1.1479	1.4227	1.0846	1.3813	1.3818	1.3848
1986	1.1507	1.3631	1.0790	1.3253	1.3253	1.3299
1987	1.1062	1.3684	1.1264	1.3402	1.3404	1.3432
1988	1.0652	1.3578	1.1771	1.3181	1.3200	1.3183
1989	0.9535	1.1629	1.0503	1.1149	1.1163	1.1172
1990	0.8661	1.0573	0.9294	1.0000	1.0012	1.0040
1991	0.9796	0.9977	0.9293	0.9404	0.9415	0.9443
1992	1.0168	1.1075	0.8645	1.0496	1.0511	1.0531
1993	1.1234	1.0593	0.7886	1.0022	1.0033	1.0064
1994	1.2623	1.2379	1.1673	1.1798	1.1814	1.1829
1995	1.1826	1.1931	0.8443	1.1364	1.1374	1.1409
1996	1.3179	1.1479	1.1591	1.0899	1.0914	1.0930
1997	0.9243	0.9082	0.8371	0.8509	0.8521	0.8547
1998	0.6161	0.8431	0.6516	0.7866	0.7874	0.7912
1999	0.6819	0.8051	0.6605	0.7478	0.7491	0.7514
2000	0.5974	0.7969	0.6797	0.7388	0.7405	0.7417
2001	0.4598	0.7067	0.5389	0.6486	0.6504	0.6514
2002	0.5068	0.8057	0.5720	0.7477	0.7494	0.7506
2003	0.5381	0.8452	0.7047	0.7869	0.7887	0.7897
2004	0.5268	0.7827	0.7457	0.7248	0.7264	0.7280
2005	0.5752	0.7696	0.7430	0.7119	0.7134	0.7154
2006	1.0965	0.9015	1.0753	0.8430	0.8449	0.8455
2007	0.5343	0.7174	0.9015	0.6596	0.6611	0.6630
2008	0.5142	0.6848	0.7552	0.6267	0.6283	0.6298

Table 7. Upper slicing limits (cm) by quarter of the year used for converting the catch-at-size to catch-at-age (using growth equation from Hallier *et al.* 2005). Each age class is assigned if the fish length is less than or equal to the corresponding upper limit, and above the upper limit for the next younger age class.

Quarter	Age Class							
	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7+
1	46	75	98	118	134	148	159	∞
2	54	81	103	120	138	151	162	∞
3	61	87	108	126	141	154	164	∞
4	68	93	113	130	145	157	167	∞

Table 8. Atlantic bigeye catch at age matrixes

OVERALL									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1975	589,222	289,154	372,546	258,167	254,018	157,497	83,912	105,435	2,109,952
1976	1,575,099	605,759	201,439	171,394	155,971	112,648	66,651	60,989	2,949,949
1977	1,479,862	604,874	317,357	238,715	201,117	140,817	73,073	59,302	3,115,117
1978	941,839	867,732	332,376	221,284	174,878	108,454	63,047	73,504	2,783,115
1979	817,510	554,117	376,539	185,952	150,944	91,537	55,282	65,760	2,297,642
1980	1,422,928	956,047	288,703	432,701	244,283	133,656	69,273	59,887	3,607,479
1981	3,230,785	1,088,272	351,295	332,502	302,805	138,786	60,552	49,654	5,554,652
1982	1,931,655	1,150,592	311,814	420,972	329,080	180,738	83,144	59,913	4,467,908
1983	2,144,639	1,221,296	350,841	268,469	244,537	124,249	53,608	51,602	4,459,242
1984	1,907,371	1,613,901	498,801	377,023	285,994	153,709	59,393	47,547	4,943,739
1985	1,592,309	1,077,691	478,982	378,382	346,651	214,839	91,342	55,274	4,235,470
1986	1,963,906	1,329,548	363,786	323,368	265,100	149,764	68,606	44,551	4,508,629
1987	1,484,425	712,262	267,842	304,963	250,834	179,305	67,589	34,227	3,301,446
1988	1,663,925	506,288	405,364	408,233	352,998	148,331	59,886	39,126	3,584,150
1989	2,309,310	858,431	271,840	434,172	399,737	211,619	90,956	57,010	4,633,075
1990	3,799,619	940,219	479,247	489,553	405,705	202,834	78,767	31,279	6,427,223
1991	4,353,835	1,427,245	570,585	464,207	526,071	271,789	64,207	33,866	7,711,805
1992	3,908,083	1,858,997	634,571	667,005	441,462	197,665	78,386	51,925	7,838,095
1993	5,329,725	2,284,115	855,054	527,035	413,260	237,273	101,076	74,169	9,821,706
1994	6,246,587	2,258,619	941,958	661,253	383,806	283,117	130,615	117,355	11,023,309
1995	5,566,549	2,487,110	757,116	709,915	370,757	239,948	127,569	130,793	10,389,758
1996	6,463,200	2,266,640	664,571	527,274	394,826	270,974	144,012	141,317	10,872,814
1997	6,561,236	1,978,935	520,241	532,560	536,915	202,437	100,523	83,920	10,516,766
1998	6,960,620	2,055,323	631,862	525,421	464,964	213,841	90,636	79,036	11,021,703
1999	7,626,246	4,398,808	902,976	709,819	373,267	213,529	104,491	76,768	14,405,905
2000	4,797,584	2,355,260	818,308	640,694	370,139	150,128	74,075	94,214	9,300,402
2001	6,327,900	2,007,744	482,872	519,120	355,337	171,824	58,119	57,513	9,980,429
2002	4,679,166	2,029,551	298,620	307,813	301,225	202,492	72,124	70,367	7,961,359
2003	6,181,503	2,750,505	325,593	292,461	320,568	273,667	103,673	82,145	10,330,115
2004	7,966,614	2,179,228	325,088	283,138	305,637	180,503	95,074	62,290	11,397,572

2005	6,150,039	1,862,271	325,039	268,445	237,670	148,540	69,520	57,715	9,119,239
2006	3,739,585	1,175,267	390,276	384,049	191,662	121,314	74,645	56,547	6,133,345
2007	5,877,446	1,724,748	314,975	264,907	211,479	150,425	100,794	126,427	8,771,200
2008	6,107,019	860,382	223,784	184,557	177,515	152,530	91,817	111,746	7,909,350
2009*	4,010,479	1,718,842	392,463	179,486	180,541	154,158	100,499	117,583	6,854,052
Total	137,707,822	54,055,773	16,044,726	13,895,008	10,921,750	6,284,935	2,906,937	2,520,758	244,337,709

* Catch at size incomplete for 2009.

Azores BB									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1975	0	11,464	92,054	31,997	21,805	11,807	6,647	13,782	189,554
1976	0	5,275	46,611	13,808	8,888	4,644	2,600	5,391	87,216
1977	0	7,149	51,741	21,168	15,119	8,411	4,754	9,857	118,200
1978	0	11,039	113,687	25,431	14,262	6,731	3,704	7,681	182,534
1979	0	8,324	99,162	16,291	7,142	2,587	1,347	2,793	137,647
1980	432	4,923	9,555	40,606	16,915	7,911	4,076	4,019	88,437
1981	830	3,135	27,578	27,996	14,170	4,718	4,357	3,158	85,943
1982	8,355	23,836	18,166	20,403	5,755	2,115	1,130	753	80,513
1983	1,996	21,756	36,056	30,884	27,026	5,185	1,407	865	125,174
1984	5,526	62,710	46,071	36,474	13,857	8,569	1,405	87	174,698
1985	14,128	231,611	84,714	20,369	17,285	12,793	5,070	2,866	388,837
1986	20,274	484,427	113,097	17,124	10,399	558	98	24	646,001
1987	6,349	28,630	16,225	21,904	25,104	16,140	7,836	6,183	128,372
1988	9,596	64,451	47,686	16,616	5,753	3,020	1,911	1,849	150,882
1989	2,735	143,734	65,123	55,957	21,091	1,777	223	24	290,663
1990	3,053	38,382	85,105	51,360	36,985	8,466	3,073	1,260	227,685
1991	25,180	73,230	87,975	43,272	28,815	6,630	2,269	661	268,032
1992	8,054	56,779	82,502	48,527	28,513	9,375	531	0	234,282
1993	26,757	80,737	93,954	45,914	16,965	4,575	1,488	284	270,674
1994	20,874	73,046	57,763	16,329	5,032	3,251	674	1,123	178,093
1995	3,842	122,784	214,299	91,941	25,426	7,021	1,548	130	466,991
1996	24,519	44,946	28,483	30,020	19,025	14,793	11,352	9,507	182,645
1997	8,581	51,604	85,284	39,948	12,205	8,162	6,739	3,956	216,478
1998	163	34,872	128,825	61,867	11,440	3,696	2,336	5,595	248,794
1999	5,553	37,851	96,028	36,553	2,312	522	152	93	179,064
2000	155	9,868	29,193	17,786	5,830	525	114	47	63,518
2001	4,717	25,464	22,985	26,776	2,766	143	73	17	82,941
2002	1,067	5,153	35,195	25,284	12,237	2,628	477	136	82,177
2003	401	13,557	16,972	19,940	5,562	2,488	315	58	59,292
2004	11,098	51,471	45,234	18,478	6,962	6,120	3,965	1,125	144,452
2005	6,876	35,270	83,604	42,709	7,610	977	0	0	177,045
2006	4,988	23,306	88,866	57,738	10,648	4,329	1,738	440	192,053
2007	15,728	35,594	67,369	69,012	15,499	3,186	568	315	207,272

2008	112	12,305	61,124	25,599	4,338	2,977	673	253	107,381
2009	2,481	24,801	80,362	27,755	15,326	5,902	2,498	447	159,573
Total	244,421	1,963,482	2,358,647	1,193,837	498,066	192,732	87,146	84,782	6,623,113

Brazil LL									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1975	0	1	14	161	592	698	461	513	2,440
1976	0	0	28	126	643	1,115	652	558	3,122
1977	1,981	1,981	19	879	2,031	774	2,038	387	10,090
1978	0	0	192	987	1,659	2,313	1,613	2,736	9,499
1979	0	0	168	866	1,482	2,079	1,442	2,413	8,451
1980	0	25	328	917	1,369	1,387	1,110	2,505	7,641
1981	0	34	1,574	2,575	1,424	939	843	1,032	8,421
1982	0	64	916	1,812	2,192	1,790	1,308	2,190	10,273
1983	0	298	1,564	1,317	1,889	1,455	711	1,522	8,757
1984	0	88	354	2,318	2,148	2,299	1,215	1,902	10,324
1985	49	503	2,139	1,549	2,676	881	437	575	8,810
1986	0	7	3,605	8,841	2,660	2,168	1,087	1,221	19,589
1987	0	590	1,109	1,950	5,013	2,439	1,697	948	13,747
1988	289	2,380	5,566	3,423	3,680	3,467	1,735	1,239	21,779
1989	154	1,287	3,017	1,966	2,053	1,764	917	698	11,856
1990	176	1,465	3,661	2,335	2,326	2,017	1,015	815	13,809
1991	77	699	1,713	1,848	1,543	1,118	533	511	8,043
1992	5	1,768	15,266	10,984	1,157	296	125	67	29,667
1993	0	2,219	6,498	7,354	5,864	2,726	2,060	1,743	28,463
1994	154	2,096	5,933	1,925	1,634	1,497	838	1,245	15,322
1995	500	6,805	19,262	6,249	5,305	4,861	2,722	4,041	49,744
1996	441	6,003	16,992	5,513	4,680	4,288	2,401	3,565	43,883
1997	320	4,350	12,313	3,995	3,391	3,107	1,740	2,583	31,800
1998	166	2,265	6,411	2,080	1,766	1,618	906	1,345	16,556
1999	231	3,144	12,139	15,399	9,827	4,925	2,081	1,087	48,832
2000	0	2,133	13,048	23,524	17,627	3,513	1,255	627	61,726
2001	0	1,956	11,969	21,578	16,169	3,222	1,151	575	56,622
2002	0	1,993	12,194	21,985	16,474	3,283	1,173	586	57,688
2003	0	1,833	11,164	20,113	15,125	3,070	1,103	552	52,961
2004	42	1,566	5,940	9,320	7,415	3,280	1,444	700	29,706
2005	234	6,468	5,307	5,340	3,772	3,087	1,401	956	26,565
2006	57	618	2,434	7,755	8,926	5,016	1,753	1,276	27,835
2007	10	241	1,789	3,779	5,219	3,527	1,614	1,103	17,281
2008	0	210	4,368	9,890	2,586	1,538	874	594	20,059
2009*	0	210	4,368	9,889	2,586	1,538	874	594	20,059
Total	4,887	55,298	193,363	220,540	164,902	83,092	44,328	45,004	811,415

* Catch at size incomplete for 2009.

EU PS FAD									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1991	2,184,000	753,788	149,658	35,303	4,726	387	225	484	3,128,573
1992	2,565,747	1,096,763	150,447	41,777	5,692	1,855	773	205	3,863,259
1993	3,345,547	1,444,405	305,962	64,680	10,637	2,232	625	926	5,175,014
1994	4,158,739	1,385,484	290,359	72,649	11,133	2,782	1,557	912	5,923,615
1995	3,396,233	1,431,217	207,764	49,462	6,966	3,003	2,637	2,109	5,099,392
1996	4,090,717	1,304,951	245,901	52,214	7,405	2,538	1,140	375	5,705,242
1997	3,046,506	911,939	102,113	18,491	3,136	750	450	383	4,083,770
1998	2,695,966	546,976	44,814	10,228	1,730	189	169	263	3,300,335
1999	2,482,208	668,185	68,474	25,842	5,317	504	505	503	3,251,538
2000	2,665,076	764,219	70,512	10,533	1,903	293	60	47	3,512,644
2001	2,099,529	687,880	115,825	29,607	6,713	1,346	198	131	2,941,230
2002	2,571,109	660,006	64,715	16,874	2,157	328	90	42	3,315,320
2003	2,403,352	782,877	80,573	18,191	1,536	368	141	141	3,287,179
2004	2,170,646	682,253	85,379	19,871	3,342	272	89	65	2,961,917
2005	1,961,517	393,997	48,168	8,823	2,317	929	475	216	2,416,443
2006	1,787,100	704,459	55,762	13,089	1,294	358	84	37	2,562,184
2007	1,639,471	454,893	51,721	12,411	1,550	194	219	259	2,160,717
2008	3,702,549	682,696	46,459	11,873	2,873	962	357	215	4,447,986
2009	2,352,532	911,114	61,148	13,238	4,453	1,531	472	246	3,344,735
Total	51,318,544	16,268,103	2,245,757	525,158	84,882	20,821	10,269	7,562	70,481,094

Morocco LL									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
2005	2,198	37,078	4,587	1,338	48	48	0	0	45,296
2006	0	4,947	19,909	6,791	672	229	79	357	32,984
2007	0	1,022	12,854	11,247	3,652	146	0	0	28,921
2008	0	37,867	22,720	0	1,515	0	0	0	62,101
2009*	294	3,256	798	70	15	12	2	1	4,448
Total	2,492	84,170	60,868	19,446	5,901	435	81	358	173,751

* Catch at size incomplete for 2009.

Japan LL									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1975	1,135	12,793	33,476	76,662	80,000	48,246	29,015	41,230	322,557
1976	46	3,578	27,429	40,543	33,441	23,682	12,902	8,671	150,293
1977	76	4,811	32,492	51,285	38,744	26,877	16,874	10,236	181,396
1978	223	10,472	37,795	60,850	45,655	26,778	12,547	6,919	201,239
1979	174	27,864	119,996	77,393	47,986	24,386	12,297	8,260	318,356
1980	165	27,538	95,667	179,541	89,583	42,307	22,596	20,452	477,850

1981	294	23,983	101,532	142,332	143,832	45,848	19,530	13,197	490,547
1982	5,727	50,063	112,466	228,869	153,823	92,101	47,429	45,157	735,635
1983	539	10,309	55,969	87,871	66,624	41,813	23,812	25,087	312,023
1984	234	25,044	108,147	157,259	116,940	64,176	31,566	30,988	534,354
1985	333	27,684	157,261	216,645	160,659	91,830	42,147	30,028	726,587
1986	601	19,002	71,145	148,931	121,278	67,233	35,812	29,145	493,146
1987	91	15,819	84,303	145,002	110,747	48,201	21,119	14,228	439,510
1988	109	25,509	151,887	220,445	172,348	81,734	40,900	27,695	720,628
1989	63	22,487	99,180	242,488	215,948	126,719	62,263	43,618	812,765
1990	93	40,342	149,760	224,307	191,314	121,474	52,251	23,149	802,690
1991	7	9,282	101,271	186,276	167,671	94,321	42,909	26,257	627,993
1992	177	23,564	120,906	177,405	172,461	119,243	55,006	39,168	707,930
1993	12,196	39,772	73,138	139,194	182,671	133,730	66,388	47,199	694,288
1994	361	17,685	56,398	147,848	152,246	127,828	73,188	85,445	660,998
1995	532	25,405	40,959	79,150	113,162	127,091	75,601	100,165	562,065
1996	50	7,314	50,082	109,331	124,435	104,079	68,457	85,714	549,462
1997	0	2,052	39,706	156,456	128,258	68,436	47,362	51,159	493,428
1998	173	14,104	87,368	120,856	113,161	66,042	40,461	44,097	486,261
1999	23	8,563	65,887	157,367	110,006	63,195	29,095	30,840	464,976
2000	47	2,505	64,506	149,527	141,152	74,697	31,793	39,164	503,392
2001	145	4,178	56,167	123,773	92,988	67,554	26,417	19,710	390,932
2002	0	6,040	37,363	75,397	73,121	62,578	20,622	22,861	297,983
2003	62	5,176	31,123	80,187	94,933	63,431	37,210	38,186	350,308
2004	68	4,769	38,217	76,381	85,974	55,292	41,475	35,102	337,277
2005	0	2,915	50,219	73,807	52,390	37,765	24,645	30,879	272,620
2006	9	11,682	45,247	96,366	69,691	48,261	31,678	20,779	323,714
2007	0	2,891	34,426	80,338	80,793	57,171	38,447	33,156	327,222
2008	0	51	5,286	32,195	58,143	62,215	42,817	49,216	249,922
2009*	0	63	6,588	40,126	72,465	77,540	53,364	61,339	311,485
Total	23,752	535,307	2,443,359	4,402,402	3,874,644	2,483,875	1,329,994	1,238,496	16,331,830

* Catch at size incomplete for 2009.

Chinese Taipei LL									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1975	0	3,923	14,666	18,616	27,489	16,151	5,280	5,683	91,808
1976	237	6,146	12,342	17,061	23,631	13,443	3,898	1,506	78,264
1977	918	15,730	21,409	19,152	18,395	12,184	3,614	850	92,253
1978	146	10,051	10,415	15,732	20,248	10,779	3,569	1,602	72,543
1979	0	2,538	11,888	15,386	9,411	3,901	2,012	6,687	51,823
1980	963	6,464	9,104	17,562	14,866	7,591	2,517	2,077	61,142
1981	128	2,471	4,713	11,463	12,484	5,786	2,079	1,641	40,765
1982	396	2,780	9,669	17,041	14,430	5,455	1,881	884	52,535
1983	12	1,558	3,899	9,371	13,669	5,049	1,608	1,057	36,224

1984	146	926	2,488	4,972	5,946	3,696	1,031	554	19,758
1985	16	1,265	4,650	6,957	8,714	4,930	861	619	28,013
1986	115	526	3,695	12,638	8,112	2,540	273	120	28,018
1987	31	4,495	7,638	10,099	11,145	4,464	627	229	38,728
1988	0	383	1,465	6,351	16,563	4,763	506	110	30,141
1989	100	471	966	5,637	9,005	2,450	618	209	19,457
1990	15	2,243	21,925	45,909	43,163	13,770	3,326	572	130,922
1991	0	4,028	19,694	61,712	137,634	74,132	6,378	1,567	305,145
1992	0	4,208	58,054	142,255	88,077	18,824	3,670	2,041	317,128
1993	6,187	17,204	55,451	100,971	85,280	37,530	7,040	5,043	314,706
1994	2,906	24,063	114,407	167,400	93,376	58,227	16,938	8,719	486,037
1995	3,569	17,719	65,894	185,369	94,321	40,155	16,179	6,109	429,315
1996	2,640	21,093	97,497	139,871	120,741	72,446	29,667	18,048	502,004
1997	0	7,798	67,275	116,310	176,357	53,270	18,713	11,452	451,175
1998	23	17,995	100,626	108,458	115,840	46,583	14,011	6,625	410,160
1999	34	24,451	141,895	128,537	72,919	45,086	22,735	13,388	449,046
2000	3,562	38,331	178,154	151,130	72,098	23,843	14,437	19,462	501,016
2001	8,450	30,748	56,966	111,285	110,256	48,082	11,042	12,827	389,655
2002	22	767	30,686	82,304	113,718	85,644	29,250	28,139	370,531
2003	4	230	10,196	61,721	120,280	147,828	38,550	19,137	397,944
2004	0	239	8,243	48,653	117,579	84,856	35,752	18,725	314,047
2005	4	450	6,237	35,389	82,261	53,084	19,607	12,756	209,787
2006	19	274	2,249	9,734	11,100	9,070	6,388	8,065	46,898
2007	3	348	5,640	20,810	36,171	34,051	25,141	42,025	164,190
2008	39	369	3,515	17,987	32,785	32,936	21,967	34,934	144,530
2009	0	349	5,747	26,367	47,939	40,133	27,494	42,054	190,083
Total	30,683	272,633	1,169,355	1,950,210	1,986,004	1,122,732	398,658	335,515	7,265,790

Uruguay LL									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1981	9	377	354	491	625	313	53	41	2,262
1982	11	605	1,844	2,946	3,305	1,051	293	86	10,140
1983	0	0	1,122	561	2,244	810	810	3,054	8,602
1984	0	622	622	3,763	2,364	3,017	1,213	1,213	12,814
1985	0	1,644	4,985	1,542	4,162	976	565	719	14,594
1986	0	0	600	3,599	0	600	0	0	4,799
1987	0	170	306	527	1,376	646	476	238	3,739
1988	39	322	745	447	479	424	212	157	2,825
1989	0	6	47	258	539	178	55	19	1,102
1990	0	1	36	155	396	138	23	8	757
1991	0	45	980	9	0	27	0	0	1,061
1992	0	16	959	401	278	99	0	0	1,753

1993	10	78	656	597	272	33	18	2	1,666
1994	129	206	528	389	132	49	37	5	1,476
1995	0	196	738	856	226	120	92	26	2,254
1996	904	1,658	733	326	1,134	381	8	0	5,145
1997	0	36	687	1,171	355	6	0	0	2,256
1998	0	0	209	995	245	80	8	0	1,536
1999	0	46	14	463	248	12	6	0	789
2000	0	34	254	399	77	9	6	2	782
2001	0	4,258	198	0	0		0	0	4,456
2002	0	22	115	1,438	603	13	4	0	2,196
2003	0	0	0	97	520	474	0	0	1,092
2004	0	0	0	66	353	322	0	0	740
2005	0	0	0	0	0	904	0	0	904
2006	10	197	361	308	265	231	72	217	1,661
2007	0	17	129	82	69	81	26	46	449
2008	0	14	24	254	113	74	34	36	549
2009	0	54	61	88	947	992	395	447	2,985
Total	1,112	10,623	17,309	22,228	21,328	12,058	4,406	6,316	95,380

USA LL									
Year	Age Class								
	0	1	2	3	4	5	6	7+	Total
1981	0	0	6	11	5	2	1	0	26
1982	0	18	255	459	227	88	30	15	1,092
1983	2	112	1,599	2,876	1,419	552	189	92	6,839
1984	3	208	2,978	5,359	2,643	1,028	352	172	12,743
1985	3	179	2,565	4,615	2,277	885	303	148	10,974
1986	4	305	4,370	7,863	3,879	1,508	516	252	18,698
1987	91	1,103	3,518	8,190	4,754	1,474	579	251	19,961
1988	33	1,319	5,961	6,849	4,399	1,140	234	129	20,063
1989	21	931	4,407	6,139	3,607	1,251	288	97	16,740
1990	22	694	5,635	4,437	3,074	1,005	269	101	15,237
1991	9	913	4,943	10,351	4,432	1,369	372	134	22,523
1992	102	1,175	6,076	4,462	2,946	980	348	184	16,273
1993	17	709	10,770	9,626	3,033	799	194	83	25,230
1994	52	1,312	8,256	11,369	4,094	932	355	261	26,632
1995	52	1,200	11,300	8,502	4,727	1,529	586	388	28,283
1996	59	1,426	7,108	10,878	2,543	534	102	37	22,687
1997	73	4,256	11,016	8,217	3,863	456	74	26	27,981
1998	43	1,280	9,529	7,644	2,894	706	82	43	22,220
1999	28	1,170	6,642	14,129	4,068	853	148	28	27,066
2000	11	970	5,053	5,943	3,059	665	155	62	15,918
2001	9	547	5,253	9,050	3,207	846	190	79	19,181

2002	15	548	4,629	4,820	3,952	725	129	50	14,869
2003	3	503	2,313	2,688	1,319	661	170	103	7,760
2004	1	539	3,264	2,205	1,729	567	133	45	8,483
2005	2	439	2,212	3,975	1,472	450	124	53	8,727
2006	0	290	2,791	4,365	4,686	552	133	70	12,887
2007	6	832	1,679	2,848	2,742	1,011	169	124	9,412
2008	5	998	2,442	4,978	2,212	875	117	33	11,660
2009	30	926	3,202	2,702	3,186	895	271	79	11,291
Total	695	24,902	139,774	175,550	86,447	24,337	6,613	3,139	461,458

Table 9. A comparison of proportions at age estimates from age slicing and statistical catch-at-age analysis.

Age	Proportion-at-age						
	1980		1990		2000		
	Slicing	Statistical	Slicing	Statistical	Slicing	Statistical	
0	39%	47%	59%	61%	52%	63%	
1	27%	17%	15%	11%	25%	12%	
2	8%	6%	7%	8%	9%	11%	
3	12%	15%	8%	9%	7%	8%	
4	7%	8%	6%	9%	4%	3%	
5	4%	4%	3%	2%	2%	1%	
6	2%	2%	1%	0%	1%	1%	
7+	2%	0%	0%	0%	1%	0%	

Table 10. A comparison of mean size at age from age slicing and statistical catch-at-age analysis.

Age	Length-at-age			
	Growth Curve	Statistical		
		1980	1990	2000
0	42	48	47	48
1	71	64	67	64
2	95	95	95	95
3	115	115	115	115
4	132	132	132	132
5	146	146	146	146
6	158	158	158	158
7+	168	168	168	168

Table 11. Combined abundance indices used for the fitting of surplus production models

<i>Series</i>	<i>Weighting</i>	<i>Data selection</i>	<i>Time period</i>
1	Yearly proportion in landings	All indices	1961-2008
2	Yearly proportion in landings	All indices	1971-2008
3	Yearly proportion in landings	Excl. Chi-Tai index prior to 1971	1961-2008
4	Yearly proportion in landings	Excl. Jap index prior to 1971	1961-2008
5	No weight	All indices	1961-2008
6	Yearly proportion in fishing area	All indices	1961-2008

Table 12. Input parameters and CPUE indices of each ASPIC run for point estimate. Each parameter corresponds to that in the first to 24nd line of ASPIC input files.

Run	1	2	3	4	5	6
Combined index	Weighting method cacth	cacth	cacth	cacth	no weighting	Area 5 by 5
	period 1961-2008	1971-2008	1961-2008	1968-2008	1961-2008	1961-2008
	CPUE(s) used USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo	Exclude TWN prior 1970	Exclude JPN prior 1970	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo
	Year of catch 1950-2009	1950-2009	1950-2009	1950-2009	1950-2009	1950-2009
	Model LOGISTIC	LOGISTIC	LOGISTIC	LOGISTIC	LOGISTIC	LOGISTIC
input file Line						
1	Mode of operation (FIT,BOT,IRF) FIT	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
2	Title of analysis Run01 (weighting cacth, period 1961-2008, all indices)	Run02 (weighting cacth, period 1971-2008, all indices)	Run03 (weighting cacth, period 1961-2008, exclude TWN prior 1970)	Run04 (weighting cacth, period 1968-2008, exclude JPN prior 1970)	Run05 (weighting no weighting, period 1961-2008, all indices)	Run06 (weighting Area 5 by 5, period 1961-2008, all indices)
3	Model shape and optimization control LOGISTIC YLD SSE	LOGISTIC YLD SSE	LOGISTIC YLD LAV	LOGISTIC YLD SSE	LOGISTIC YLD SSE	LOGISTIC YLD SSE
4	Verbosity 2	2	2	2	2	2
5	Number of bootstrap trials 0	0	0	0	0	0
6	Montrlo searching (0=no search, 1=one search, 2=repeated search) 0 50000	0 50000	0 50000	0 50000	0 50000	0 50000
7	Convergence criterion for optimizer 1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08
8	Restart control 3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6
9	Control of iterative computations 1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0
10	Maximum estimated F 8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
11	Statistical weight for B1 penalty in objective function 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Number of data series 1	1	1	1	1	1
13	Series-specific statistical weights 1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00
14	Starting guess for B1/K 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
15	Starting guess for MSY 8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04
16	Starting guess for K 1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06
17	Starting guess for q 2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04
18	Flags to estimate (or fix) individual parameters 0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1
19	Bounds on MSY 1.0000E-04 5.0000E-05	1.0000E-04 5.0000E-05	1.0000E-04 5.0000E-05	1.0000E-04 5.0000E-05	1.0000E-04 5.0000E-05	1.0000E-04 5.0000E-05
20	Bounds on K 2.0000E-06 or 4.0000E-07	2.0000E-06 or 4.0000E-07	2.0000E-06 or 4.0000E-07	2.0000E-06 or 4.0000E-07	2.0000E-06 or 4.0000E-07	2.0000E-06 or 4.0000E-07
21	Random number seed 6745249	6745249	6745249	6745249	6745249	6745249
22	Number of years in data set 60	60	60	60	60	60
23	Data title Run01 (weighting cacth, period 1961-2008, all indices)	Run02 (weighting cacth, period 1971-2008, all indices)	Run03 (weighting cacth, period 1961-2008, exclude TWN prior 1970)	Run04 (weighting cacth, period 1968-2008, exclude JPN prior 1970)	Run05 (weighting no weighting, period 1961-2008, all indices)	Run06 (weighting Area 5 by 5, period 1961-2008, all indices)
24	Data series CC	CC	CC	CC	CC	CC
25 -	Data Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth

Table 12 (Cont).

Run	7	8	9	10	11	12
Combined index	Weighting method	cacth	cacth	cacth	cacth	no weighting
	period	1961-2008	1971-2008	1961-2008	1968-2008	1961-2008
	CPUE(s) used	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo	Exclude TWN prior 1970	Exclude JPN prior 1970	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo
	Year of catch	1950-2009	1950-2009	1950-2009	1950-2009	1950-2009
	Model	GENFIT	GENFIT	GENFIT	GENFIT	GENFIT
input file Line	Mode of operation (FIT,BOT,IRF)	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
1						
2	Title of analysis	Run07 (weighting cacth, period 1961-2008, all indices)	Run08 (weighting cacth, period 1971-2008, all indices)	Run09 (weighting cacth, period 1961-2008, exclude TWN prior 1970)	Run010 (weighting cacth, period 1968-2008, exclude JPN prior 1970)	Run011 (weighting no weighting, period 1961-2008, all indices)
3	Model shape and GENFIT YLD SSE optimization control	YLD SSE 10 75 50 8.0	YLD SSE 10 75 50 8.0	YLD SSE 10 75 50 8.0	YLD SSE 10 75 50 8.0	YLD SSE 10 10 75 50 8.0
4	Verbosity	2	2	2	2	2
5	Number of bootstrap trials	0	0	0	0	0
6	Monte Carlo searching (0=no search, 1=one search, 2=repeated search)	2 30000	2 30000	2 30000	2 30000	2 30000
7	Convergence criterion for optimizer	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08
8	Restart control	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6
9	Control of iterative computations	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0
10	Maximum estimated F	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
11	Statistical weight for B1 penalty in objective function	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Number of data series	1	1	1	1	1
13	Series-specific statistical weights	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00
14	Starting guess for B1/K	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
15	Starting guess for MSY	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04
16	Starting guess for K	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06
17	Starting guess for q	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04	2.0000E-06 or 2.0000E-04
18	Flags to estimate (or fix) individual parameters	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1
19	Bounds on MSY	1.0000E+04 5.0000E+05	1.0000E+04 5.0000E+05	1.0000E+04 5.0000E+05	1.0000E+04 5.0000E+05	1.0000E+04 5.0000E+05
20	Bounds on K	(1.0000E+05 2.0000E+06) or (1.0000E+05 4.0000E+07)	(1.0000E+05 2.0000E+06) or (1.0000E+05 4.0000E+07)	(1.0000E+05 2.0000E+06) or (1.0000E+05 4.0000E+07)	(1.0000E+05 2.0000E+06) or (1.0000E+05 4.0000E+07)	(1.0000E+05 2.0000E+06) or (1.0000E+05 4.0000E+07)
21	Random number seed	6745249	6745249	6745249	6745249	6745249
22	Number of years in data set	60	60	60	60	60
23	Data title	Run07 (weighting cacth, period 1961-2008, all indices)	Run08 (weighting cacth, period 1971-2008, exclude TWN prior 1970)	Run09 (weighting cacth, period 1961-2008, exclude JPN prior 1970)	Run010 (weighting no weighting, period 1961-2008, all indices)	Run011 (weighting no weighting, period 1961-2008, all indices)
24	Data series	CC	CC	CC	CC	CC
25 -	Data	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth

Table 13. Input data, parameter bounds and prior distributions used for the PROCEAN runs. The description of the time series of combined abundance indices is given in Table 11.

<i>Run</i>	<i>Combined index</i>	<i>Parameters</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Distribution</i>
Run 1	Time series 1	m	1.1	5	Uniform
		r	0.1	3	Uniform
		B0/K	0.9	0.9	Value fixed
		q	0	1	Uniform
Run 2	Time series 2	m	1.1	5	Uniform
		r	0.1	3	Lognormal(0.3,0.6)
		B0/K	0.7	0.9	Normal(0.8,0.05)
		q	0	1	Uniform
Run 3	Time series 4	m	1.1	5	Uniform
		r	0.1	3	Lognormal(0.3,0.6)
		B0/K	0.7	0.9	Normal(0.85,0.05)
		q	0	1	Uniform
Run 4	Time series 6	m	1.1	5	Uniform
		r	0.1	3	Uniform
		B0/K	0.9	0.9	Value fixed
		q	0	1	Uniform

Table 14. Model runs of the Bayesian version of the Schaefer model using Adaptive Importance Sampling/Sampling Importance Resampling (AIS/SIR) algorithm. Values in right column (Entropy) stand for calculations of a criterion to measure how close is the importance function to the posterior distribution. Bold values indicate no convergence of importance function to posterior distribution.

Dataset	Prior	Entropy
Weighted by area	Informative	0.982
Weighted by area	Non-informative	0.957
Weighted by catch	Informative	0.914
Weighted by catch	Non-informative	0.960
Discarded information prior to 1971	Informative	0.851
Discarded information prior to 1971	Non-informative	0.793
Discarded information of Japan prior to 1970	Informative	0.983
Discarded information of Japan prior to 1970	Non-informative	0.578
Discarded information of China Taipei prior to 1970	Informative	0.968
Discarded information of China Taipei prior to 1970	Non-informative	0.701

Table 15. Description of different runs of Multifan-CL.

Run name	Assumptions
Run 1	Model run presented in document SCRS-10-091
Run 2	Tagging data removed from Run1
Run 3	Data from 1960 only and base M changed from 0.15 to 0.18
Run 4	Time-series catchability removed from Run 3
Run 5	Time-series catchability included but random walk in catchability removed from Run 3
Run 6	Run 4 with VPA vector of natural mortality at age
Run 7	Run 4 with increased penalty on recruitment deviations
Run 8	Run4 with WCPFC vector of M-at-age

Table 16. The catch-at-age matrix used for VPA runs.

Year	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7
1975	589222	289154	372546	258167	254018	157497	83912	105435
1976	1575099	605759	201439	171394	155971	112648	66651	60989
1977	1479862	604874	317357	238715	201117	140817	73073	59302
1978	941839	867732	332376	221284	174878	108454	63047	73504
1979	817510	554117	376539	185952	150944	91537	55282	65760
1980	1422928	956047	288703	432701	244283	133656	69273	59887
1981	3230785	1088272	351295	332502	302805	138786	60552	49654
1982	1931655	1150592	311814	420972	329080	180738	83144	59913
1983	2144639	1221296	350841	268469	244537	124249	53608	51602
1984	1907371	1613901	498801	377023	285994	153709	59393	47547
1985	1592309	1077691	478982	378382	346651	214839	91342	55274
1986	1963906	1329548	363786	323368	265100	149764	68606	44551
1987	1484425	712262	267842	304963	250834	179305	67589	34227

1988	1663925	506288	405364	408233	352998	148331	59886	39126
1989	2309310	858431	271840	434172	399737	211619	90956	57010
1990	3799619	940219	479247	489553	405705	202834	78767	31279
1991	4353835	1427245	570585	464207	526071	271789	64207	33866
1992	3908083	1858997	634571	667005	441462	197665	78386	51925
1993	5329725	2284115	855054	527035	413260	237273	101076	74169
1994	6246587	2258619	941958	661253	383806	283117	130615	117355
1995	5566549	2487110	757116	709915	370757	239948	127569	130793
1996	6463200	2266640	664571	527274	394826	270974	144012	141317
1997	6561236	1978935	520241	532560	536915	202437	100523	83920
1998	6960620	2055323	631862	525421	464964	213841	90636	79036
1999	7626246	4398808	902976	709819	373267	213529	104491	76768
2000	4797584	2355260	818308	640694	370139	150128	74075	94214
2001	6327900	2007744	482872	519120	355337	171824	58119	57513
2002	4679166	2029551	298620	307813	301225	202492	72124	70367
2003	6181503	2750505	325593	292461	320568	273667	103673	82145
2004	7966614	2179228	325088	283138	305637	180503	95074	62290
2005	6150039	1862271	325039	268445	237670	148540	69520	57715
2006	3739585	1175267	390276	384049	191662	121314	74645	56547
2007	5877446	1724748	314975	264907	211479	150425	100794	126427
2008	6107019	860382	223784	184557	177515	152530	91817	111746

Table 17. Available indices of abundance for VPA assessment.

Index	US_PLL	JAP_LL_ALL	URU_LL_EARLY	URU_LL_LATE	BRA_LL	I_LL_EARLY_A	I_LL_LATE_A	MOR_LL	AZO_BB	EU_PS
Effort	Numbers	Numbers	Biomass	Biomass	Numbers	Numbers	Numbers	Biomass	Biomass	Biomass
Timing	Midyear	Midyear	Midyear	Midyear	Midyear	Midyear	Midyear	Midyear	Midyear	Midyear
First Age	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Last Age	7	7	6	6	7	7	7	5	6	7
1975		1.2117				1.1461			1.8169	
1976		1.2631				0.8134			0.8669	
1977		1.5975				1.0160			0.5173	
1978		1.6263				0.9027			0.7493	
1979		1.4108				0.6808			1.7036	
1980		1.5473			0.7654	0.8881			0.6598	
1981		1.2436	2.3000		0.4501	0.6806			0.6195	
1982		1.1565	2.1400		1.8760	0.5154			0.3038	
1983		1.2078	1.1300		1.1321	0.4730			2.0590	
1984		1.1821	1.2900		0.4340	0.5175			1.3071	
1985		1.2227	0.8300		0.3801	0.3619			1.9758	
1986	1.4091	1.2067	0.6200		0.7323	0.3142			1.5560	
1987	2.3676	1.3210	0.6600		0.8665	0.5434			1.3142	
1988	1.7811	1.2556	0.9000		1.0593	0.3790			0.7448	
1989	1.7915	1.0139	0.3400		0.7533	0.6710			1.0663	
1990	1.1671	0.9527	0.4300		0.9467		0.9985		0.8433	
1991	1.0860	0.9272	0.3500		1.4530		0.9543		1.0904	0.4174
1992	0.8103	0.9236		1.1200	0.6921		0.9548		2.0634	0.4160
1993	0.9363	0.9311		2.7200	0.2872		1.0198		1.3987	0.3519
1994	0.8603	0.8503		1.7300	1.8258		1.6466		1.2166	0.6055
1995	0.7100	0.8011		2.3600	0.2513		1.4852		1.8990	2.6132
1996	0.8491	0.7210		2.1400	2.4753		1.5380		0.7584	2.5576
1997	0.8736	0.6583		1.5800	1.2190		1.1097		0.6805	3.0246
1998	0.9594	0.6547		0.8700	0.1741		0.9489		0.5799	0.2069
1999	1.3059	0.7048		0.9800	0.4916		0.9036		0.1159	1.2767
2000	0.9809	0.6836		0.7100	0.7998		0.8617		0.1274	0.3050
2001	1.2316	0.6074		0.5400	0.3881		0.7539		0.0555	0.3838
2002	1.1257	0.5906		0.5000	0.0944		1.0109		0.3595	0.3745
2003	0.6092	0.6098		0.5000	0.9095		0.8906		0.0444	0.3946
2004	0.3866	0.4976		0.1700	1.3649		0.8664		0.1360	1.4826
2005	0.5807	0.4935		0.3600	1.1925		0.8418	0.8966	0.3083	2.7374
2006	0.6717	0.5403		0.8100	2.3934		0.7161	3.0470	0.2262	0.2551
2007	0.5157	0.4816		0.2900	1.9480		0.7420	0.1576	0.1603	0.2556
2008	0.5188	0.4229		0.3000	1.6445		0.7572	0.2555	0.1973	0.3416

Table 18. Partial catches at age for VPA assessment.

Year	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7+	Index
1986	4	305	4370	7863	3879	1508	516	252	US PLL'
1987	91	1103	3518	8190	4754	1474	579	251	US PLL'
1988	33	1319	5961	6849	4399	1140	234	129	US PLL'
1989	21	931	4407	6139	3607	1251	288	97	US PLL'
1990	22	694	5635	4437	3074	1005	269	101	US PLL'
1991	9	913	4943	10351	4432	1369	372	134	US PLL'
1992	102	1175	6076	4462	2946	980	348	184	US PLL'
1993	17	709	10770	9626	3033	799	194	83	US PLL'
1994	52	1312	8256	11369	4094	932	355	261	US PLL'
1995	52	1200	11300	8502	4727	1529	586	388	US PLL'
1996	59	1426	7108	10878	2543	534	102	37	US PLL'
1997	73	4256	11016	8217	3863	456	74	26	US PLL'
1998	43	1280	9529	7644	2894	706	82	43	US PLL'
1999	28	1170	6642	14129	4068	853	148	28	US PLL'
2000	11	970	5053	5943	3059	665	155	62	US PLL'
2001	9	547	5253	9050	3207	846	190	79	US PLL'
2002	15	548	4629	4820	3952	725	129	50	US PLL'
2003	3	503	2313	2688	1319	661	170	103	US PLL'
2004	1	539	3264	2205	1729	567	133	45	US PLL'
2005	2	439	2212	3975	1472	450	124	53	US PLL'
2006	0	290	2791	4365	4686	552	133	70	US PLL'
2007	6	832	1679	2848	2742	1011	169	124	US PLL'
2008	5	998	2442	4978	2212	875	117	33	US PLL'
1975	1135	12793	33476	76662	80000	48246	29015	41230	JAP LL ALL'
1976	46	3578	27429	40543	33441	23682	12902	8671	JAP LL ALL'
1977	76	4811	32492	51285	38744	26877	16874	10236	JAP LL ALL'
1978	223	10472	37795	60850	45655	26778	12547	6919	JAP LL ALL'
1979	174	27864	119996	77393	47986	24386	12297	8260	JAP LL ALL'
1980	165	27538	95667	179541	89583	42307	22596	20452	JAP LL ALL'
1981	294	23983	101532	142332	143832	45848	19530	13197	JAP LL ALL'
1982	5727	50063	112466	228869	153823	92101	47429	45157	JAP LL ALL'
1983	539	10309	55969	87871	66624	41813	23812	25087	JAP LL ALL'
1984	234	25044	108147	157259	116940	64176	31566	30988	JAP LL ALL'
1985	333	27684	157261	216645	160659	91830	42147	30028	JAP LL ALL'
1986	601	19002	71145	148931	121278	67233	35812	29145	JAP LL ALL'
1987	91	15819	84303	145002	110747	48201	21119	14228	JAP LL ALL'
1988	109	25509	151887	220445	172348	81734	40900	27695	JAP LL ALL'
1989	63	22487	99180	242488	215948	126719	62263	43618	JAP LL ALL'
1990	93	40342	149760	224307	191314	121474	52251	23149	JAP LL ALL'
1991	7	9282	101271	186276	167671	94321	42909	26257	JAP LL ALL'
1992	177	23564	120906	177405	172461	119243	55006	39168	JAP LL ALL'
1993	12196	39772	73138	139194	182671	133730	66388	47199	JAP LL ALL'
1994	361	17685	56398	147848	152246	127828	73188	85445	JAP LL ALL'
1995	532	25405	40959	79150	113162	127091	75601	100165	JAP LL ALL'
1996	50	7314	50082	109331	124435	104079	68457	85714	JAP LL ALL'
1997	0	2052	39706	156456	128258	68436	47362	51159	JAP LL ALL'
1998	173	14104	87368	120856	113161	66042	40461	44097	JAP LL ALL'
1999	23	8563	65887	157367	110006	63195	29095	30840	JAP LL ALL'
2000	47	2505	64506	149527	141152	74697	31793	39164	JAP LL ALL'
2001	145	4178	56167	123773	92988	67554	26417	19710	JAP LL ALL'
2002	0	6040	37363	75397	73121	62578	20622	22861	JAP LL ALL'
2003	62	5176	31123	80187	94933	63431	37210	38186	JAP LL ALL'
2004	68	4769	38217	76381	85974	55292	41475	35102	JAP LL ALL'
2005	0	2915	50219	73807	52390	37765	24645	30879	JAP LL ALL'
2006	9	11682	45247	96366	69691	48261	31678	20779	JAP LL ALL'
2007	0	2891	34426	80338	80793	57171	38447	33156	JAP LL ALL'
2008	0	51	5286	32195	58143	62215	42817	49216	JAP LL ALL'
1981	9	377	354	491	625	313	53	41	URU LL EARLY'
1982	11	605	1844	2946	3305	1051	293	86	URU LL EARLY'
1983	0	0	1122	561	2244	810	810	3054	URU LL EARLY'
1984	0	622	622	3763	2364	3017	1213	1213	URU LL EARLY'
1985	0	1644	4985	1542	4162	976	565	719	URU LL EARLY'
1986	0	0	600	3599	0	600	0	0	URU LL EARLY'
1987	0	170	306	527	1376	646	476	238	URU LL EARLY'
1988	39	322	745	447	479	424	212	157	URU LL EARLY'
1989	0	6	47	258	539	178	55	19	URU LL EARLY'
1990	0	1	36	155	396	138	23	8	URU LL EARLY'
1991	0	45	980	9	0	27	0	0	URU LL EARLY'
1992	0	16	959	401	278	99	0	0	URU LL LATE'
1993	10	78	656	597	272	33	18	2	URU LL LATE'
1994	129	206	528	389	132	49	37	5	URU LL LATE'
1995	0	196	738	856	226	120	92	26	URU LL LATE'
1996	904	1658	733	326	1134	381	8	0	URU LL LATE'
1997	0	36	687	1171	355	6	0	0	URU LL LATE'
1998	0	0	209	995	245	80	8	0	URU LL LATE'
1999	0	46	14	463	248	12	6	0	URU LL LATE'

2000	0	34	254	399	77	9	6	2	URU	LL	LATE'	
2001	0	4258	198	0	0	0	0	0	URU	LL	LATE'	
2002	0	22	115	1438	603	13	4	0	URU	LL	LATE'	
2003	0	0	0	97	520	474	0	0	URU	LL	LATE'	
2004	0	0	0	66	353	322	0	0	URU	LL	LATE'	
2005	0	0	0	0	0	904	0	0	URU	LL	LATE'	
2006	10	197	361	308	265	231	72	217	URU	LL	LATE'	
2007	0	17	129	82	69	81	26	46	URU	LL	LATE'	
2008	0	14	24	254	113	74	34	36	URU	LL	LATE'	
1980	0	25	328	917	1369	1387	1110	2505	BRA	LL'		
1981	0	34	1574	2575	1424	939	843	1032	BRA	LL'		
1982	0	64	916	1812	2192	1790	1308	2190	BRA	LL'		
1983	0	298	1564	1317	1889	1455	711	1522	BRA	LL'		
1984	0	88	354	2318	2148	2299	1215	1902	BRA	LL'		
1985	49	503	2139	1549	2676	881	437	575	BRA	LL'		
1986	0	7	3605	8841	2660	2168	1087	1221	BRA	LL'		
1987	0	590	1109	1950	5013	2439	1697	948	BRA	LL'		
1988	289	2380	5566	3423	3680	3467	1735	1239	BRA	LL'		
1989	154	1287	3017	1966	2053	1764	917	698	BRA	LL'		
1990	176	1465	3661	2335	2326	2017	1015	815	BRA	LL'		
1991	77	699	1713	1848	1543	1118	533	511	BRA	LL'		
1992	5	1768	15266	10984	1157	296	125	67	BRA	LL'		
1993	0	2219	6498	7354	5864	2726	2060	1743	BRA	LL'		
1994	154	2096	5933	1925	1634	1497	838	1245	BRA	LL'		
1995	500	6805	19262	6249	5305	4861	2722	4041	BRA	LL'		
1996	441	6003	16992	5513	4680	4288	2401	3565	BRA	LL'		
1997	320	4350	12313	3995	3391	3107	1740	2583	BRA	LL'		
1998	166	2265	6411	2080	1766	1618	906	1345	BRA	LL'		
1999	231	3144	12139	15399	9827	4925	2081	1087	BRA	LL'		
2000	0	2133	13048	23524	17627	3513	1255	627	BRA	LL'		
2001	0	1956	11969	21578	16169	3222	1151	575	BRA	LL'		
2002	0	1993	12194	21985	16474	3283	1173	586	BRA	LL'		
2003	0	1833	11164	20113	15125	3070	1103	552	BRA	LL'		
2004	42	1566	5940	9320	7415	3280	1444	700	BRA	LL'		
2005	234	6468	5307	5340	3772	3087	1401	956	BRA	LL'		
2006	57	618	2434	7755	8926	5016	1753	1276	BRA	LL'		
2007	10	241	1789	3779	5219	3527	1614	1103	BRA	LL'		
2008	0	210	4368	9890	2586	1538	874	594	BRA	LL'		
1975	0	3923	14666	18616	27489	16151	5280	5683	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1976	237	6146	12342	17061	23631	13443	3898	1506	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1977	918	15730	21409	19152	18395	12184	3614	850	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1978	146	10051	10415	15732	20248	10779	3569	1602	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1979	0	2538	11888	15386	9411	3901	2012	6687	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1980	963	6464	9104	17562	14866	7591	2517	2077	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1981	128	2471	4713	11463	12484	5786	2079	1641	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1982	396	2780	9669	17041	14430	5455	1881	884	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1983	12	1558	3899	9371	13669	5049	1608	1057	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1984	146	926	2488	4972	5946	3696	1031	554	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1985	16	1265	4650	6957	8714	4930	861	619	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1986	115	526	3695	12638	8112	2540	273	120	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1987	31	4495	7638	10099	11145	4464	627	229	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1988	0	383	1465	6351	16563	4763	506	110	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1989	100	471	966	5637	9005	2450	618	209	CHIN	TAI	LL	EARLY'
1990	15	2243	21925	45909	43163	13770	3326	572	CHIN	TAI	LL	LATE'
1991	0	4028	19694	61712	137634	74132	6378	1567	CHIN	TAI	LL	LATE'
1992	0	4208	58054	142255	88077	18824	3670	2041	CHIN	TAI	LL	LATE'
1993	6187	17204	55451	100971	85280	37530	7040	5043	CHIN	TAI	LL	LATE'
1994	2906	24063	114407	167400	93376	58227	16938	8719	CHIN	TAI	LL	LATE'
1995	3569	17719	65894	185369	94321	40155	16179	6109	CHIN	TAI	LL	LATE'
1996	2640	21093	97497	139871	120741	72446	29667	18048	CHIN	TAI	LL	LATE'
1997	0	7798	67275	116310	176357	53270	18713	11452	CHIN	TAI	LL	LATE'
1998	23	17995	100626	108458	115840	46583	14011	6625	CHIN	TAI	LL	LATE'
1999	34	24451	141895	128537	72919	45086	22735	13388	CHIN	TAI	LL	LATE'
2000	3562	38331	178154	151130	72098	23843	14437	19462	CHIN	TAI	LL	LATE'
2001	8450	30748	56966	111285	110256	48082	11042	12827	CHIN	TAI	LL	LATE'
2002	22	767	30686	82304	113718	85644	29250	28139	CHIN	TAI	LL	LATE'
2003	4	230	10196	61721	120280	147828	38550	19137	CHIN	TAI	LL	LATE'
2004	0	239	8243	48653	117579	84856	35752	18725	CHIN	TAI	LL	LATE'
2005	4	450	6237	35389	82261	53084	19607	12756	CHIN	TAI	LL	LATE'
2006	19	274	2249	9734	11100	9070	6388	8065	CHIN	TAI	LL	LATE'
2007	3	348	5640	20810	36171	34051	25141	42025	CHIN	TAI	LL	LATE'
2008	39	369	3515	17987	32785	32936	21967	34934	CHIN	TAI	LL	LATE'
2005	2198	37078	4587	1338	48	48	0	0	MOR	LL'		
2006	0	4947	19909	6791	672	229	79	357	MOR	LL'		
2007	0	1022	12854	11247	3652	146	0	0	MOR	LL'		
2008	0	37867	22720	0	1515	0	0	0	MOR	LL'		

1975	0	11464	92054	31997	21805	11807	6647	13782	AZO BB'
1976	0	5275	46611	13808	8888	4644	2600	5391	AZO BB'
1977	0	7149	51741	21168	15119	8411	4754	9857	AZO BB'
1978	0	11039	113687	25431	14262	6731	3704	7681	AZO BB'
1979	0	8324	99162	16291	7142	2587	1347	2793	AZO BB'
1980	432	4923	9555	40606	16915	7911	4076	4019	AZO BB'
1981	830	3135	27578	27996	14170	4718	4357	3158	AZO BB'
1982	8355	23836	18166	20403	5755	2115	1130	753	AZO BB'
1983	1996	21756	36056	30884	27026	5185	1407	865	AZO BB'
1984	5526	62710	46071	36474	13857	8569	1405	87	AZO BB'
1985	14128	231611	84714	20369	17285	12793	5070	2866	AZO BB'
1986	20274	484427	113097	17124	10399	558	98	24	AZO BB'
1987	6349	28630	16225	21904	25104	16140	7836	6183	AZO BB'
1988	9596	64451	47686	16616	5753	3020	1911	1849	AZO BB'
1989	2735	143734	65123	55957	21091	1777	223	24	AZO BB'
1990	3053	38382	85105	51360	36985	8466	3073	1260	AZO BB'
1991	25180	73230	87975	43272	28815	6630	2269	661	AZO BB'
1992	8054	56779	82502	48527	28513	9375	531	0	AZO BB'
1993	26757	80737	93954	45914	16965	4575	1488	284	AZO BB'
1994	20874	73046	57763	16329	5032	3251	674	1123	AZO BB'
1995	3842	122784	214299	91941	25426	7021	1548	130	AZO BB'
1996	24519	44946	28483	30020	19025	14793	11352	9507	AZO BB'
1997	8581	51604	85284	39948	12205	8162	6739	3956	AZO BB'
1998	163	34872	128825	61867	11440	3696	2336	5595	AZO BB'
1999	5553	37851	96028	36553	2312	522	152	93	AZO BB'
2000	155	9868	29193	17786	5830	525	114	47	AZO BB'
2001	4717	25464	22985	26776	2766	143	73	17	AZO BB'
2002	1067	5153	35195	25284	12237	2628	477	136	AZO BB'
2003	401	13557	16972	19940	5562	2488	315	58	AZO BB'
2004	11098	51471	45234	18478	6962	6120	3965	1125	AZO BB'
2005	6876	35270	83604	42709	7610	977	0	0	AZO BB'
2006	4988	23306	88866	57738	10648	4329	1738	440	AZO BB'
2007	15728	35594	67369	69012	15499	3186	568	315	AZO BB'
2008	112	12305	61124	25599	4338	2977	673	253	AZO BB'
1991	2184000	753788	149658	35303	4726	387	225	484	EU PS'
1992	2565747	1096763	150447	41777	5692	1855	773	205	EU PS'
1993	3345547	1444405	305962	64680	10637	2232	625	926	EU PS'
1994	4158739	1385484	290359	72649	11133	2782	1557	912	EU PS'
1995	3396233	1431217	207764	49462	6966	3003	2637	2109	EU PS'
1996	4090717	1304951	245901	52214	7405	2538	1140	375	EU PS'
1997	3046506	911939	102113	18491	3136	750	450	383	EU PS'
1998	2695966	546976	44814	10228	1730	189	169	263	EU PS'
1999	2482208	668185	68474	25842	5317	504	505	503	EU PS'
2000	2665076	764219	70512	10533	1903	293	60	47	EU PS'
2001	2099529	687880	115825	29607	6713	1346	198	131	EU PS'
2002	2571109	660006	64715	16874	2157	328	90	42	EU PS'
2003	2403352	782877	80573	18191	1536	368	141	141	EU PS'
2004	2170646	682253	85379	19871	3342	272	89	65	EU PS'
2005	1961517	393997	48168	8823	2317	929	475	216	EU PS'
2006	1787100	704459	55762	13089	1294	358	84	37	EU PS'
2007	1639471	454893	51721	12411	1550	194	219	259	EU PS'
2008	3702549	682696	46459	11873	2873	962	357	215	EU PS'

Table 19. Fleet specific weights at age for VPA assessment. Used to convert indices expressed in biomass to numbers.

Year	Age 0	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4	Age 5	Age 6	Age 7+	
1981	2.314262	8.954938	18.86093	34.25044	47.79838	62.44968	78.87564	110.4703	URU LL EARLY'
1982	3.740193	9.76804	18.58192	33.24279	47.00766	63.06057	80.90214	102.8719	URU LL EARLY'
1983	5.007378	9.627813	18.9445	37.95602	47.03411	63.46099	82.15172	109.049	URU LL EARLY'
1984	5.007378	9.487586	22.44907	33.32681	48.89249	67.59657	83.78734	115.5502	URU LL EARLY'
1985	5.007378	14.28898	21.08815	36.96764	50.34706	70.07449	91.67268	103.9102	URU LL EARLY'
1986	5.007378	11.00714	23.24055	33.02141	51.00458	70.0809	87.41331	103.2781	URU LL EARLY'
1987	5.007378	7.72529	16.47282	35.5674	51.66211	64.52282	83.15394	102.6461	URU LL EARLY'
1988	6.274563	11.71611	18.43397	29.12969	50.31431	67.33088	82.09255	113.8831	URU LL EARLY'
1989	3.447593	10.31659	20.7095	35.01577	48.77181	64.01111	87.03197	99.55937	URU LL EARLY'
1990	3.319606	9.726464	21.35926	35.57645	49.52408	64.99419	81.75883	105.0599	URU LL EARLY'
1991	3.319606	13.00348	17.5821	24.61688	50.19546	62.00672	78.86683	100.0504	URU LL EARLY'
1992	3.319606	11.90625	20.67493	35.77612	50.86685	68.80254	78.86683	100.0504	URU LL LATE'
1993	3.19162	13.09605	20.22329	29.31615	43.93745	62.6447	75.97483	95.041	URU LL LATE'
1994	4.731685	8.0467	18.42723	28.12191	49.56887	66.86402	87.5146	98.56473	URU LL LATE'
1995	4.972642	12.37661	23.26706	34.14036	50.22745	70.51746	85.36968	97.50755	URU LL LATE'
1996	5.2136	7.500551	20.62868	32.61045	48.78664	61.61552	81.97013	114.6119	URU LL LATE'
1997	5.02528	11.32017	17.6661	32.45785	48.26541	65.90631	79.06649	114.6119	URU LL LATE'
1998	5.02528	10.85487	25.78892	36.49056	46.47707	58.11167	76.16286	114.6119	URU LL LATE'

1999	5.02528	10.38957	24.02285	32.64724	41.9142	74.39042	81.93074	114.6119	URU LL LATE'
2000	5.02528	12.08894	19.459	35.93921	46.12788	69.68704	86.95857	131.7162	URU LL LATE'
2001	5.02528	11.1511	13.0784	31.68864	42.57307	64.47926	80.31379	125.5259	URU LL LATE'
2002	5.02528	6.791081	16.50043	27.43807	39.01827	59.27147	73.66902	125.5259	URU LL LATE'
2003	5.02528	8.5488	18.63351	28.09811	48.14255	64.47505	79.54823	125.5259	URU LL LATE'
2004	5.02528	8.5488	18.63351	28.09811	48.14255	64.47505	79.54823	125.5259	URU LL LATE'
2005	5.02528	8.5488	18.63351	28.09811	48.14255	64.47505	79.54823	125.5259	URU LL LATE'
2006	4.836961	10.30652	20.76658	37.25356	50.41535	68.51278	85.42744	119.3355	URU LL LATE'
2007	4.836961	10.12475	19.42148	36.86223	48.71644	69.84144	86.77625	116.1745	URU LL LATE'
2008	4.836961	9.654689	23.83968	34.08262	48.99515	67.16864	83.87045	112.3728	URU LL LATE'
2005	6.632432	9.578449	19.51849	33.17526	53.96657	72.9855	87.89825	152.1893	MOR LL'
2006	5.779159	13.2095	23.98326	32.14605	54.14667	71.19667	87.89825	152.1893	MOR LL'
2007	5.779159	7.992321	16.33972	27.8857	40.81035	63.94334	83.7553	154.9454	MOR LL'
2008	5.779159	7.72612	18.53189	30.10977	49.3496	69.7871	83.7553	154.9454	MOR LL'
1975	3.720659	9.618061	18.28941	31.40509	47.19218	64.09032	84.26409	115.2449	AZO BB'
1976	3.720659	9.718348	18.3502	31.18273	47.10136	64.06717	84.26409	115.2449	AZO BB'
1977	3.720659	9.519645	18.21657	31.59799	47.2632	64.10733	84.26409	115.2449	AZO BB'
1978	3.720659	9.900038	18.43607	30.69469	46.85912	63.9963	84.26409	115.2449	AZO BB'
1979	3.720659	10.10063	18.5064	29.97403	46.33387	63.77471	84.26409	115.2449	AZO BB'
1980	3.720659	9.670001	18.37705	33.51082	45.15396	65.67643	83.87424	112.6772	AZO BB'
1981	3.261539	7.598839	17.82831	30.39732	46.94859	67.40934	83.2999	105.6731	AZO BB'
1982	4.406317	8.344299	19.22272	30.81087	47.20851	68.04754	85.43118	114.8234	AZO BB'
1983	4.043275	9.125994	18.61898	33.08351	47.23192	65.87144	84.31025	103.9449	AZO BB'
1984	4.162674	7.725254	18.91913	31.0049	48.50691	63.77644	79.93257	98.52288	AZO BB'
1985	4.014262	8.651452	14.35491	33.19508	46.7822	65.65718	82.32732	96.08506	AZO BB'
1986	4.110758	8.757152	15.09118	32.34462	46.77133	70.96075	84.0872	120.6431	AZO BB'
1987	2.728898	8.93942	17.83439	33.13488	47.75826	66.13424	82.36946	107.3246	AZO BB'
1988	3.953618	7.468903	17.86125	30.24861	46.30487	64.38236	82.09722	104.3963	AZO BB'
1989	4.321646	8.521562	16.69222	32.018	45.27058	61.84405	79.29805	117.2073	AZO BB'
1990	3.976616	9.467708	17.78499	30.32304	45.80638	65.01056	81.38233	108.677	AZO BB'
1991	4.250665	8.535307	16.75027	30.34398	46.05394	63.62025	81.08332	102.5882	AZO BB'
1992	4.534937	9.070696	17.53897	32.01164	47.48171	65.26395	84.08144	104.1248	AZO BB'
1993	3.770011	9.31637	18.78533	31.86417	50.57039	69.25382	86.73515	105.6614	AZO BB'
1994	4.388279	9.031645	17.99197	32.41347	52.02624	70.19938	89.40232	107.1678	AZO BB'
1995	3.764689	9.522365	17.32517	30.18347	47.87113	64.58851	86.05495	109.6929	AZO BB'
1996	3.776732	9.463884	18.6303	31.47243	46.77369	64.82227	82.44431	101.284	AZO BB'
1997	4.350476	9.497758	17.94542	29.6827	48.29512	68.18558	84.22986	103.1101	AZO BB'
1998	6.006992	9.902065	18.20805	30.57499	45.41646	63.66375	83.2928	128.0239	AZO BB'
1999	3.442404	8.299834	17.4905	29.77796	45.28221	69.26436	78.58275	102.9904	AZO BB'
2000	3.140302	8.980692	17.81547	31.09779	45.83221	62.40454	81.10957	109.1463	AZO BB'
2001	3.480059	5.229347	20.74899	30.28912	46.18733	62.42961	81.16121	102.0885	AZO BB'
2002	2.755624	9.415264	20.12572	32.48712	47.45766	65.27854	86.01285	107.414	AZO BB'
2003	3.306522	8.771134	18.81494	33.07166	46.73089	64.72308	79.32726	105.09	AZO BB'
2004	3.853185	8.741495	18.70357	31.03133	49.07929	67.06721	84.55385	105.5093	AZO BB'
2005	3.825145	8.487156	18.78492	31.35905	48.48491	64.41462	84.90025	105.2685	AZO BB'
2006	2.55445	8.306227	18.8464	29.71619	45.37477	66.41722	85.24666	105.0278	AZO BB'
2007	4.671218	9.348262	18.36063	31.32772	45.92634	65.89503	80.7109	99.85466	AZO BB'
2008	4.168726	8.4027	21.81287	29.79058	49.80191	67.25297	87.76314	102.3271	AZO BB'
1991	2.355	5.617	16.866	29.693	48.145	64.499	90.589	104.273	EU PS'
1992	2.410	4.757	16.061	29.544	46.616	68.741	85.843	102.218	EU PS'
1993	2.476	4.855	15.269	28.289	44.833	65.488	84.782	114.637	EU PS'
1994	2.517	5.981	16.470	29.192	45.055	63.897	82.874	102.180	EU PS'
1995	2.344	5.548	15.863	28.458	44.749	66.103	82.485	102.615	EU PS'
1996	2.247	4.904	16.109	29.540	47.912	68.349	86.274	106.433	EU PS'
1997	2.120	4.559	17.091	31.007	48.005	64.663	83.643	102.163	EU PS'
1998	2.397	4.941	18.338	30.798	46.663	68.931	88.876	115.243	EU PS'
1999	2.449	5.283	18.332	31.387	47.856	69.355	86.347	107.929	EU PS'
2000	2.373	4.818	15.596	29.057	45.081	60.172	85.474	102.092	EU PS'
2001	2.359	5.141	16.196	30.182	45.512	66.748	83.522	107.510	EU PS'
2002	2.384	5.048	16.356	29.517	43.301	60.234	85.245	100.295	EU PS'
2003	2.320	4.647	15.893	28.644	43.255	62.676	82.182	116.259	EU PS'
2004	2.284	4.832	17.397	30.292	46.746	64.753	83.404	112.963	EU PS'
2005	2.269	5.024	17.033	30.559	45.906	66.790	82.430	112.437	EU PS'
2006	2.339	4.252	15.357	28.673	44.336	64.236	82.430	111.511	EU PS'
2007	2.081	4.196	15.595	28.862	43.128	65.900	87.333	106.633	EU PS'
2008	2.290	4.782	16.743	30.138	49.005	68.698	85.318	104.215	EU PS'

Table 20. Parameter settings for VPA model runs. See the VPA manual (available at www.iccat.int) for detailed description of the format of this file.

Format of parameter specifications.

	number of parameters to which these specifications apply
	lower bound
	best estimate (prior expectation)
	upper bound
	method of estimation
	standard deviation of prior

The methods of estimation include:

0 set equal to the value given for the best estimate (a fixed constant)

1 estimate in the frequentist (non-Bayesian) sense

2(0.1) estimate as a random deviation from the previous parameter;

3(0.2) estimate as a random deviation from the previous constant or type 1 parameter

4(0.3) estimate as random deviation from the best estimate.

0.1 set equal to the value of the closest previous estimated parameter

n set equal to the value of the nth parameter in the list (estimated or not)

TERMINAL F PARAMETERS: (lower bound, best estimate, upper bound, indicator, reference age)

Note 1: the method indicator for the terminal F parameters is unique in that if it is zero but the best estimate is set to a value < 9, then the 'best estimate' is taken to be the vulnerability relative to the reference age in the last (fifth) column. Otherwise these parameters are treated the same as the others below and the fifth column is the standard deviation of the prior.

Note 2: the last age is represented by an F-ratio parameter (below), so the number of entries here should be 1 fewer than the number of ages

0.1	1.0793	3.0	0	1	Age 0
0.1	0.2	3.0	1	1	Age 1
0.1	0.5717	3.0	0	4	Age 2
0.1	0.7260	3.0	0	4	Age 3
0.1	0.2	3.0	1	4	Age 4
0.1	0.2	3.0	1	5	Age 5
0.1	0.2	3.0	1	6	Age 6

F-RATIO PARAMETERS F{oldest}/F{oldest-1} one parameter (set of specifications) for each year

\$ 1 0.01 1.0 7.0 1 0.2 1975 estimated

\$ 33 0.01 1.0 7.0 3 0.2 1976-2009 random walk

NATURAL MORTALITY PARAMETERS: one parameter (set of specifications) for each age

\$ 2 0 0.8 1.0 0 0.1

\$ 6 0 0.4 1.0 0 0.1

MIXING PARAMETERS: one parameter (set of specifications) for each age

\$ 8 0 0.0 1.0 0 0.1

STOCK-RECRUITMENT PARAMETERS: five parameters so 5 sets of specifications

Not used

VARIANCE SCALING PARAMETER (lower bound, best estimate, upper bound, indicator, std. dev.). This parameter scales the input variance up or down as desired.

In principal, if you estimate this you should obtain more accurate estimates of the magnitude of the parameter variances-- all other things being equal.

0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00
0.0000D+00	0.1000D+01	0.1000D+21	0.0	0.4000D+00

Table 21. CPUE indices and catch data used in ASPIC.

Run 01 and 07			Run 02 and 08			Run 03 and 09			Run 04 and 10			Run 05 and 11			Run 06 and 12			
Year	wgt	Catch	(t)	Year	Only 1971 forward	Catch (t)	Year	Exclude ChTai prior	Catch (t)	Year	Exclude JPN prior 1970	Catch (t)	Year	Index no wgt	Catch (t)	Year	wgt Area 5x5	Catch (t)
1950	-1	808.00		1950	-1	808.00	1950	-1	808.00	1950	-1	808.00	1950	-1	808.00	1950	-1	808.00
1951	-1	1651.00		1951	-1	1651.00	1951	-1	1651.00	1951	-1	1651.00	1951	-1	1651.00	1951	-1	1651.00
1952	-1	2018.00		1952	-1	2018.00	1952	-1	2018.00	1952	-1	2018.00	1952	-1	2018.00	1952	-1	2018.00
1953	-1	2951.00		1953	-1	2951.00	1953	-1	2951.00	1953	-1	2951.00	1953	-1	2951.00	1953	-1	2951.00
1954	-1	2932.00		1954	-1	2932.00	1954	-1	2932.00	1954	-1	2932.00	1954	-1	2932.00	1954	-1	2932.00
1955	-1	4808.00		1955	-1	4808.00	1955	-1	4808.00	1955	-1	4808.00	1955	-1	4808.00	1955	-1	4808.00
1956	-1	2779.02		1956	-1	2779.02	1956	-1	2779.02	1956	-1	2779.02	1956	-1	2779.02	1956	-1	2779.02
1957	-1	8720.00		1957	-1	8720.00	1957	-1	8720.00	1957	-1	8720.00	1957	-1	8720.00	1957	-1	8720.00
1958	-1	4290.00		1958	-1	4290.00	1958	-1	4290.00	1958	-1	4290.00	1958	-1	4290.00	1958	-1	4290.00
1959	-1	7732.00		1959	-1	7732.00	1959	-1	7732.00	1959	-1	7732.00	1959	-1	7732.00	1959	-1	7732.00
1960	-1	9112.80		1960	-1	9112.80	1960	-1	9112.80	1960	-1	9112.80	1960	-1	9112.80	1960	-1	9112.80
1961	1.12535	17060.30		1961	-1	17060.30	1961	1.067757	17060.30	1961	-1	17060.30	1961	1.06750	17060.30	1961	1.05722	17060.30
1962	1.11435	23131.78		1962	-1	23131.78	1962	1.056757	23131.78	1962	-1	23131.78	1962	1.05650	23131.78	1962	1.04622	23131.78
1963	1.19835	26038.72		1963	-1	26038.72	1963	1.140757	26038.72	1963	-1	26038.72	1963	1.14050	26038.72	1963	1.13022	26038.72
1964	1.10435	23631.09		1964	-1	23631.09	1964	1.046757	23631.09	1964	-1	23631.09	1964	1.04650	23631.09	1964	1.03622	23631.09
1965	1.27535	39393.73		1965	-1	39393.73	1965	1.217757	39393.73	1965	-1	39393.73	1965	1.21750	39393.73	1965	1.20722	39393.73
1966	1.15635	25385.86		1966	-1	25385.86	1966	1.098757	25385.86	1966	-1	25385.86	1966	1.09850	25385.86	1966	1.08822	25385.86
1967	1.18635	25252.11		1967	-1	25252.11	1967	1.128757	25252.11	1967	-1	25252.11	1967	1.12850	25252.11	1967	1.11822	25252.11
1968	1.90260	23911.26		1968	-1	23911.26	1968	1.259757	23911.26	1968	3.25651	23911.26	1968	2.22286	23911.26	1968	1.87807	23911.26
1969	2.26296	36889.42		1969	-1	36889.42	1969	1.327757	36889.42	1969	3.68551	36889.42	1969	2.47136	36889.42	1969	2.41206	36889.42
1970	2.02085	42432.94		1970	-1	42432.94	1970	1.538312	42432.94	1970	2.70541	42432.94	1970	2.12582	42432.94	1970	2.08015	42432.94
1971	1.66308	55866.32		1971	1.709369	55866.32	1971	1.71088	55866.32	1971	1.70061	55866.32	1971	1.81382	55866.32	1971	1.82644	55866.32
1972	1.56988	47286.86		1972	1.612123	47286.86	1972	1.612742	47286.86	1972	1.60584	47286.86	1972	1.65815	47286.86	1972	1.60555	47286.86
1973	1.90666	56990.94		1973	1.923762	56990.94	1973	1.924448	56990.94	1973	1.92024	56990.94	1973	1.87115	56990.94	1973	1.70417	56990.94
1974	1.92544	64092.59		1974	1.925455	64092.59	1974	1.925243	64092.59	1974	1.92593	64092.59	1974	1.97115	64092.59	1974	1.58714	64092.59
1975	1.48262	61301.00		1975	1.458658	61301.00	1975	1.459669	61301.00	1975	1.45291	61301.00	1975	1.62282	61301.00	1975	1.41962	61301.00
1976	1.21269	45302.00		1976	1.29898	45302.00	1976	1.299736	45302.00	1976	1.28730	45302.00	1976	1.16115	45302.00	1976	1.19831	45302.00
1977	1.61480	54880.00		1977	1.673345	54880.00	1977	1.674342	54880.00	1977	1.66433	54880.00	1977	1.30415	54880.00	1977	1.54325	54880.00
1978	1.48095	52693.00		1978	1.519047	52693.00	1978	1.518763	52693.00	1978	1.51528	52693.00	1978	1.31315	52693.00	1978	1.43948	52693.00
1979	1.50388	45975.00		1979	1.516704	45975.00	1979	1.516922	45975.00	1979	1.51473	45975.00	1979	1.47282	45975.00	1979	1.28941	45975.00
1980	1.52187	63596.96		1980	1.509646	63596.96	1980	1.510095	63596.96	1980	1.51005	63596.96	1980	1.11843	63596.96	1980	1.39781	63596.96
1981	1.31611	67869.01		1981	1.292838	67869.01	1981	1.293679	67869.01	1981	1.29363	67869.01	1981	1.23763	67869.01	1981	1.22080	67869.01
1982	1.29150	73645.00		1982	1.259644	73645.00	1982	1.261438	73645.00	1982	1.25929	73645.00	1982	1.67154	73645.00	1982	1.42925	73645.00
1983	1.40639	59603.45		1983	1.387102	59603.45	1983	1.387322	59603.45	1983	1.38884	59603.45	1983	1.50271	59603.45	1983	1.29176	59603.45
1984	1.31798	71092.00		1984	1.27602	71092.00	1984	1.276885	71092.00	1984	1.27893	71092.00	1984	1.19454	71092.00	1984	1.19042	71092.00
1985	1.42266	78241.37		1985	1.381267	78241.37	1985	1.381814	78241.37	1985	1.38482	78241.37	1985	1.14787	78241.37	1985	1.08459	78241.37
1986	1.36309	65446.50		1986	1.325235	65446.50	1986	1.325255	65446.50	1986	1.32985	65446.50	1986	1.15071	65446.50	1986	1.07903	65446.50
1987	1.36838	57141.47		1987	1.340248	57141.47	1987	1.340403	57141.47	1987	1.34315	57141.47	1987	1.10621	57141.47	1987	1.12641	57141.47
1988	1.35780	66148.18		1988	1.318069	66148.18	1988	1.319989	66148.18	1988	1.31834	66148.18	1988	1.06521	66148.18	1988	1.17711	66148.18
1989	1.16295	78375.88		1989	1.114854	78375.88	1989	1.116289	78375.88	1989	1.11719	78375.88	1989	0.95354	78375.88	1989	1.05029	78375.88
1990	1.05734	84901.09		1990	1.000016	84901.09	1990	1.001192	84901.09	1990	1.00400	84901.09	1990	0.86606	84901.09	1990	0.92939	84901.09
1991	0.99766	96074.03		1991	0.940353	96074.03	1991	0.941546	96074.03	1991	0.94430	96074.03	1991	0.97956	96074.03	1991	0.92929	96074.03
1992	1.10746	99373.84		1992	1.049644	99373.84	1992	1.051069	99373.84	1992	1.05313	99373.84	1992	1.01676	99373.84	1992	0.86447	99373.84
1993	1.05926	112572.14		1993	1.002222	112572.14	1993	1.003304	112572.14	1993	1.00638	112572.14	1993	1.12343	112572.14	1993	0.78863	112572.14
1994	1.23794	133629.79		1994	1.179775	133629.79	1994	1.181381	133629.79	1994	1.18289	133629.79	1994	1.26226	133629.79	1994	1.16728	133629.79
1995	1.19310	126777.50		1995	1.13642	126777.50	1995	1.137363	126777.50	1995	1.14085	126777.50	1995	1.18259	126777.50	1995	0.84431	126777.50
1996	1.14787	121688.53		1996	1.089874	121688.53	1996	1.091445	121688.53	1996	1.09305	121688.53	1996	1.31793	121688.53	1996	1.15906	121688.53
1997	0.90823	109288.75		1997	0.850885	109288.75	1997	0.852147	109288.75	1997	0.85468	109288.75	1997	0.92426	109288.75	1997	0.83709	109288.75
1998	0.84313	110438.32		1998	0.786579	110438.32	1998	0.787425	110438.32	1998	0.79122	110438.32	1998	0.61609	110438.32	1998	0.65156	110438.32
1999	0.80512	128304.46		1999	0.74776	128304.46	1999	0.749096	128304.46	1999	0.75139	128304.46	1999	0.68193	128304.46	1999	0.66047	128304.46
2000	0.79690	103651.39		2000	0.73882	103651.39	2000	0.740507	103651.39	2000								

Table 22. Results of convergence for ASPIC trial runs. Combination of initial parameter (q, upper bound of K) = (1: 2.0E-6, 2.0E+6), (2: 2.0E-4, 2.0E+6), (3: 2.0E-6, 4.0E+7), (4: 2.0E-4, 4.0E+7). Converged trials are indicated by open circle. F/F_{MSY} in recent years (2007 - 2009) and B/B_{MSY} in the beginning of time series (1950-1952) were also used as criteria for rejection of trial (B/B_{MSY} (1950) near zero, B/B_{MSY} (1950) > 10 and F/F_{MSY} (2009) >3).

trial id	Run	Model	B1/K	initial value combination	convergence	B/B _{MSY} (1950)	F/F _{MSY} (2009)	trial id	Run	Model	B1/K	initial value combination	convergence	B/B _{MSY} (1950)	F/F _{MSY} (2009)	
1	Run01	Logistic		1		2.00	1.28	49	Run01	Logistic		1	○	0.11	1.18	
2				2		2.00	0.85	50				2		0.04	1.03	
3				3		2.00	10.00	51				3	○	0.11	1.18	
4				4		2.00	0.85	52				4		2.27	0.85	
5	Run02			1		2.00	1.84	53	Run02	Logistic		1		4.48	1.79	
6				2		2.00	1.11	54				2		1.73	1.11	
7				3	○	2.00	3.12	55				3	○	473.70	2.10	
8				4		2.00	1.11	56				4		2.09	1.11	
9	Run03			1	○	2.00	1.09	57	Run03	Logistic		1	○	0.16	1.39	
10				2		2.00	0.88	58				2		0.03	1.07	
11				3	○	2.00	1.09	59				3	○	0.16	1.39	
12				4		2.00	0.88	60				4		2.00	0.85	
13	Run04			1		2.00	2.26	61	Run04	Logistic		1		15.53	2.19	
14				2		2.00	1.33	62				2		1.88	1.33	
15				3	○	2.00	4.46	63				3		216.10	3.88	
16				4		2.00	1.33	64				4		2.03	1.33	
17	Run05			1	○	2.00	1.38	65	Run05	Logistic		1	○	0.04	1.41	
18				2		2.00	1.20	66				2		1.51	1.20	
19				3	○	2.00	1.38	67				3	○	0.04	1.41	
20				4		2.00	1.20	68				4		0.04	1.40	
21	Run06			1	○	2.00	0.71	69	Run06	Estimate		1	○	0.02	0.80	
22				2	○	2.00	0.71	70				2	○	1.34	0.72	
23				3	○	2.00	0.71	71				3	○	0.02	0.80	
24				4	○	2.00	0.71	72				4	○	1.70	0.72	
25	Run07	Fix		1	○	1.45	1.41	73	Run07	Estimate		1	○	0.11	1.10	
26				2		1.40	1.29	74				2		0.05	1.04	
27				3		1.33	3.72	75				3	○	0.11	1.10	
28				4		1.40	1.29	76				4		0.04	1.02	
29	Run08			1		6.06	0.42	77	Run08	GENFIT		1		17.10	1.03	
30				2		2.28	0.98	78				2		0.59	1.00	
31				3		10.00	0.27	79				3	○	8.70	0.65	
32				4		2.29	0.98	80				4		0.48	1.00	
33	Run09	GENFIT		1		1.33	1.31	81	Run09	GENFIT		1	○	0.05	0.93	
34				2		1.33	1.30	82				2		1.09	1.31	
35				3		1.33	1.31	83				3	○	0.05	0.93	
36				4		1.33	1.31	84				4		0.09	1.34	
37	Run10			1		10.00	0.26	85	Run10	Estimate		1		195.90	0.61	
38				2		10.00	0.22	86				2		14.46	0.21	
39				3		10.00	0.26	87				3		3596000000.00	0.68	
40				4		10.00	0.22	88				4		19.83	0.21	
41	Run11			1	○	1.84	1.44	89	Run11	Estimate		1	○	0.01	1.14	
42				2		1.80	1.36	90				2		0.01	1.13	
43				3	○	1.84	1.44	91				3	○	0.01	1.14	
44				4		1.80	1.36	92				4		2.29	1.36	
45	Run12			1	○	1.94	0.73	93	Run12	GENFIT		1	○	0.00	0.59	
46				2	○	1.94	0.73	94				2	○	3.80	0.73	
47				3	○	1.94	0.73	95				3	○	0.00	0.59	
48				4	○	1.96	0.73	96				4	○	0.00	0.59	

Table 23. Summary of percentage of successful (converged) of each ASPIC case. Each scenario contained eight runs.

Run	Index	weighting	period	model	B1/K		total number of trials reaching convergence	total number of trials	% of successful	
					Fix	Estimate				
Run01	All	cacth	1961-2008	Logistic	0	2	2	8	25.0%	
Run02	All	cacth	1971-2008		1	1	2	8	25.0%	
Run03	Exclude TWN prior 1970	cacth	1961-2008		2	2	4	8	50.0%	
Run04	Exclude JPN prior 1970	cacth	1968-2008		1	0	1	8	12.5%	
Run05	All	no weighting	1961-2008		2	2	4	8	50.0%	
Run06	All	Area 5 by 5	1961-2008		4	4	8	8	100.0%	
Run07	All	cacth	1961-2008	GENFIT	1	2	3	8	37.5%	
Run08	All	cacth	1971-2008		0	1	1	8	12.5%	
Run09	Exclude TWN prior 1970	cacth	1961-2008		0	2	2	8	25.0%	
Run10	Exclude JPN prior 1970	cacth	1968-2008		0	0	0	8	0.0%	
Run11	All	no weighting	1961-2008		2	2	4	8	50.0%	
Run12	All	Area 5 by 5	1961-2008		4	4	8	8	100.0%	
					Total	17	22	39	96	40.6%

Table 24. Input parameters and CPUE indices of each ASPIC run for bootstrapping examinations. Each parameter corresponds to that in the first to 24nd line of ASPIC input files.

Run		3	5	6	7
Combined index	Weighting method	cacth	no weighting	Area 5 by 5	cacth
	period	1961-2008	1961-2008	1961-2008	1961-2008
	CPUE(s) used	Exclude TWN prior 1970	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo	USA, JPN, URU (early and late), BRZ, TWN (early and late), Mor, Azo
	Year of catch	1950-2009	1950-2009	1950-2009	1950-2009
	Model	LOGISTIC	LOGISTIC	LOGISTIC	GENFIT
input file Line					
1	Mode of operation (FIT,BOT,IRF)	BOT	BOT	BOT	BOT
2	Title of analysis	Run03 (weighting cacth, period 1961-2008, exclude TWN prior 1970)	Run05 (weighting no weighting, period 1961-2008, all indices)	Run06 (weighting Area 5 by 5, period 1961-2008, all indices)	Run07 (weighting cacth, period 1961-2008, all indices)
3	Model shape and optimization control	LOGISTIC YLD LAV	LOGISTIC YLD SSE	LOGISTIC YLD SSE	GENFIT YLD SSE 10 75 50 8.0
4	Verbosity	2	2	2	2
5	Number of bootstrap trials	1000	1000	1000	1000
6	Montrlo searching (0=no search, 1=one search, 2=repeated search)	0 50000	0 50000	0 50000	2 30000
7	Convergence criterion for optimizer	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08	1.0000E-08
8	Restart control	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6	3.0000E-08 6
9	Control of iterative computations	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0	1.0000E-04 0
10	Maximum estimated F	8.000	8.000	8.000	8.000
11	Statistical weight for B1 penalty in objective function	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Number of data series	1	1	1	1
13	Series-specific statistical weights	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00
14	Starting guess for B1/K	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
15	Starting guess for MSY	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04	8.7500E+04
16	Starting guess for K	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06	1.000E+06
17	Starting guess for q	2.0000E-06	2.0000E-06	2.0000E-06	2.0000E-06
18	Flags to estimate (or fix) individual parameters	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1
19	Bounds on MSY	1.0000E+04 5.0000E+05	1.0000E+04 5.0000E+05	1.0000E+04 5.0000E+05	1.0000E+04 5.0000E+05
20	Bounds on K	1.0000E+05 2.0000E+06	1.0000E+05 2.0000E+06	1.0000E+05 2.0000E+06	1.0000E+05 2.0000E+06
21	Random number seed	6745249	6745249	6745249	6745249
22	Number of years in data set	60	60	60	60
23	Data title	Run03 (weighting cacth, period 1961-2008, exclude TWN prior 1970)	Run05 (weighting no weighting, period 1961-2008, all indices)	Run06 (weighting Area 5 by 5, period 1961-2008, all indices)	Run07 (weighting cacth, period 1961-2008, all indices)
24	Data series	CC	CC	CC	CC
25 -	Data	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth	Year, CPUE, cacth

Table 25. Summary of ASPIC analysis.

Run	Model	CPUE	MSY (MT)	F(2009)/Fmsy	B(2009)/Bmsy	Fmsy (Fishing mortality rate at MSY)
Run03	Logistic	weighting catch, period 1961-2008, exclude TWN prior 1970	84220	1.097	0.955	0.132
Run05	Logistic	no weighting, period 1961-2008, all indices	84760	1.379	0.752	0.167
Run06	Logistic	weighting Area 5 by 5, period 1961-2008, all indices	98290	0.716	1.252	0.298
combined of three results (median of 3000 bootstrapping examinations)			92011	0.950	1.015	0.214

Table 26. Model parameter estimates for the PROCEAN runs. q = catchability; m = shape parameter; K = carrying capacity; B0/K = ratio between biomass in the initial year and carrying capacity.

	<i>q</i>	<i>m</i>	<i>r</i>	<i>B0/K</i>
Run 1	0.0437	4.41	0.12	0.90
Run 2	0.0403	1.16	0.57	0.85
Run 3	0.0531	1.23	0.58	0.90
Run 4	0.1156	1.8	0.81	0.90

Table 27. Fishery management parameters for the PROCEAN runs. Standard deviation is given between brackets for MSY and F_{MSY} .

	MSY	F_{MSY}	F_{2008}/F_{MSY}	B_{2008}/B_{MSY}
Run 1	80,909 ($\pm 13,700$)	0.09 (± 0.06)	1.23	0.73
Run 2	63,979 ($\pm 17,527$)	0.08 (± 0.05)	1.25	0.9
Run 3	70,970 ($\pm 14,607$)	0.11 (± 0.06)	1.26	0.8
Run 4	98,873 ($\pm 4,358$)	0.36 (± 0.16)	0.64	1.22

Table 28. Summary statistics of results gathered in the analysis of data weighted by area with informative prior.

	$q0.05$	$q0.25$	$q0.5$	$q0.75$	$q0.95$	$mean$
Y_{MSY}	94434.9	97546.63	99635.81	101688.24	104488.09	99627.88
B_{MSY}	259951.39	311922.15	345810.35	387140.06	455799.74	351367.91
B_{2009}	360378.42	409331.22	443237.24	484599.74	553539.3	449021.86
f_{MSY}	122196.97	127786.48	132100.45	136912.76	143965.05	132532.98
F_{MSY}	0.21	0.25	0.29	0.32	0.4	0.29
B_{2009}/B_{MSY}	1.12	1.22	1.29	1.36	1.45	1.29
B_{2010}/B_{MSY}	1.13	1.23	1.3	1.36	1.44	1.29
Y_{2009}/Y_{MSY}	0.84	0.86	0.88	0.9	0.93	0.88
Y_{2009}/B_{2009}	0.16	0.18	0.2	0.21	0.24	0.2
Y_{2009}/B_{2010}	0.16	0.18	0.2	0.21	0.24	0.2
F_{2009}/F_{MSY}	0.58	0.63	0.68	0.74	0.83	0.69

Table 29. Summary statistics of results gathered in the analysis of data weighted by area with non-informative prior.

	<i>q0.05</i>	<i>q0.25</i>	<i>q0.5</i>	<i>q0.75</i>	<i>q0.95</i>	<i>mean</i>
Y_{MSY}	84775.41	94492.45	98846.27	101689.69	105186	97500.15
B_{MSY}	246591.26	310840.02	369778.92	475192.31	733841.89	415307.25
B_{2009}	350290.18	409481.72	467407.55	559566.87	809134.84	503962.11
f_{MSY}	112493.11	124332.24	131056.03	136712.92	144464.38	130009.04
F_{MSY}	0.11	0.2	0.27	0.33	0.42	0.27
B_{2009}/B_{MSY}	0.99	1.15	1.27	1.36	1.48	1.25
B_{2010}/B_{MSY}	1	1.16	1.28	1.36	1.45	1.26
Y_{2009}/Y_{MSY}	0.84	0.86	0.89	0.93	1.04	0.91
Y_{2009}/B_{2009}	0.11	0.16	0.19	0.21	0.25	0.19
Y_{2009}/B_{2010}	0.11	0.16	0.19	0.21	0.25	0.19
F_{2009}/F_{MSY}	0.57	0.64	0.7	0.81	1.03	0.74

Table 30. Summary statistics of results gathered in the analysis of data weighted by catch with informative prior.

	<i>q0.05</i>	<i>q0.25</i>	<i>q0.5</i>	<i>q0.75</i>	<i>q0.95</i>	<i>mean</i>
Y_{MSY}	88651.63	91480.51	93915.24	96165.15	99614.36	93940.89
B_{MSY}	365791.61	421042	465602.18	508812.81	562992.88	465097.45
B_{2009}	425750.15	479762.97	522761.97	568092.45	627191.17	524532.21
f_{MSY}	104217.31	109943.61	113602.71	117827.93	124302.5	114004.02
F_{MSY}	0.16	0.18	0.2	0.23	0.27	0.21
B_{2009}/B_{MSY}	0.98	1.06	1.13	1.2	1.31	1.13
B_{2010}/B_{MSY}	0.98	1.07	1.14	1.21	1.31	1.14
Y_{2009}/Y_{MSY}	0.88	0.91	0.94	0.96	0.99	0.94
Y_{2009}/B_{2009}	0.14	0.15	0.17	0.18	0.21	0.17
Y_{2009}/B_{2010}	0.14	0.15	0.17	0.18	0.2	0.17
F_{2009}/F_{MSY}	0.68	0.76	0.83	0.9	1.01	0.84

Table 31. Summary statistics of results gathered in the analysis with informative prior. Information of Japan was discarded prior to 1970.

	<i>q0.05</i>	<i>q0.25</i>	<i>q0.5</i>	<i>q0.75</i>	<i>q0.95</i>	<i>mean</i>
Y_{MSY}	76765.7	84410.62	88244.82	91814.33	95828.68	87611.61
B_{MSY}	334914.94	401433.93	463918.4	536534.02	694468.99	479162.5
B_{2009}	288268.31	342006.71	379889.64	427651.88	512532.79	389553.97
f_{MSY}	79809.46	88990.86	94154.85	99252.52	106473.68	93876.59
F_{MSY}	0.11	0.16	0.19	0.23	0.29	0.19
B_{2009}/B_{MSY}	0.64	0.75	0.82	0.9	1.05	0.83
B_{2010}/B_{MSY}	0.61	0.73	0.82	0.91	1.08	0.82
Y_{2009}/Y_{MSY}	0.92	0.96	1	1.04	1.14	1.01
Y_{2009}/B_{2009}	0.17	0.21	0.23	0.26	0.3	0.23
Y_{2009}/B_{2010}	0.17	0.21	0.23	0.26	0.31	0.24
F_{2009}/F_{MSY}	0.88	1.07	1.22	1.4	1.73	1.25

Table 32. Summary statistics of results gathered in the analysis with informative prior. Information of Chinese Taipei prior to 1970.

	<i>q0.05</i>	<i>q0.25</i>	<i>q0.5</i>	<i>q0.75</i>	<i>q0.95</i>	<i>mean</i>
Y_{MSY}	85610.3	89798.06	92396.68	94789.12	97861.28	92193.23
B_{MSY}	368147.75	428896.93	483724.58	547277.4	634520.56	490498.44
B_{2009}	409979.55	474418.82	523732.13	583984.67	660660.2	530204.62
f_{MSY}	106901.44	113310.74	117553.49	121845.76	128032.23	117545.84
F_{MSY}	0.13	0.17	0.19	0.22	0.26	0.19
B_{2009}/B_{MSY}	0.94	1.02	1.09	1.15	1.25	1.09
B_{2010}/B_{MSY}	0.93	1.02	1.1	1.16	1.26	1.09
Y_{2009}/Y_{MSY}	0.9	0.93	0.95	0.98	1.03	0.96
Y_{2009}/B_{2009}	0.13	0.15	0.17	0.18	0.21	0.17
Y_{2009}/B_{2010}	0.13	0.15	0.17	0.18	0.21	0.17
F_{2009}/F_{MSY}	0.72	0.81	0.88	0.96	1.08	0.89

Table 33. Summary of outputs obtained from the Multifan-CL model runs.

Model	Run	Specifications	MSY	F _{MSY}	B _{curr} /B _{MSY}	F _{curr} /F _{MSY}
MFCL	Run1	Model presented in document SCRS/2010/091	59040 t	0.23	0.82	1.43
MFCL	Run2	Remove tagging data from Run 1	168360 t	3.57	1.18	0.35
MFCL	Run3	Data from 1960 only and base M changed from 0.15 to 0.18	89840 t	0.27	0.84	0.91
MFCL	Run4	Time-series catchability removed from Run 3	96640 t	0.28	0.99	0.72
MFCL	Run5	Time-series catchability included but random walk in catchability removed from Run 3	91680 t	0.27	0.85	0.89
MFCL	Run7	Run 4 with increased penalties on recruitment deviations	91320 t	0.28	0.97	0.77
MFCL	Run8	Run 4 with WCPFC vector of M-at-age.	55840 t	0.19	0.80	1.54

Table 34. Summary of structural uncertainty in assessment results. Stock benchmarks, MSY, F_{MSY}, and B and F ratios for selected model runs. Runs selected represented plausible results according to the criteria specified in section 4 for each model type.

SUMMARY TABLE MODELS			MSY	FMSY	B2009 / BMSY	F2009 / FMSY
MODEL	RUNS	DESCRIPTION OF RUN				
ASPIIC						
Logistic	Run 3	Weighting catch, period 1961-2008, all indices excluding TWN	84220	0.13	0.96	1.09
Logistic	Run 5	No weighting, period 1961-2008, all indices	84760	0.17	0.75	1.40
Logistic	Run 6	Weighting, Area, 5 by 5, period 1961-2008, all indices	98290	0.30	1.25	0.72
BAYESIAN Production						
	Run 1	Weighted by area - informative prior	99636	0.29	1.29	0.68
	Run 2	Weighted by area - non-informative prior	98846	0.27	1.27	0.70
	Run 3	Weighted by cath - informative prior	93915	0.20	1.13	0.83
	Run 4	No China Taipei data before 1970 - informative prior	92397	0.19	1.09	0.88
	Run 5	No Japan data before 1970 - informative prior	88245	0.19	0.82	1.22
PROCEAN generalized SPM						
	Run 1	Weighting, catch, period 1961-2008, all indices	80909	0.09	0.73	1.23
	Run 2	Weighted by 5'x5' area, period 1961-2008, all indices	98873	0.36	1.22	0.64
	Run 4	Weighted by catch, period 1968-2008, informative prior, excl. JPN LL 1961-1970	70970	0.11	0.80	1.26
MULTIFAN - CL						
	Run 3	Data from 1960 only and base M changed from 0.15 to 0.18	89840	0.27	0.84	0.91
	Run 4	Time-series catchability removed from Run3	96640	0.28	0.99	0.72
	Run 7	Run4 with increased penalties on recruitment deviation	91320	0.28	0.97	0.77
STOCK SYNTHESIS						
SS_fix	Run 2	M= 0.8, 0.8, 0.4....0.4	79739	0.21	0.70	1.45
SS_fix_B	Run 4	M fixed at WCPFC values ; no tagging data	76964	0.14	0.88	1.17
Note : these are for 2008						
VPA						
Logistic shaped	Run 1	Initial Run	84217	0.22	0.66	1.36
	Run 2	Selectivity for LL, indices	85775	0.23	0.72	1.24
	Run 6	Exclude EUPS Index	76609	0.15	0.63	1.41

Table 35. Estimated probabilities of the Atlantic bigeye stock being above B_{MSY} and below F_{MSY} in a given year for TAC level ('000 t), based on the 2010 assessment outcomes.

TAC	Year									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
60	54%	63%	71%	75%	79%	82%	84%	85%	86%	87%
70	54%	61%	67%	71%	74%	76%	77%	79%	80%	81%
80	54%	58%	62%	66%	68%	70%	71%	72%	73%	74%
90	54%	57%	58%	60%	61%	62%	62%	63%	63%	64%
100	53%	54%	54%	54%	54%	54%	54%	54%	55%	55%
110	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%

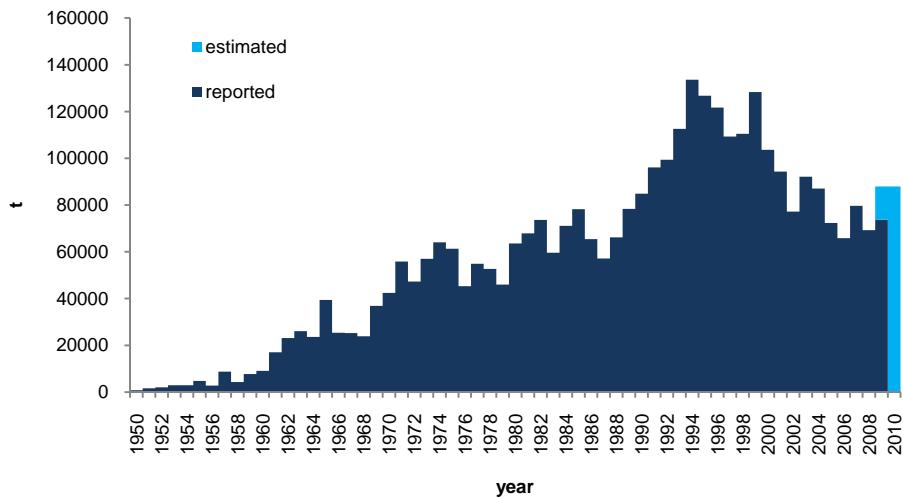
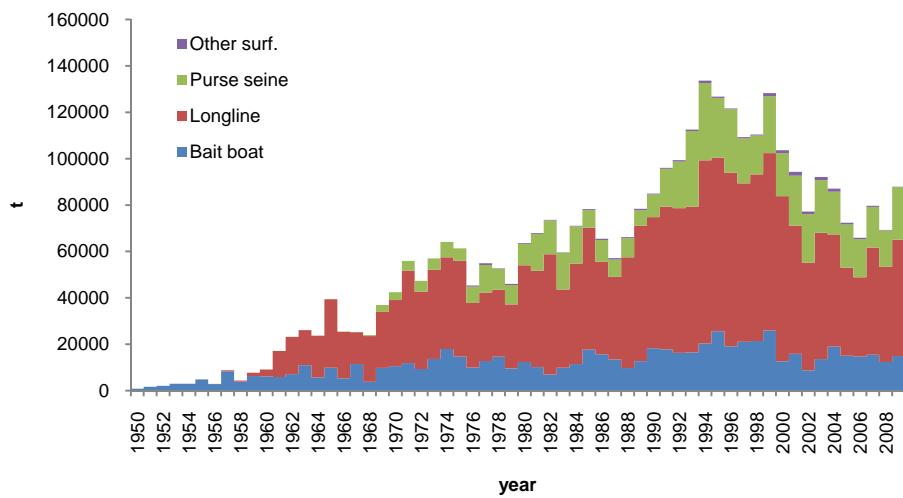
BET Task-I**BET Task-I**

Figure 1. Cumulative bigeye Task I catches (reported and estimated) for all the Atlantic stock, in tones (t).

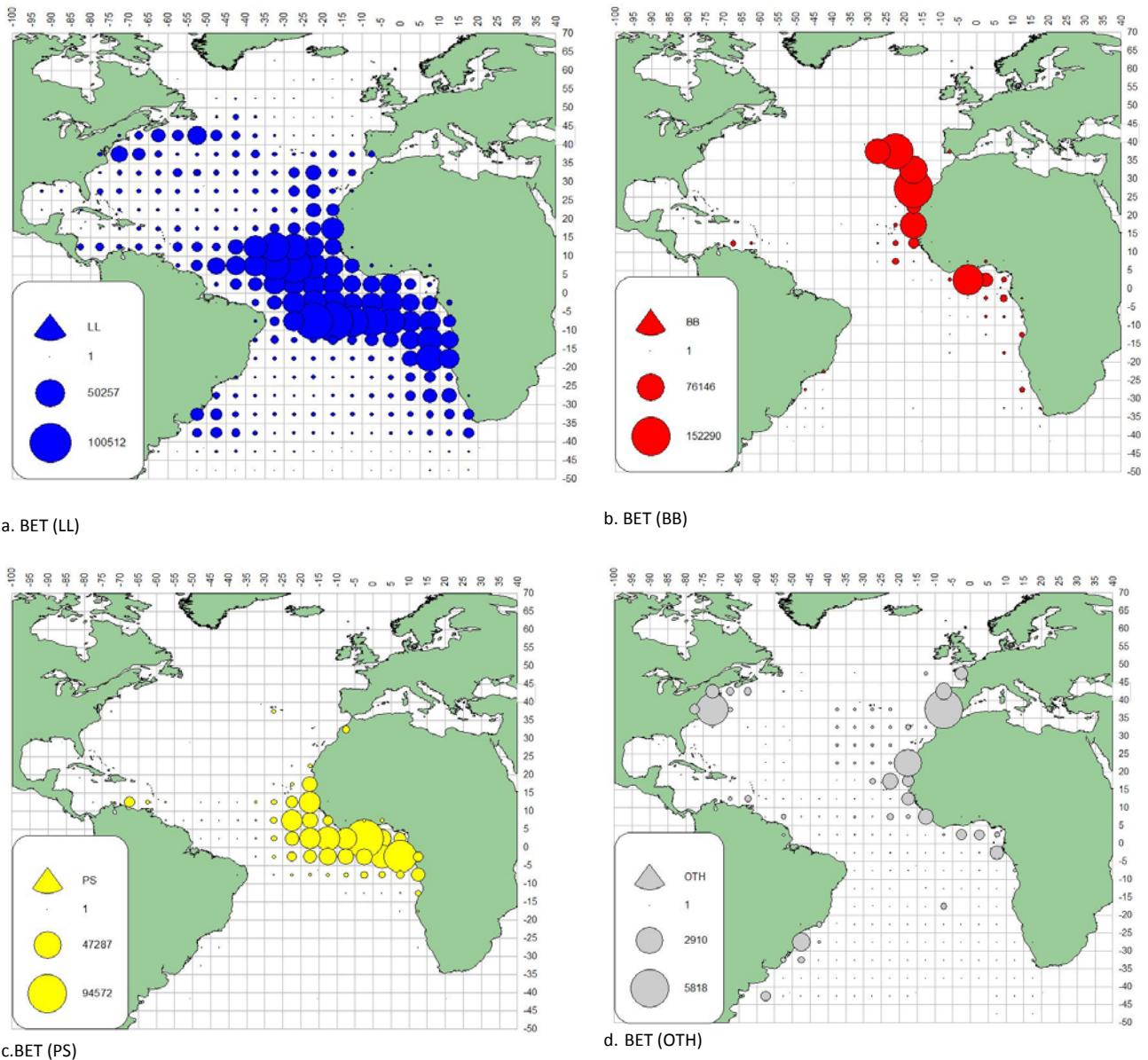


Figure 2a-d. Geographic distribution (5x5 grid) of bigeye catches by major fishing gear (1950-08). Source: CATDIS.

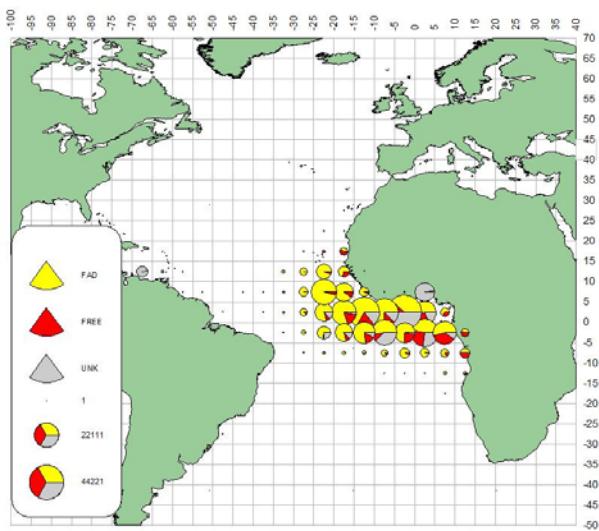


Figure 3. Geographic distribution (5x5 grid) of the bigeye purse seine catches by operation mode (FAD, FSC) between 1991 and 2008. Source: CATDIS.

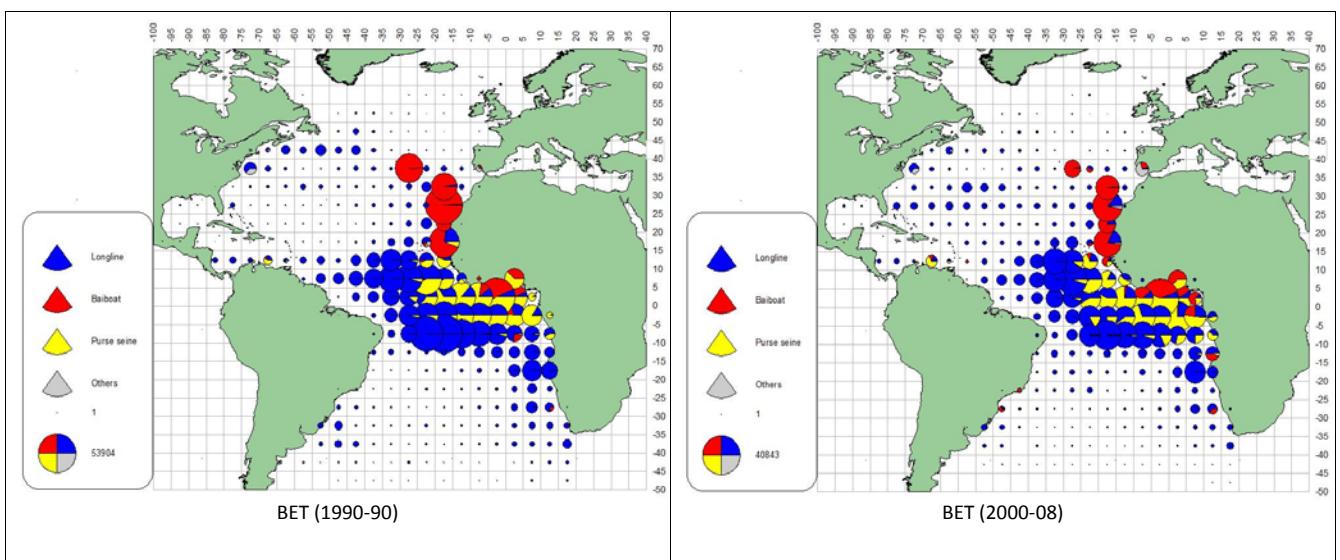


Figure 4. Geographical distribution of the bigeye catches by gear and decade. Source: CATDIS.

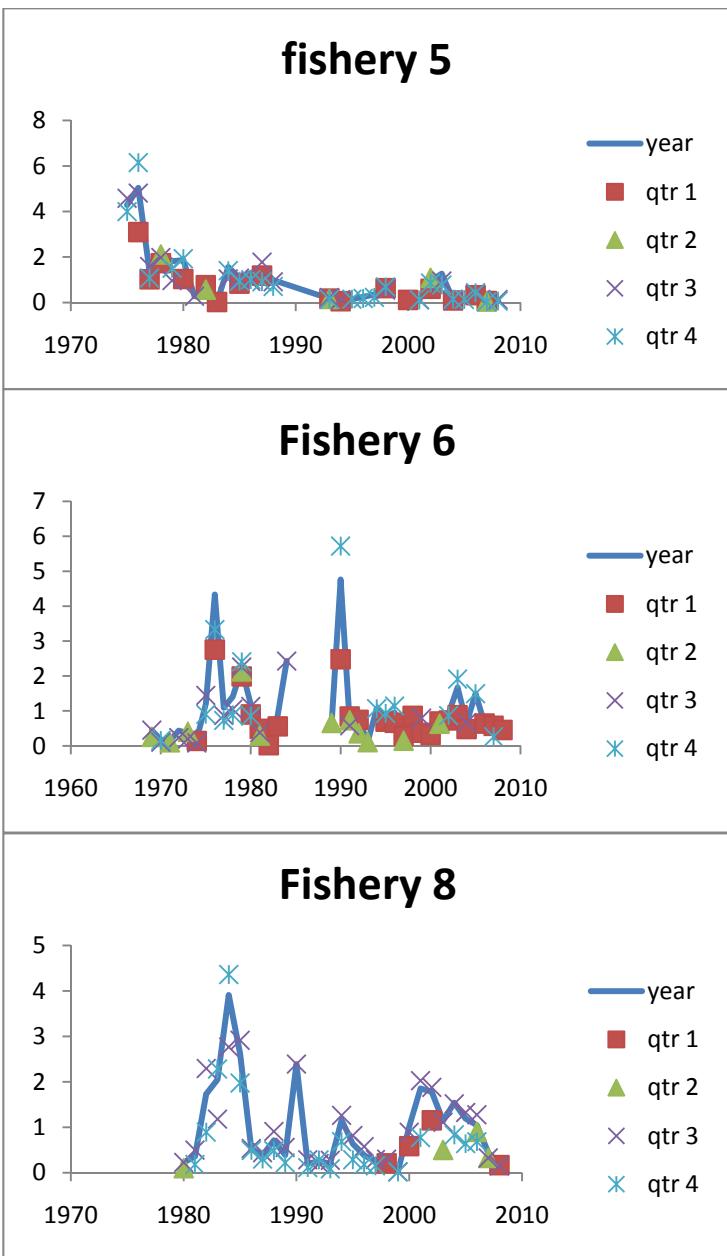


Figure 5. Relative abundance indices for fleets 5, 6 and 8.

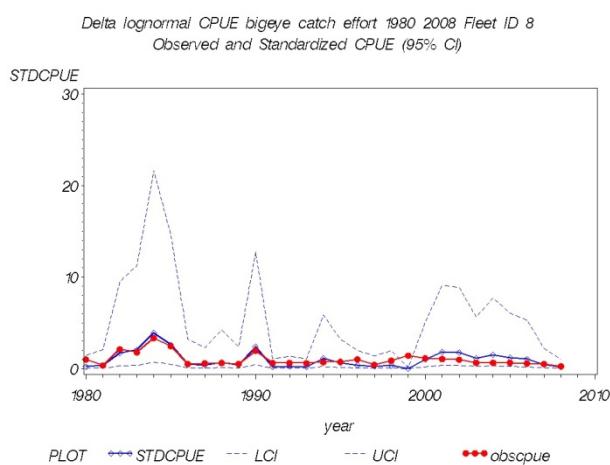
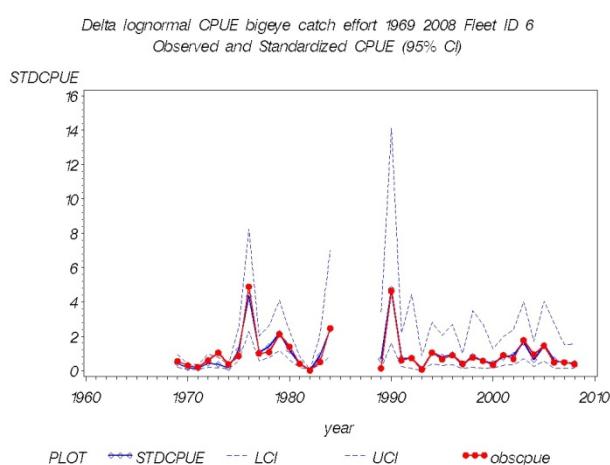
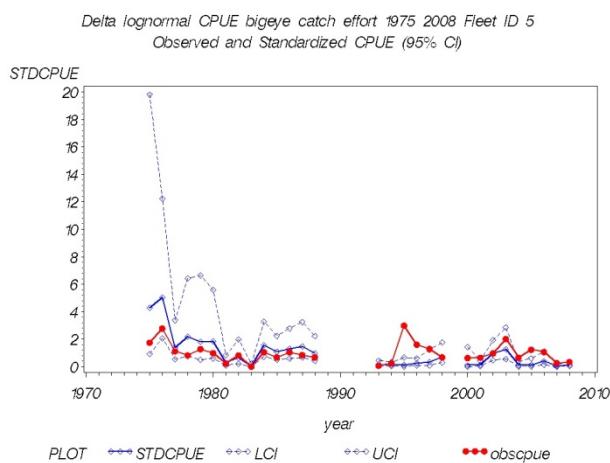


Figure 6. Relative abundance indices for fleets 12, 13, 14 and 15.

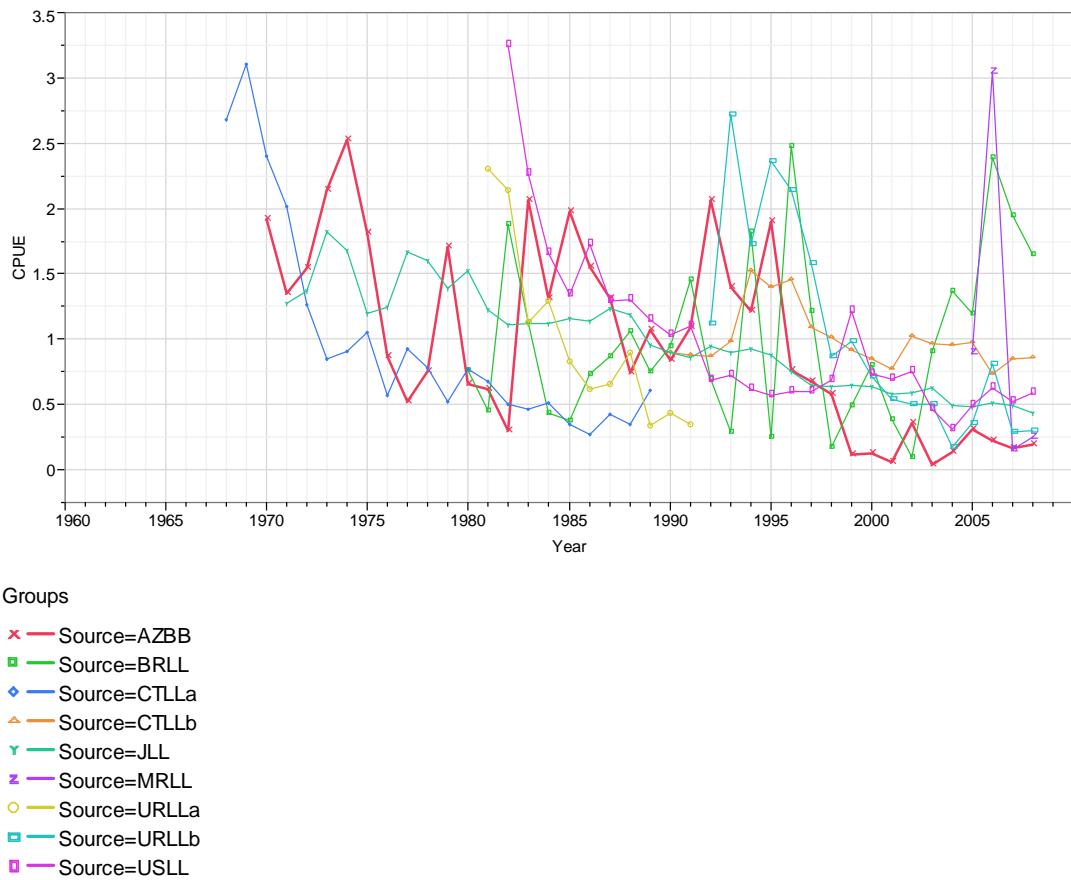


Figure 7. Relative abundance indices used in the development of combined indices for production models.

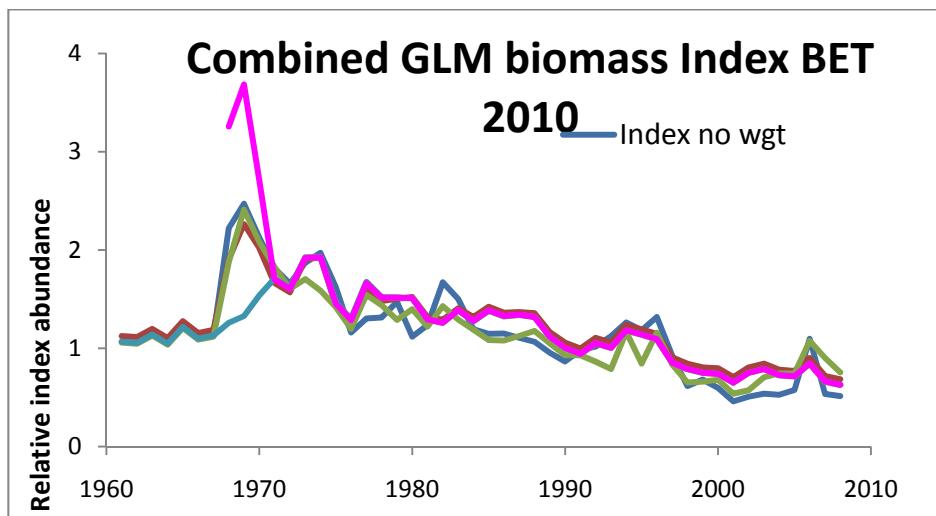


Figure 8. Combined indices developed for production models.

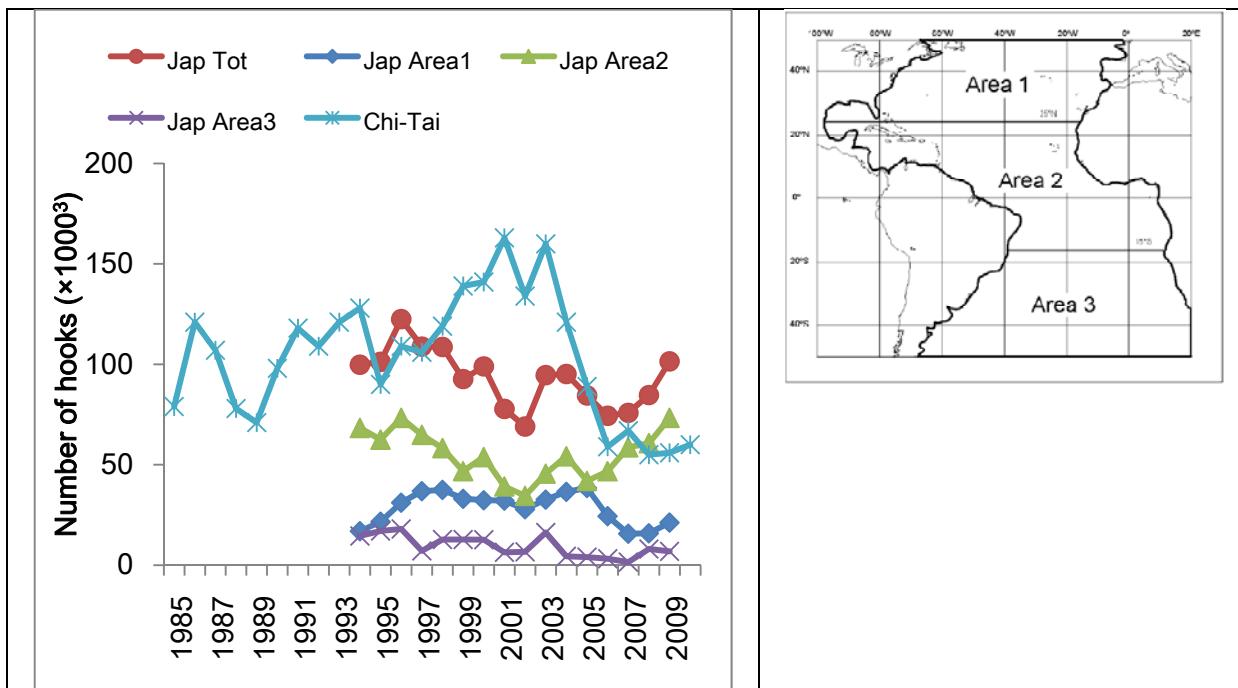


Figure 9. Change over time of the number of hooks (million) for the main longline fisheries (and by area for Japan).

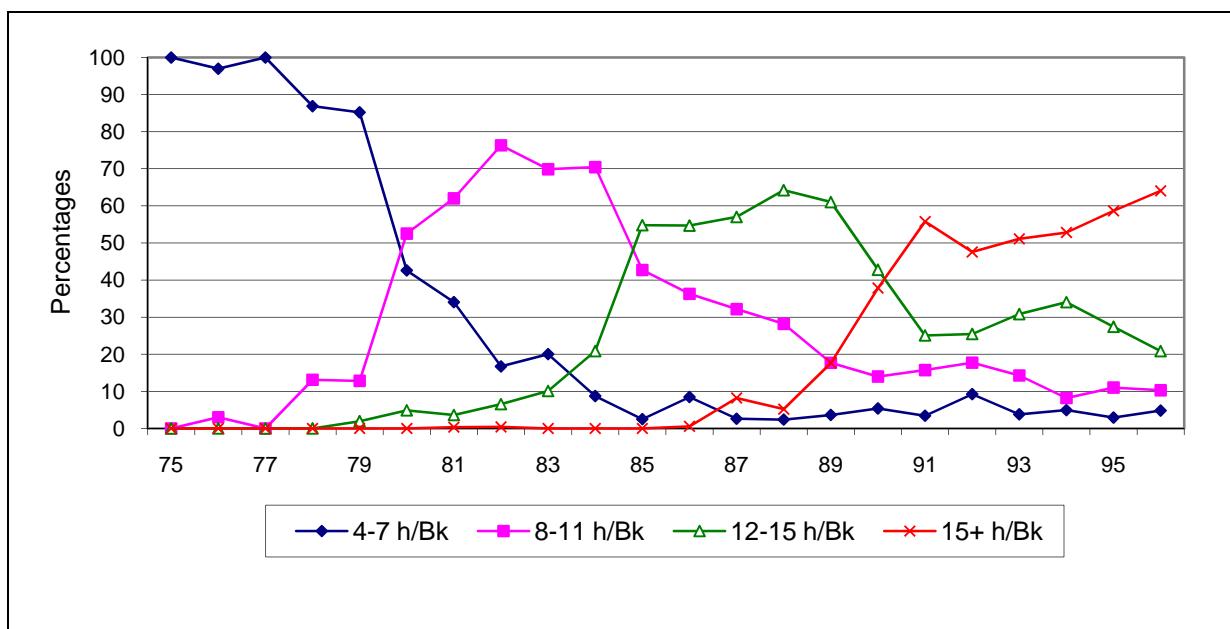


Figure 10. Changes in proportion over time of the different types of longline expressed in term of number of hooks per basket for the Japanese longliners operating in the Atlantic Ocean (from Gaertner & Marsac; IOTC-WPTT 1999, Miyabe comm. pers.).

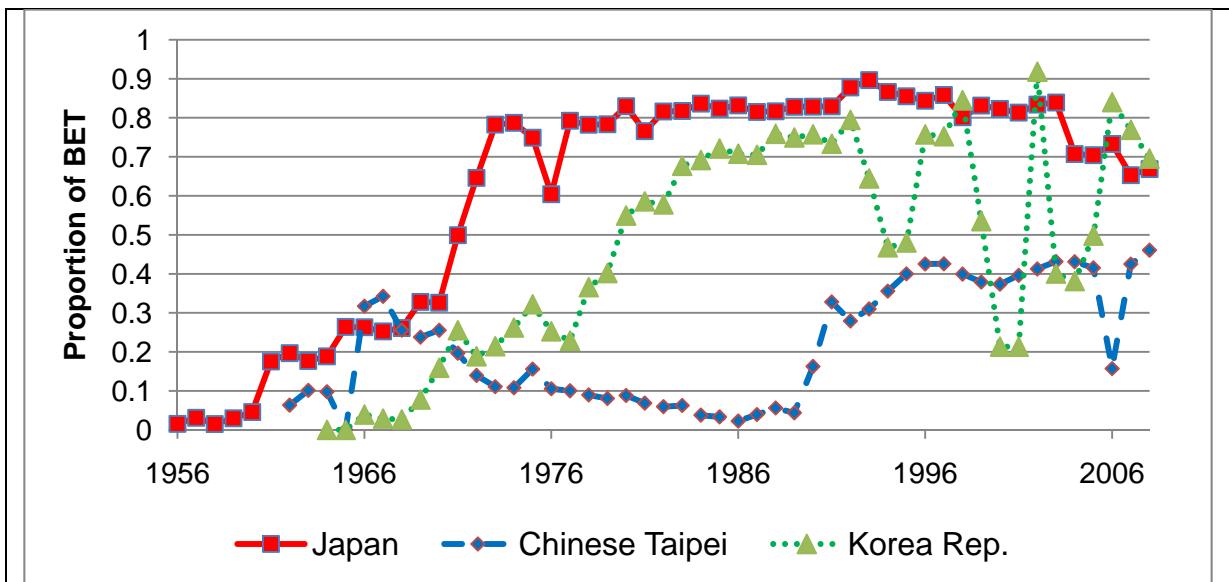


Figure 11. Change over time of the proportion of bigeye in longline catches in weight (BET+ALB+YFT) which may be partially due to fishing strategies targeting this species (changes in fishing gear, in fishing grounds, etc.).

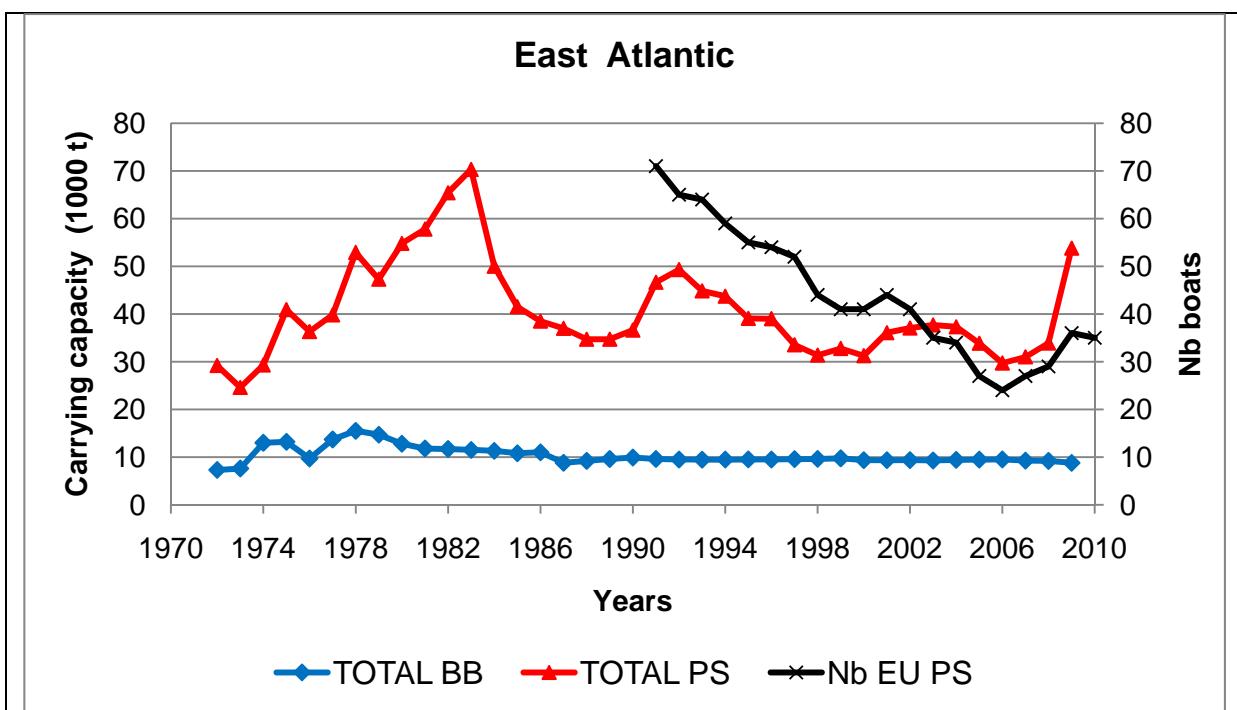


Figure 12. Change over time of the carrying capacity for the surface fisheries operating in the eastern Atlantic.

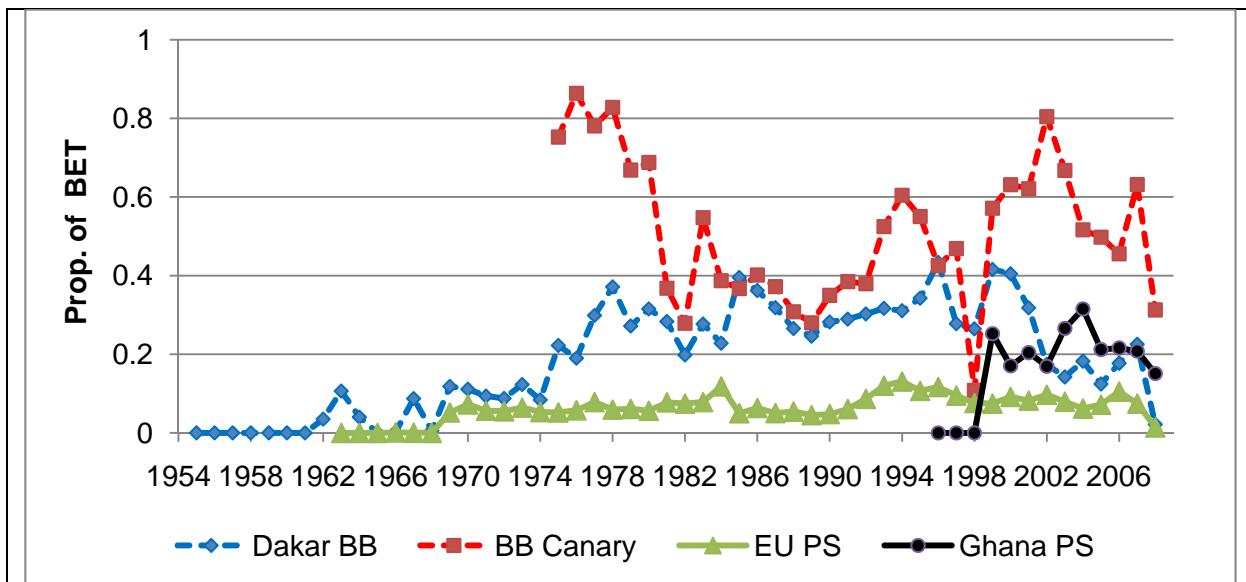


Figure 13. Change over time of the proportion of bigeye in some surface fisheries catches in weight (BET+SKJ+YFT).

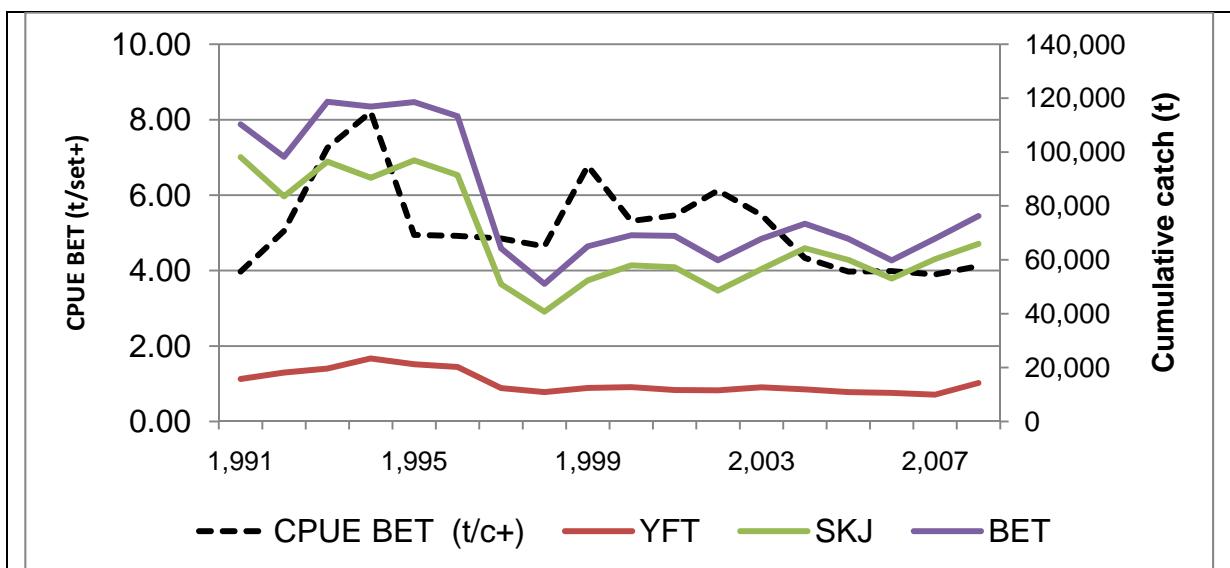


Figure 14. Change over time of bigeye CPUE (tons per positive set) and species composition (cumulative catch) for the FADs EU fishery operating in the eastern Atlantic.

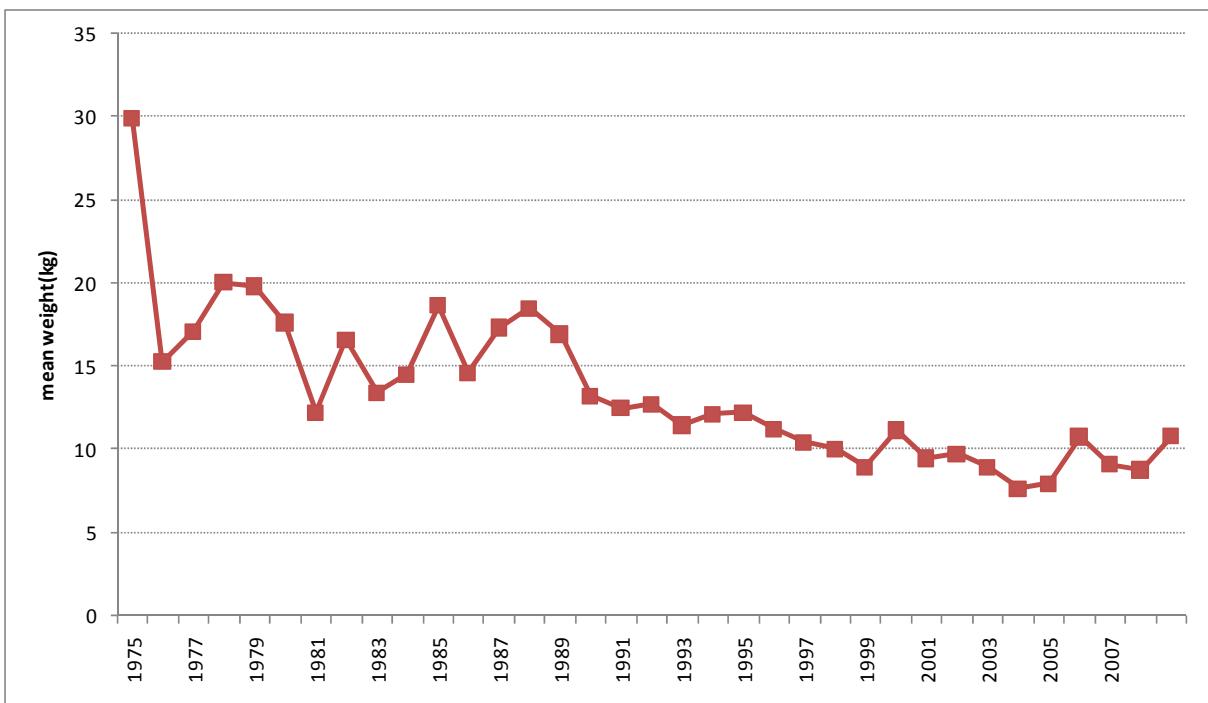


Figure 15. Trend in the mean weight of Atlantic bigeye tuna for the period 1975-2009.

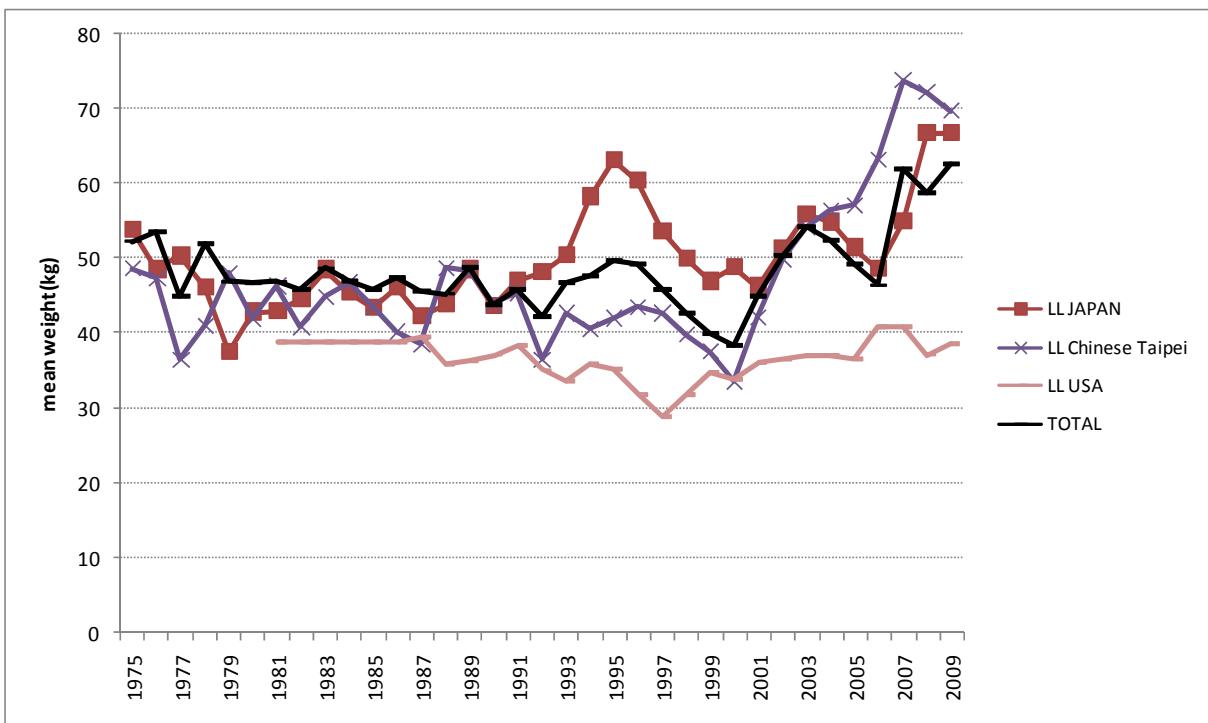


Figure 16. Trend in bigeye tuna mean weight caught by the main longliners fleets in the Atlantic for the period 1975-2009.

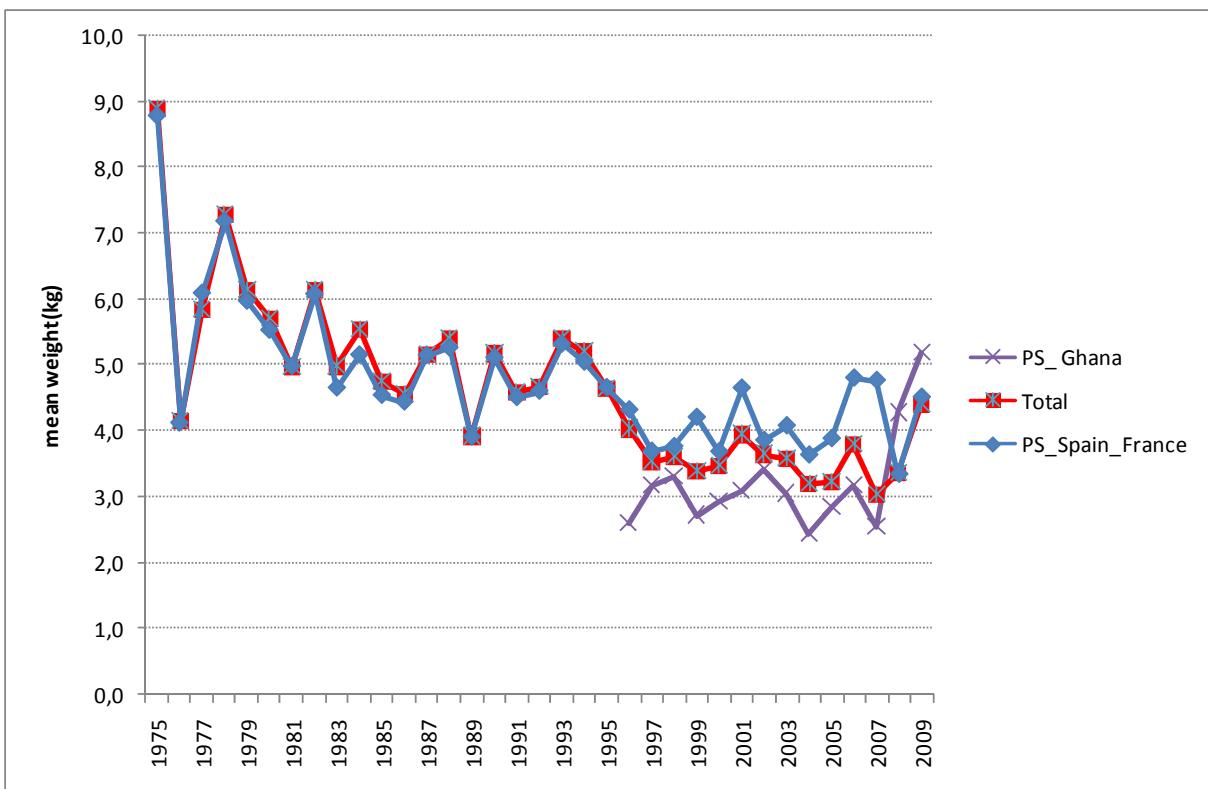


Figure 17. Trend in bigeye tuna mean weight caught by the main purse seiners fleets in the Atlantic for the period 1975-2009.

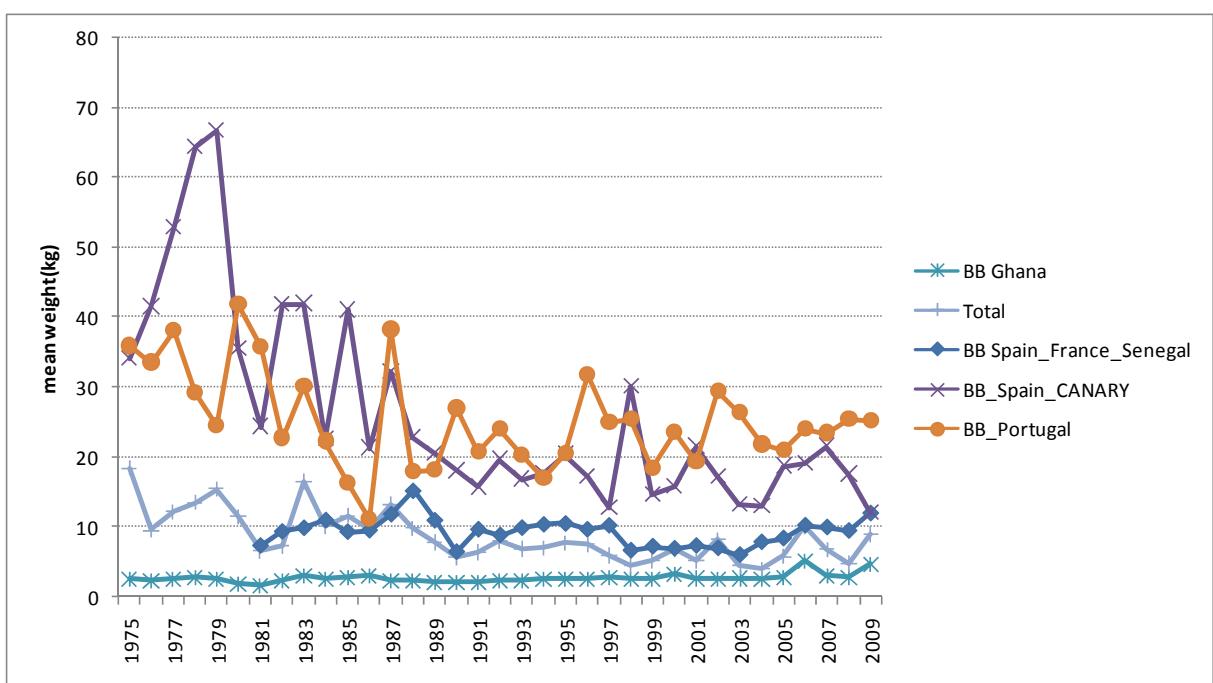


Figure 18. Trend in bigeye tuna mean weight caught by the main bait boats fleets in the Atlantic for the period 1975-2009.

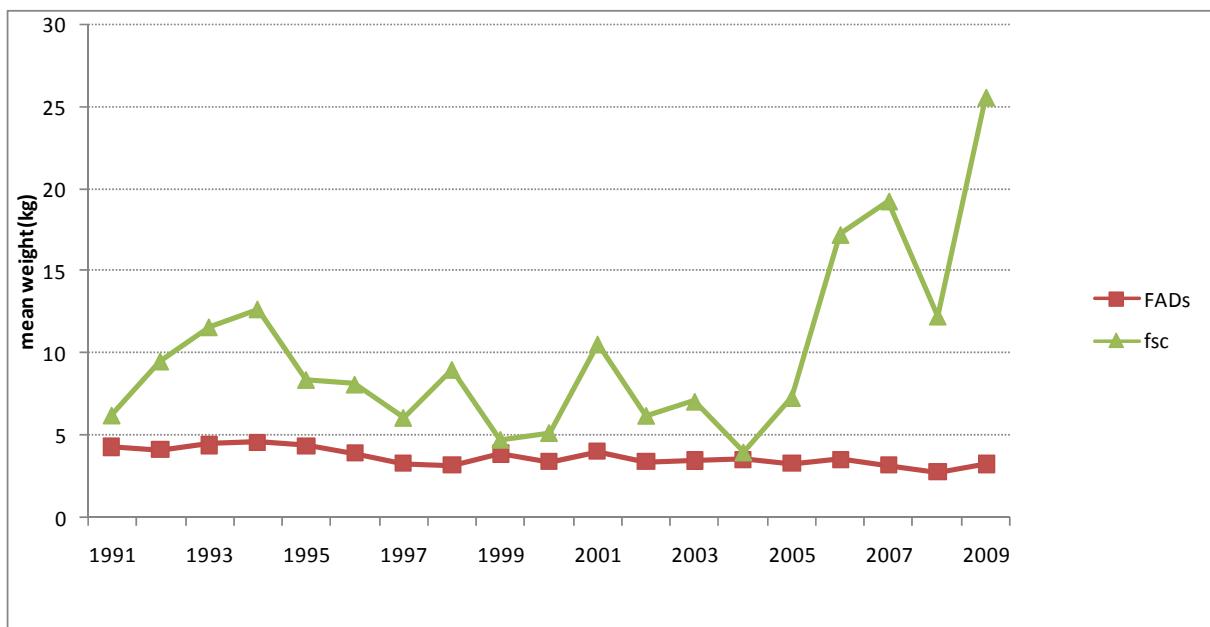


Figure 19. Trend in bigeye tuna mean weight caught by the purseiners operating in fad and free school in the Atlantic for the period 1975-2009.

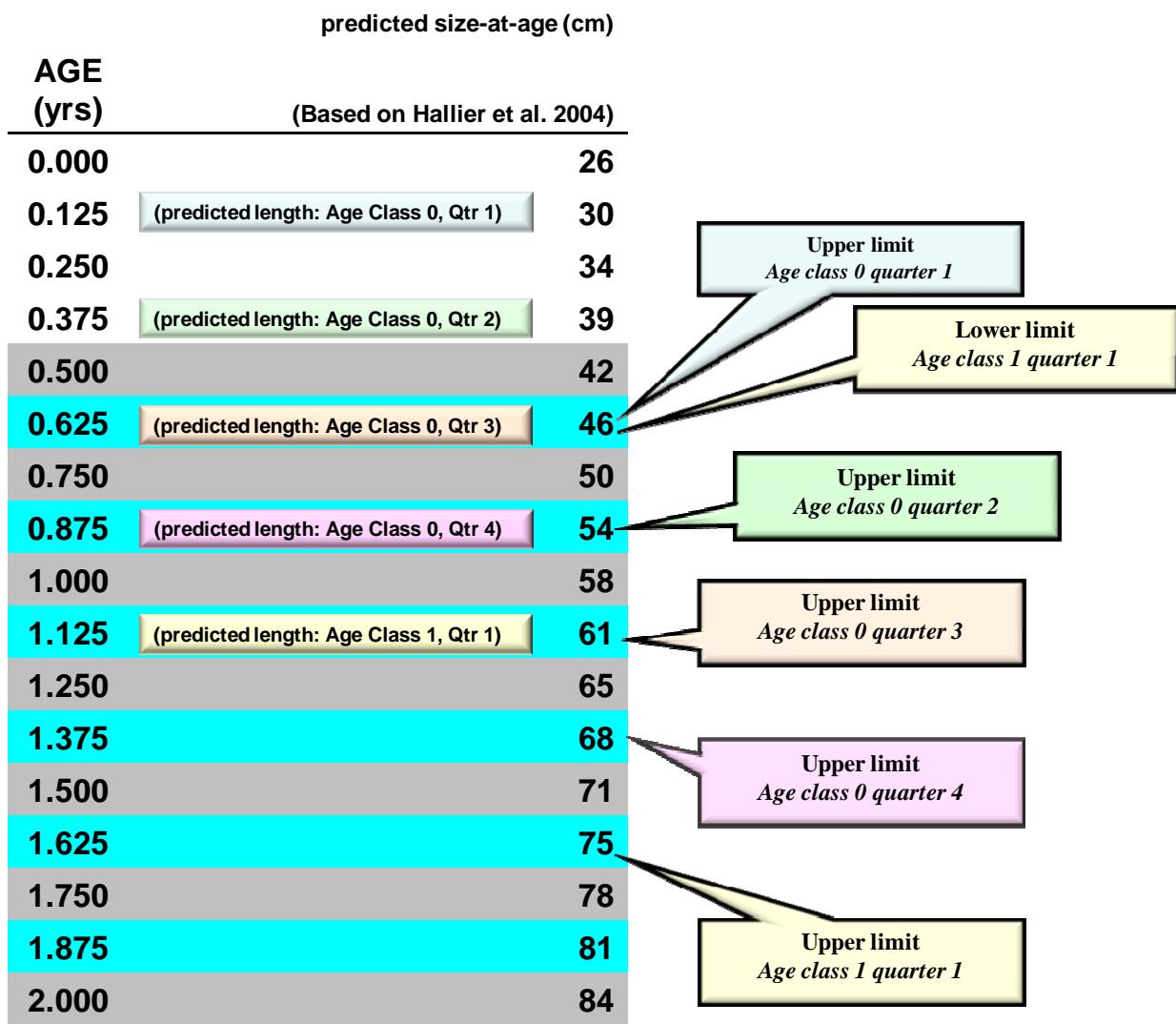


Figure 20. An example of the age slicing technique employed. The age at which the upper limit is calculated is six months after the middle of each quarter. Each age class is assigned if the fish length is less than or equal to the corresponding upper limit, and above the upper limit for the next younger age class.

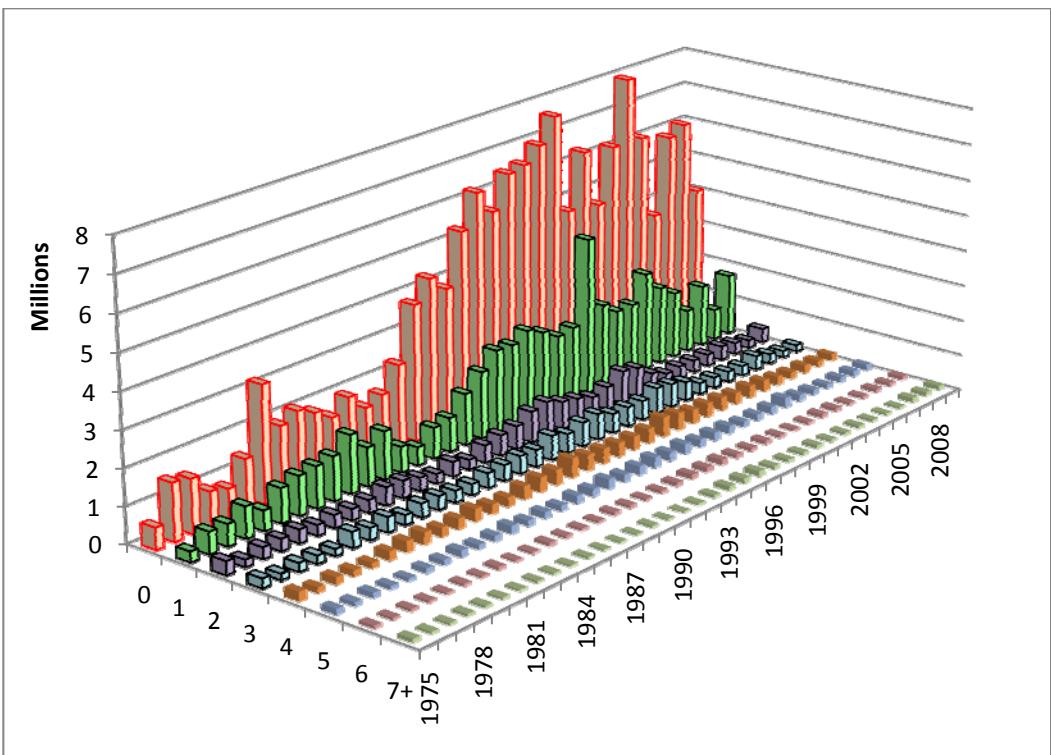


Figure 21. Overall catch-at-age (in number of fish) produced by age slicing age classes 0 - 7⁺.

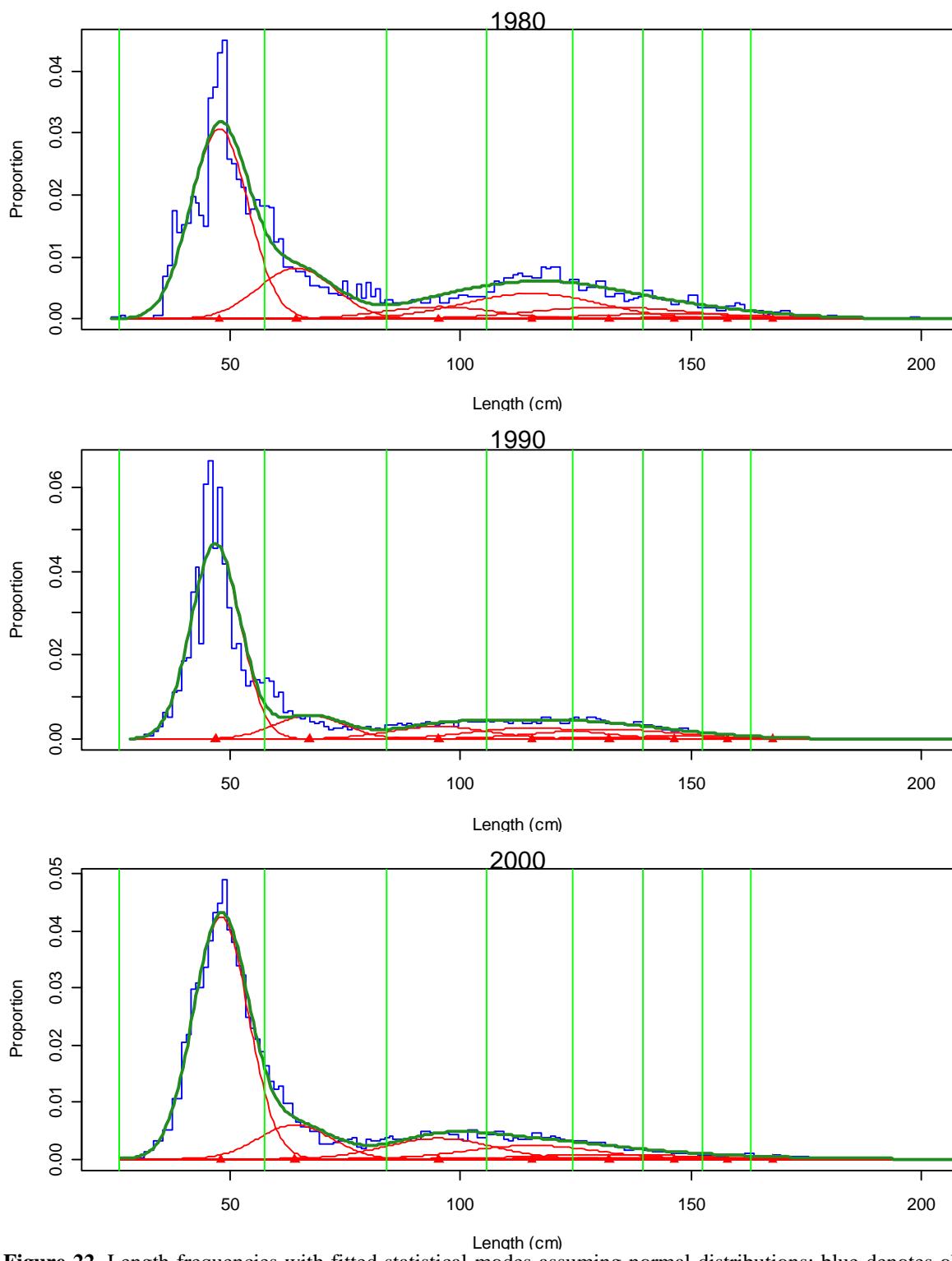


Figure 22. Length frequencies with fitted statistical modes assuming normal distributions; blue denotes observed size frequency, red fitted modes, green solid line the fitted size distribution and green vertical lines length at age.

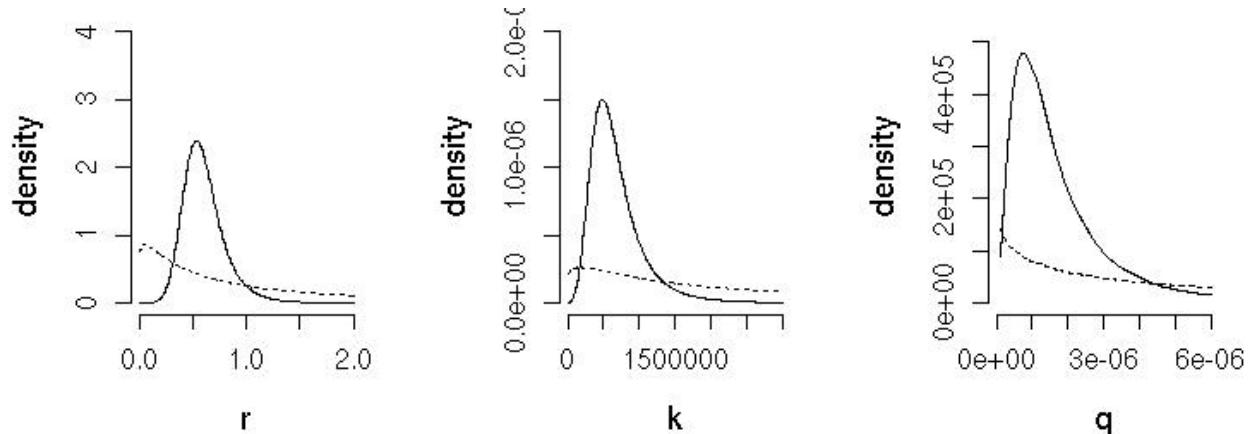


Figure 23. Informative (solid lines) and non-informative (dashed lines) prior distributions for the parameters of the Bayesian surplus production model, i.e. growth rate r , carrying capacity k , and catchability q .

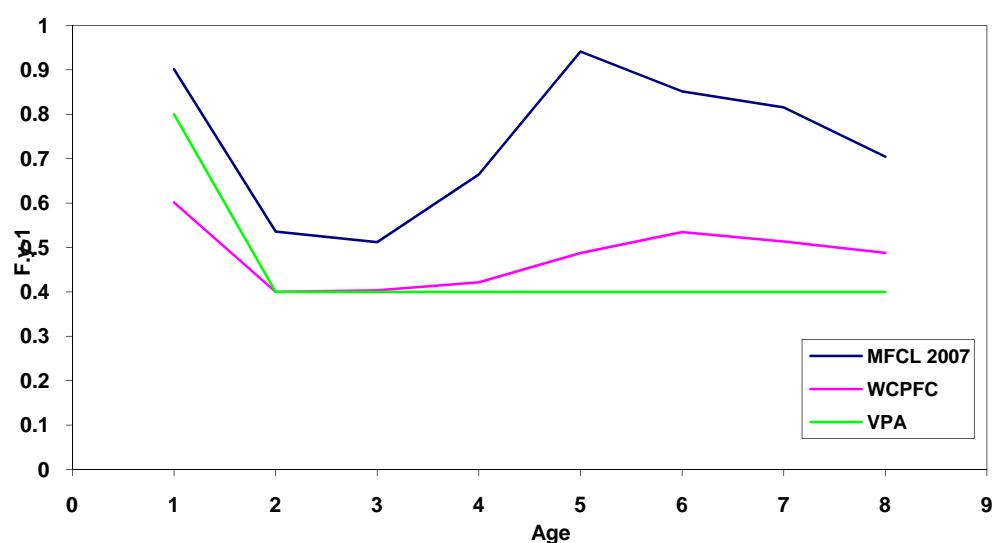


Figure 24. M-at-age Vectors used in MFCL model runs.

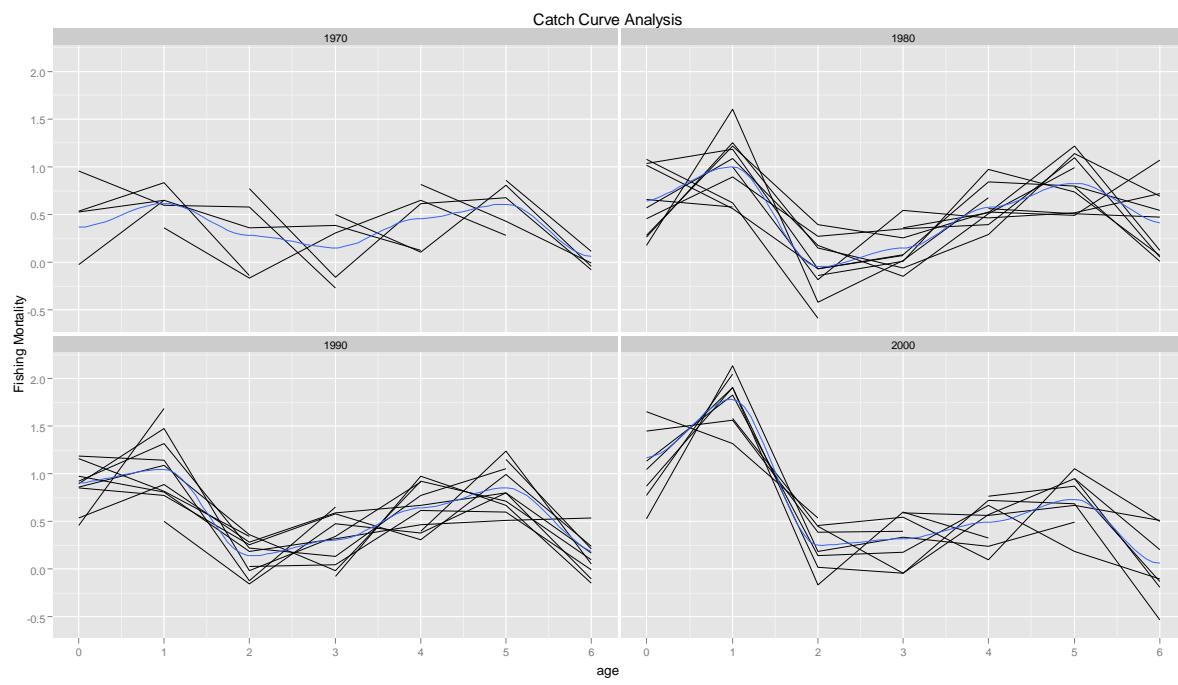


Figure 25 Catch curve analysis of catch-at-age, blue line is a less smoother with span of 0.3.

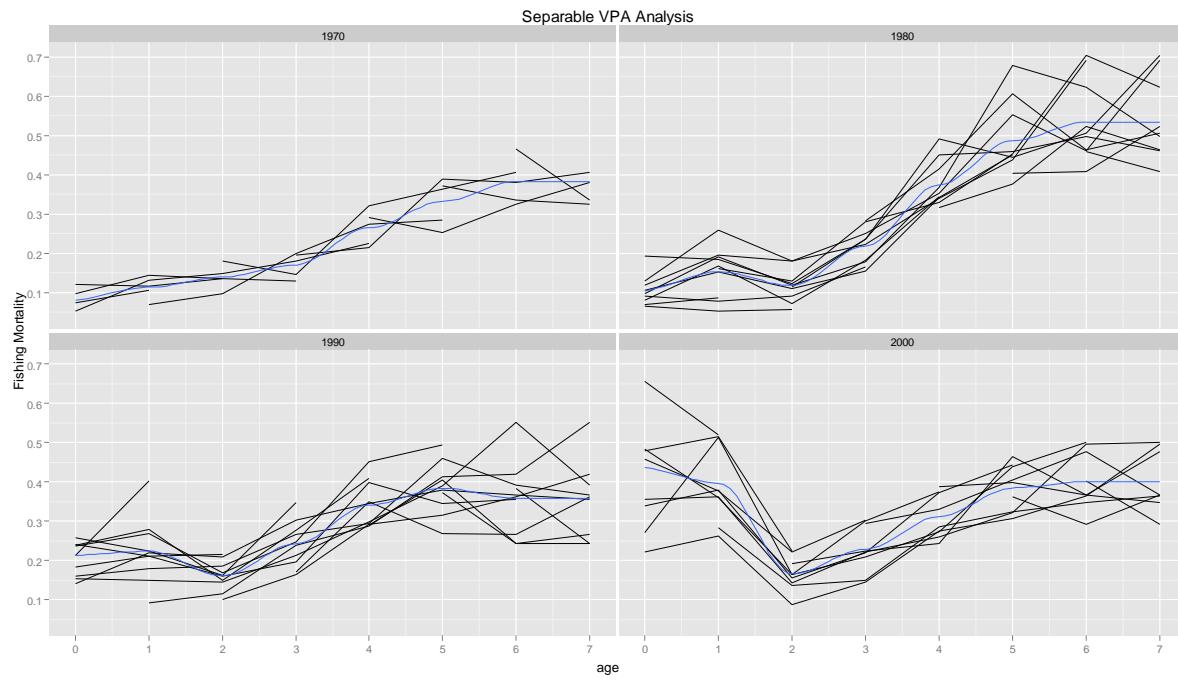


Figure 26. Separable VPA of catch-at-age, blue line is a less smoother with span of 0.3.

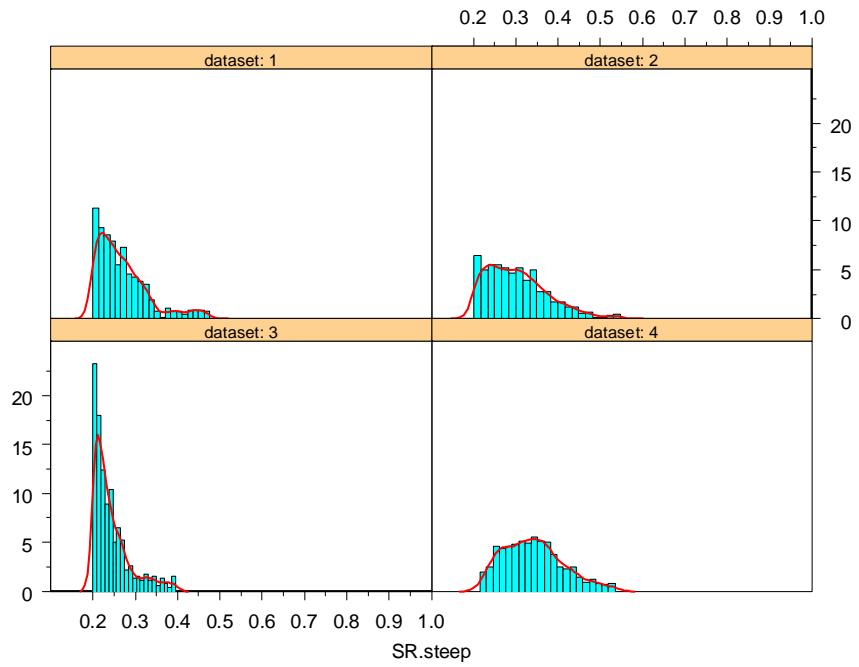


Figure 27. Distribution of estimates of steepness from the SS age structured stock production model using the four combined CPUE indices resulting from MCMC analysis.

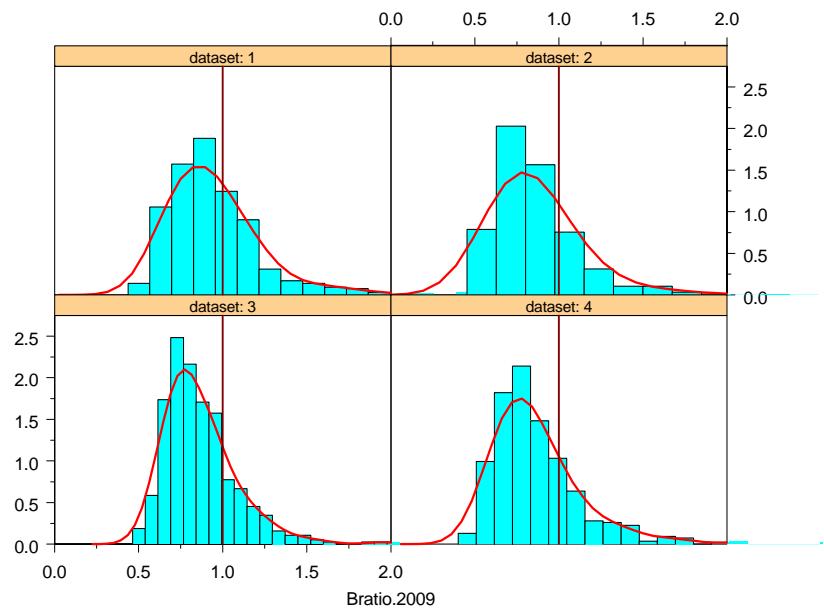


Figure 28. Distribution of estimates of B/B_{MSY} in 2008 from the SS age structured production model using the four combined CPUE indices resulting from MCMC analysis.

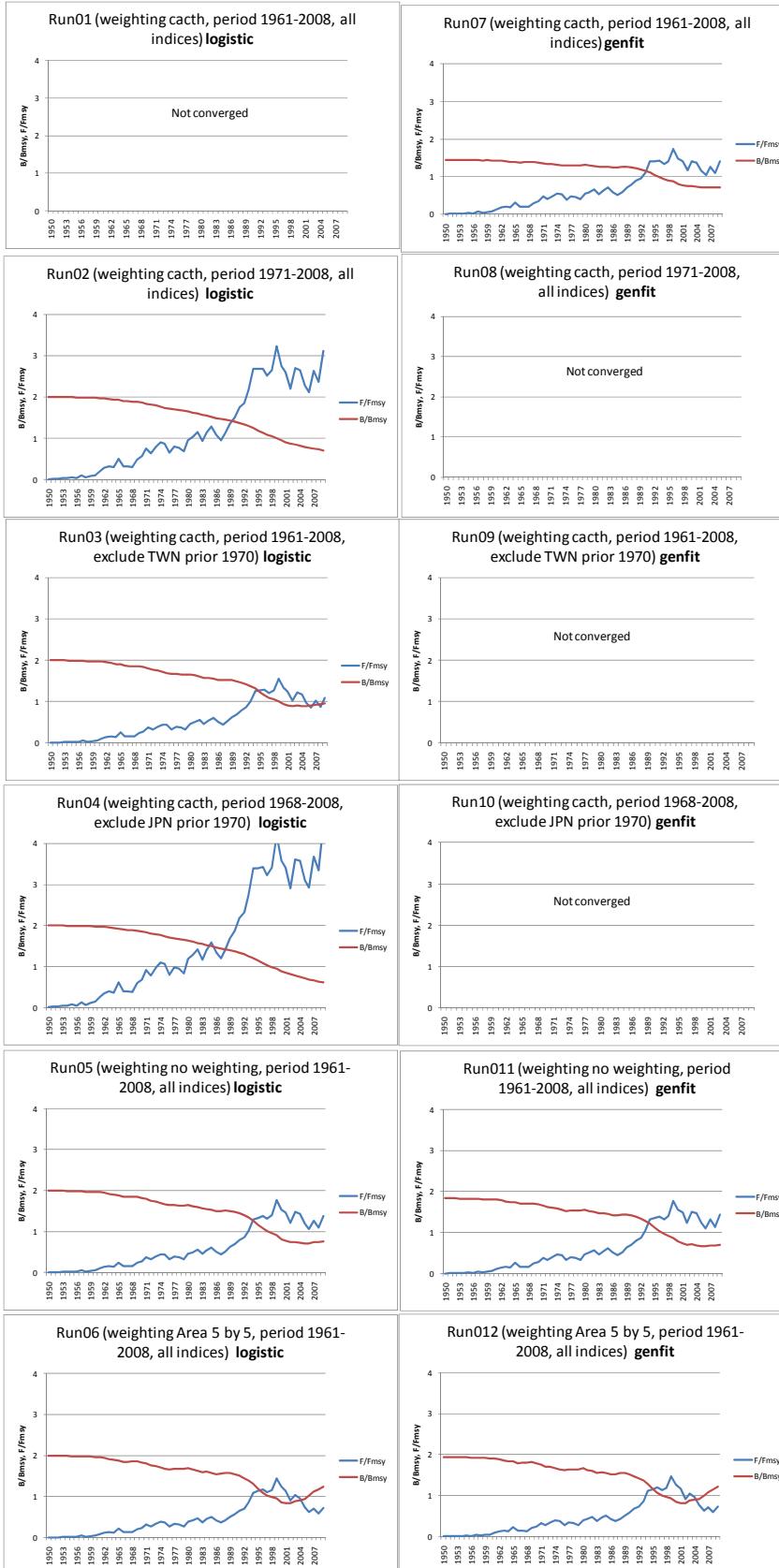


Figure 29. Annual changes of F/F_{MSY} and B/B_{MSY} of each ASPIC trial if the deterministic run was converged. Some trajectories were omitted if the trajectory is utterly same within a panel.

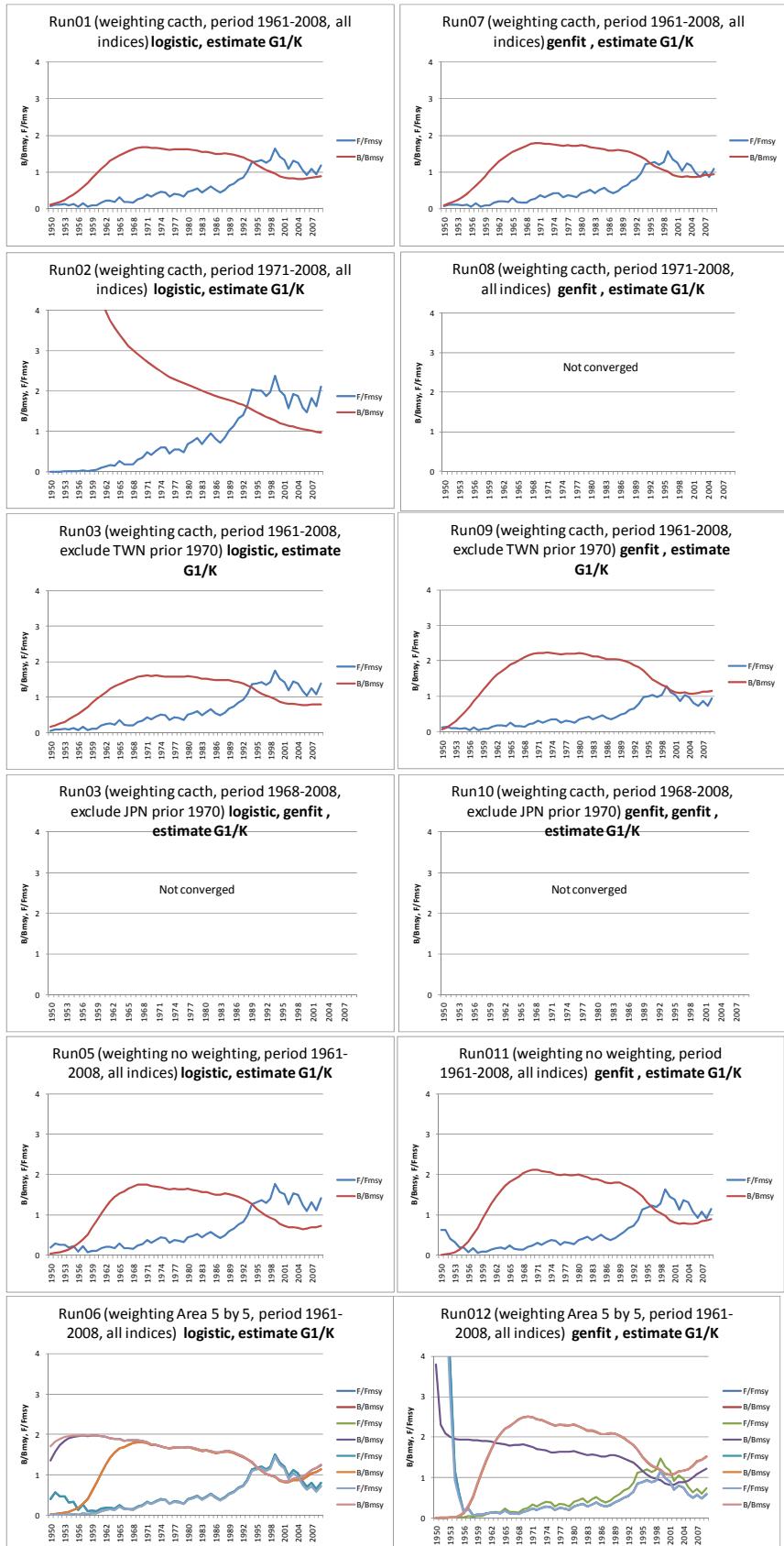


Figure 29. (Continued).

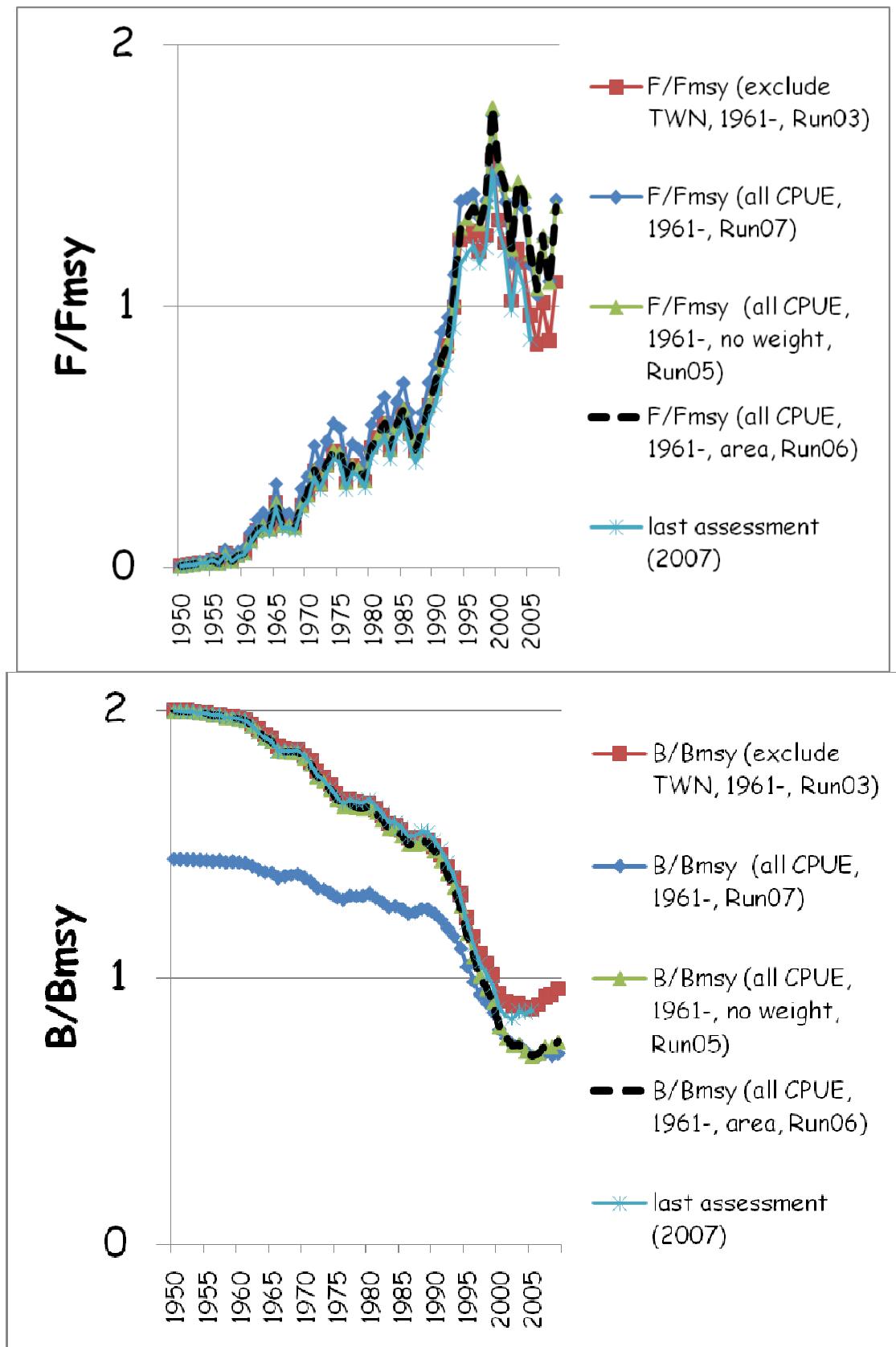


Figure 30. Annual changes of F/F_{MSY} and B/B_{MSY} of Run 02, 05, 06 and 07 for bootstrapping examinations of ASPIC.

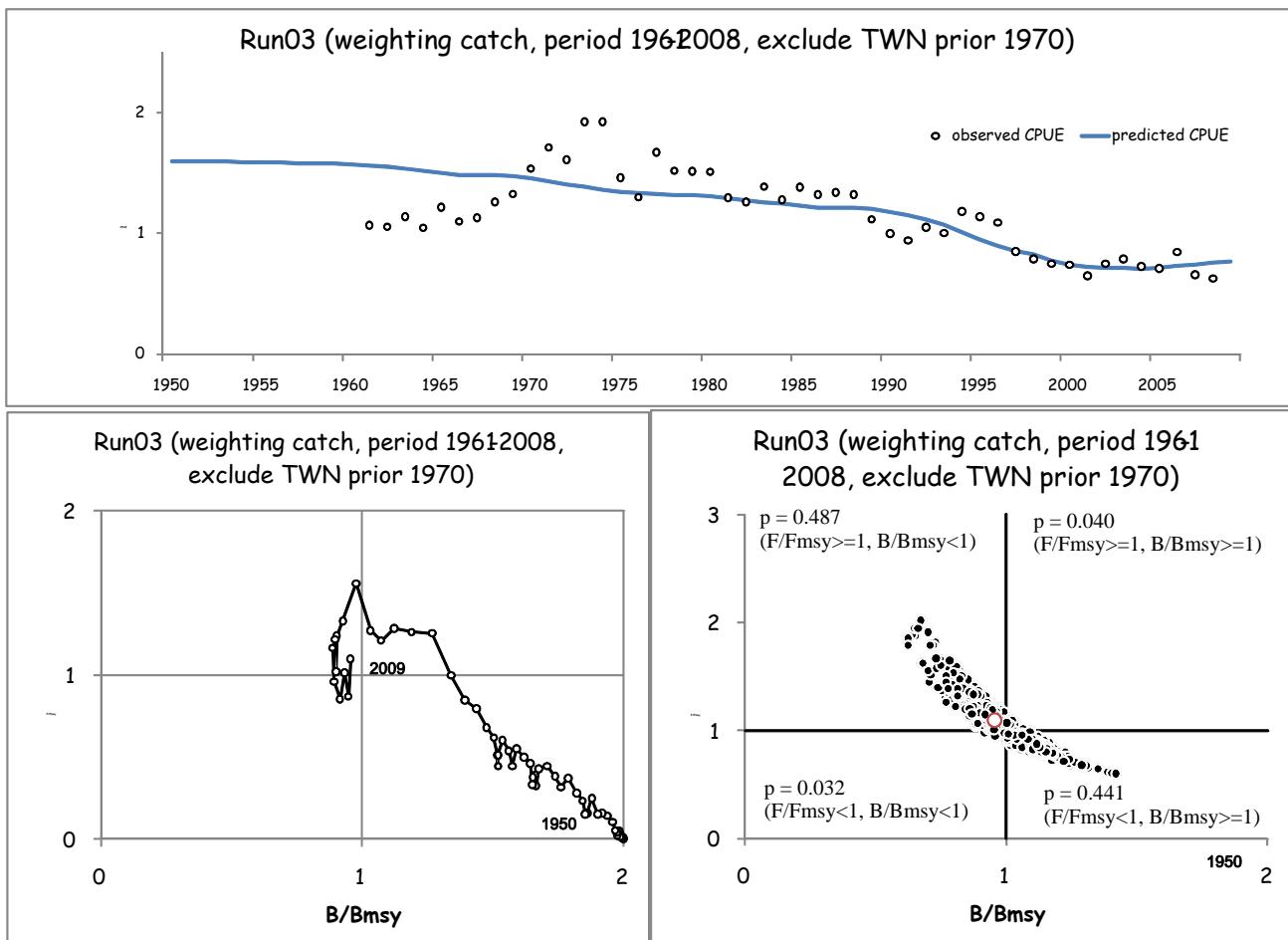


Figure 31. Results of ASPIC bootstrapping examination of Run 03.

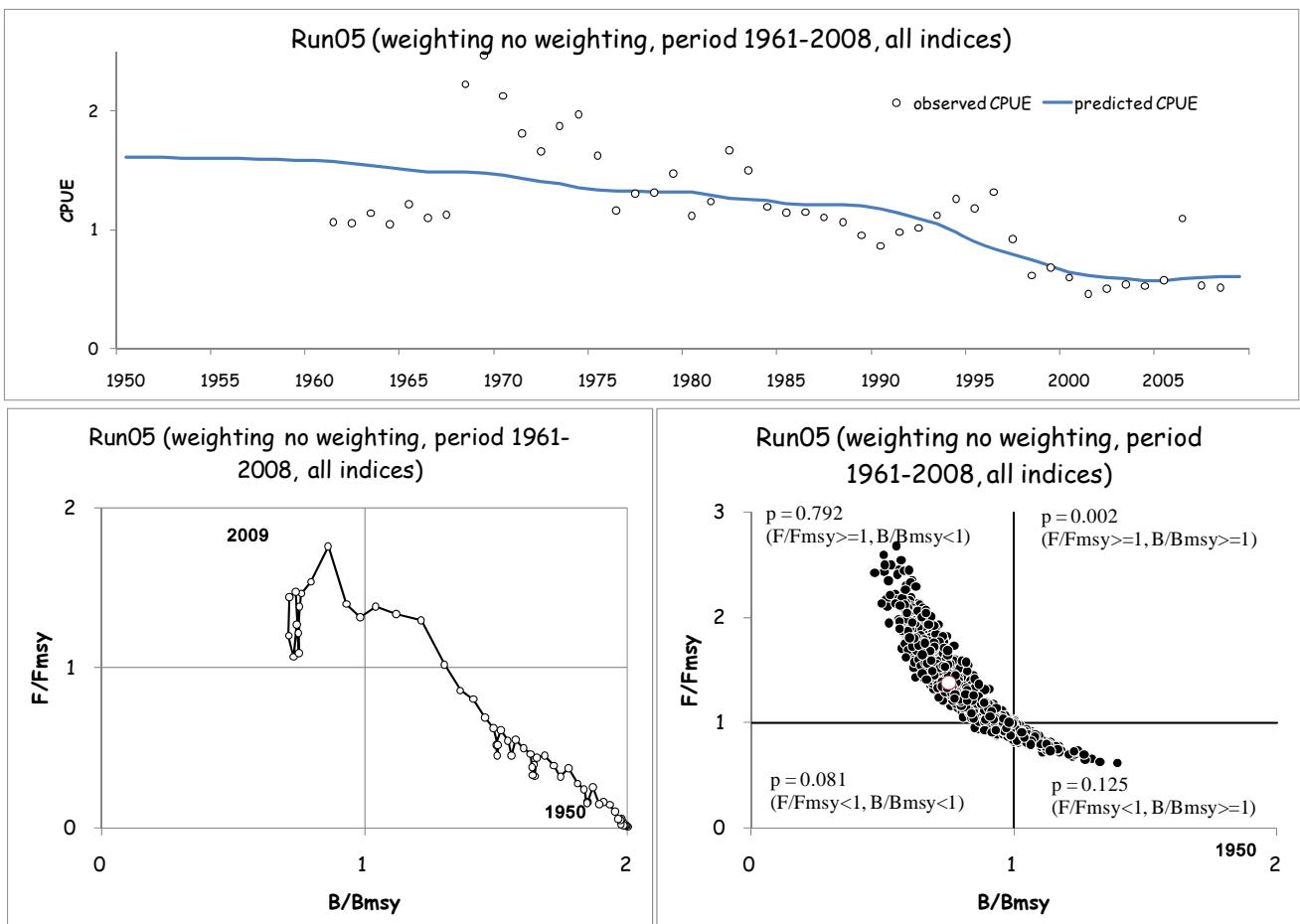


Figure 32. Results of ASPIIC bootstrapping examination of Run 05.

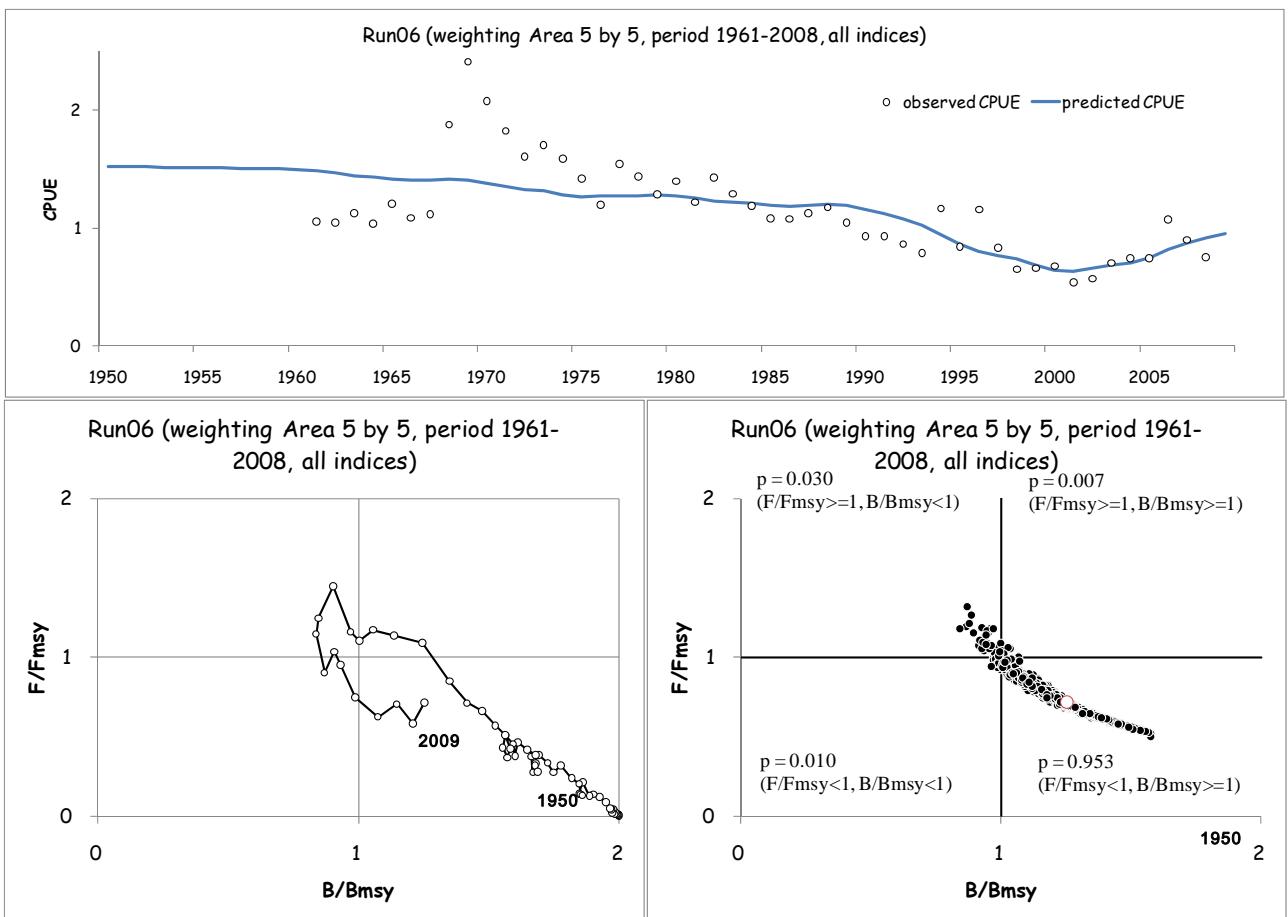


Figure 33. Results of ASPIC bootstrapping examination of Run 06.

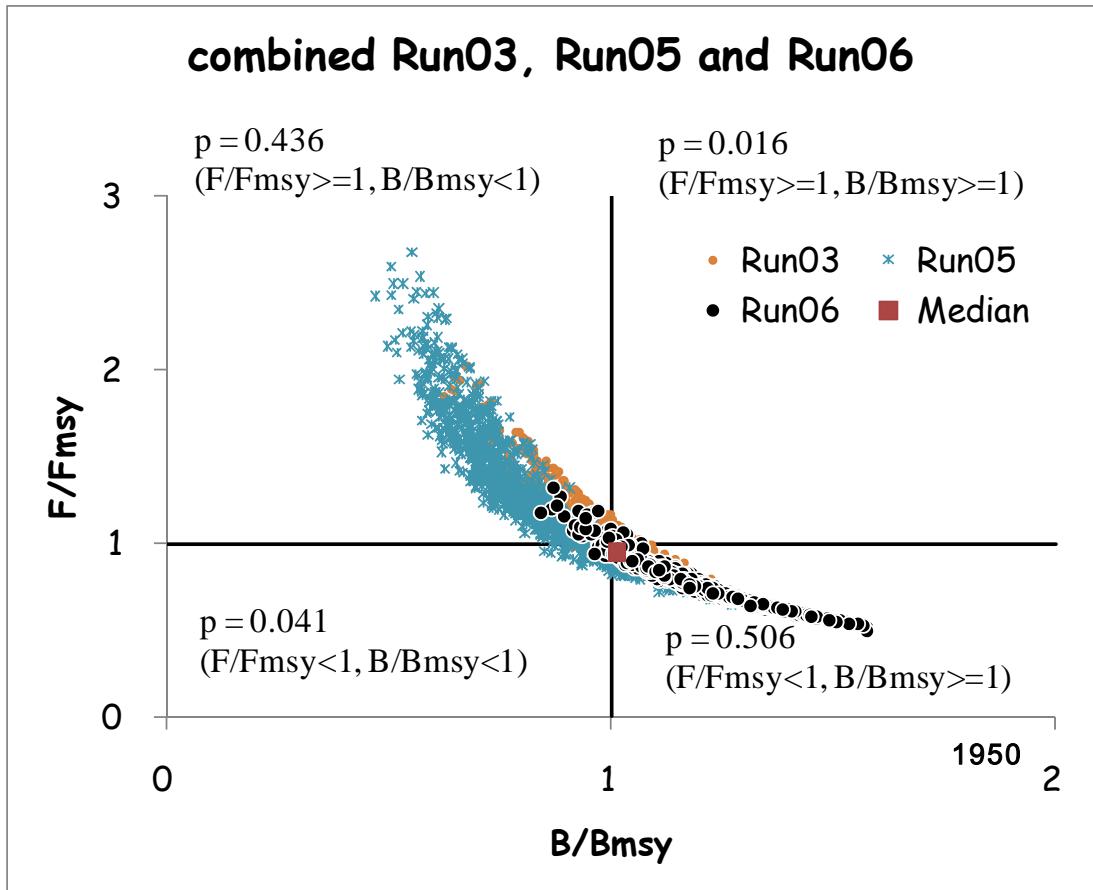


Figure 34. Kobe plot from combined three bootstrapping examinations of ASPIC.

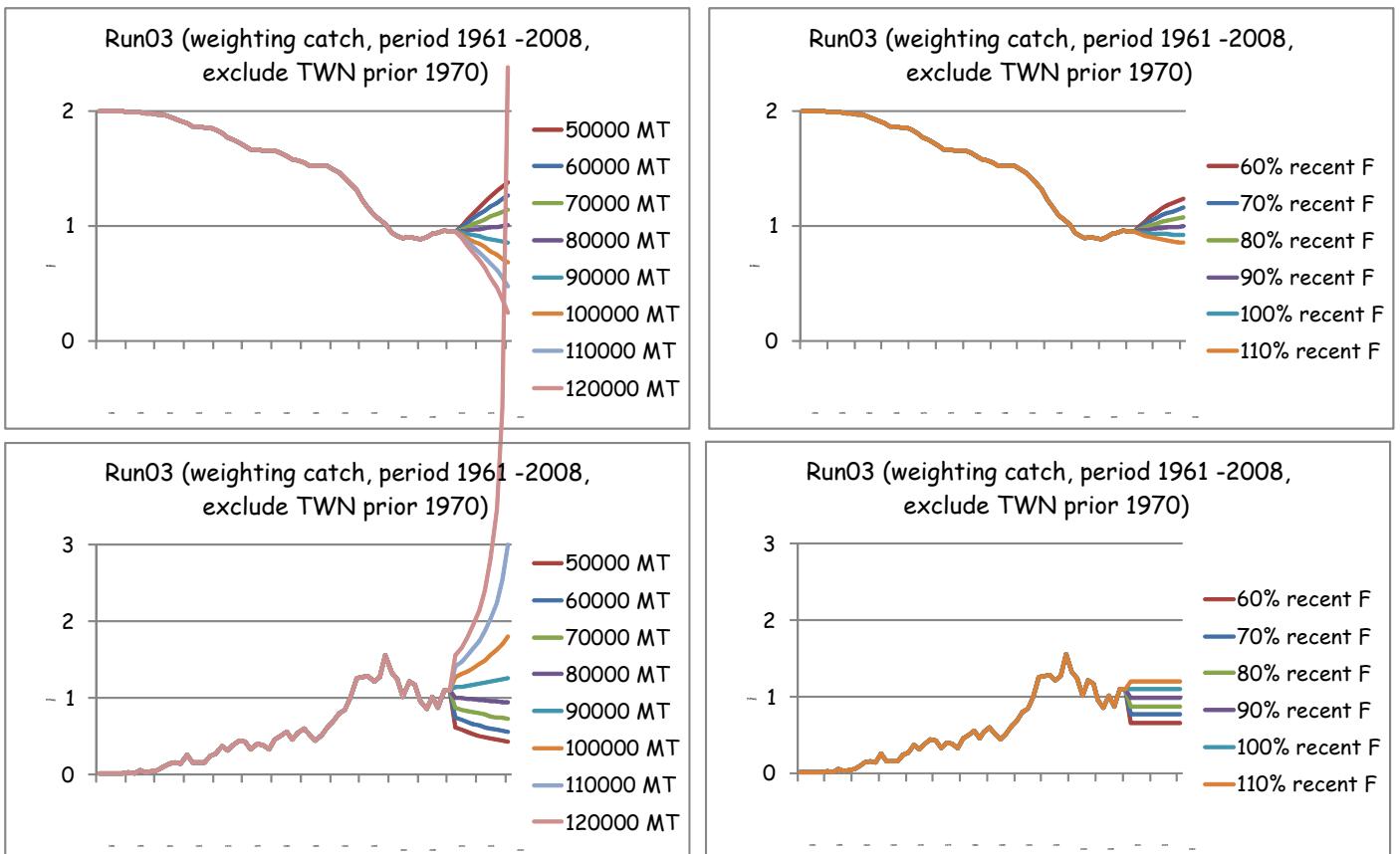


Figure 35. Point estimates trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} estimated from of ASPIC Run 03 with different future constant catch and constant F (relative to recent F).

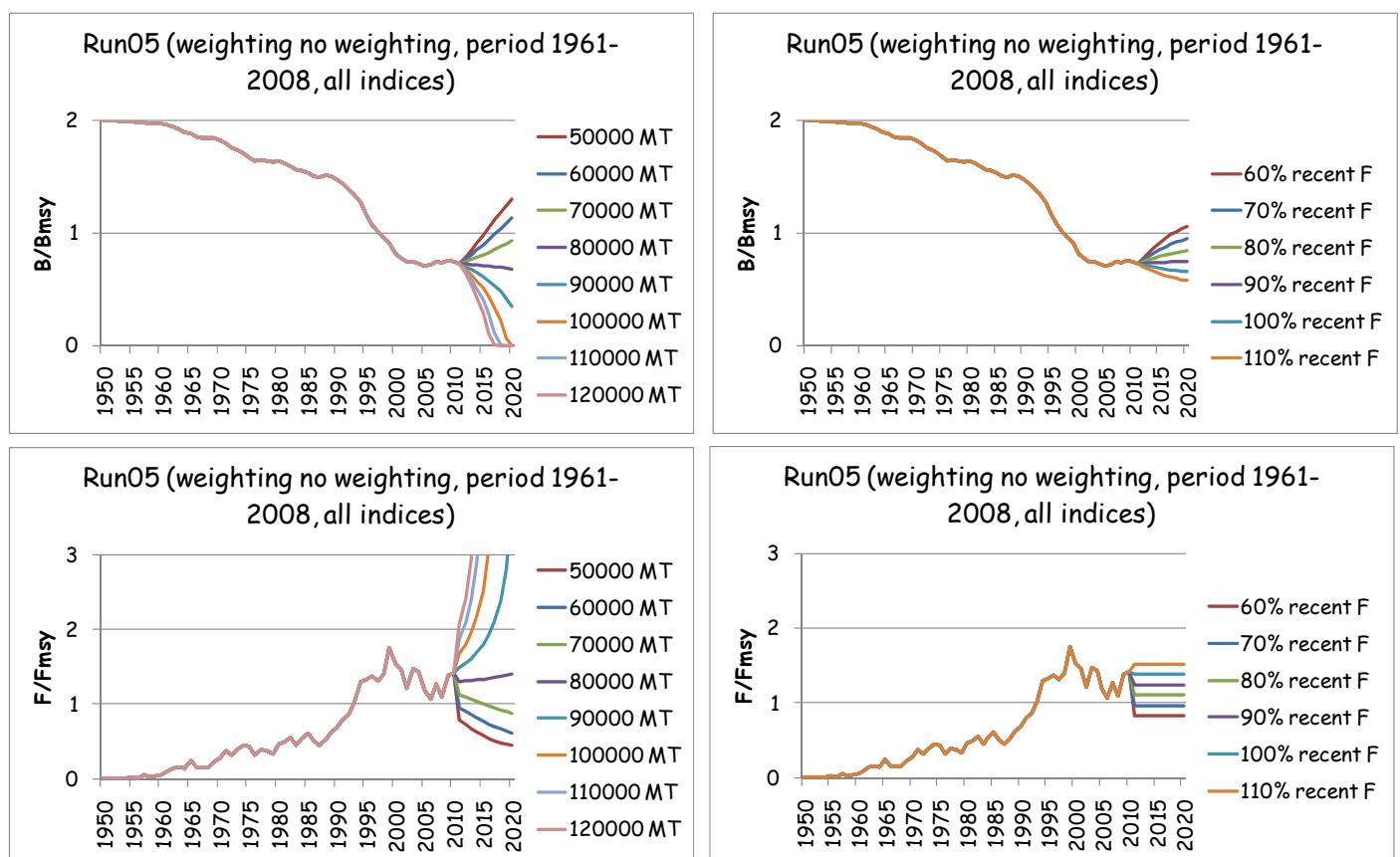


Figure 36. Point estimates trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} estimated from of ASPIC Run 05 with different future constant catch and constant F (relative to recent F).

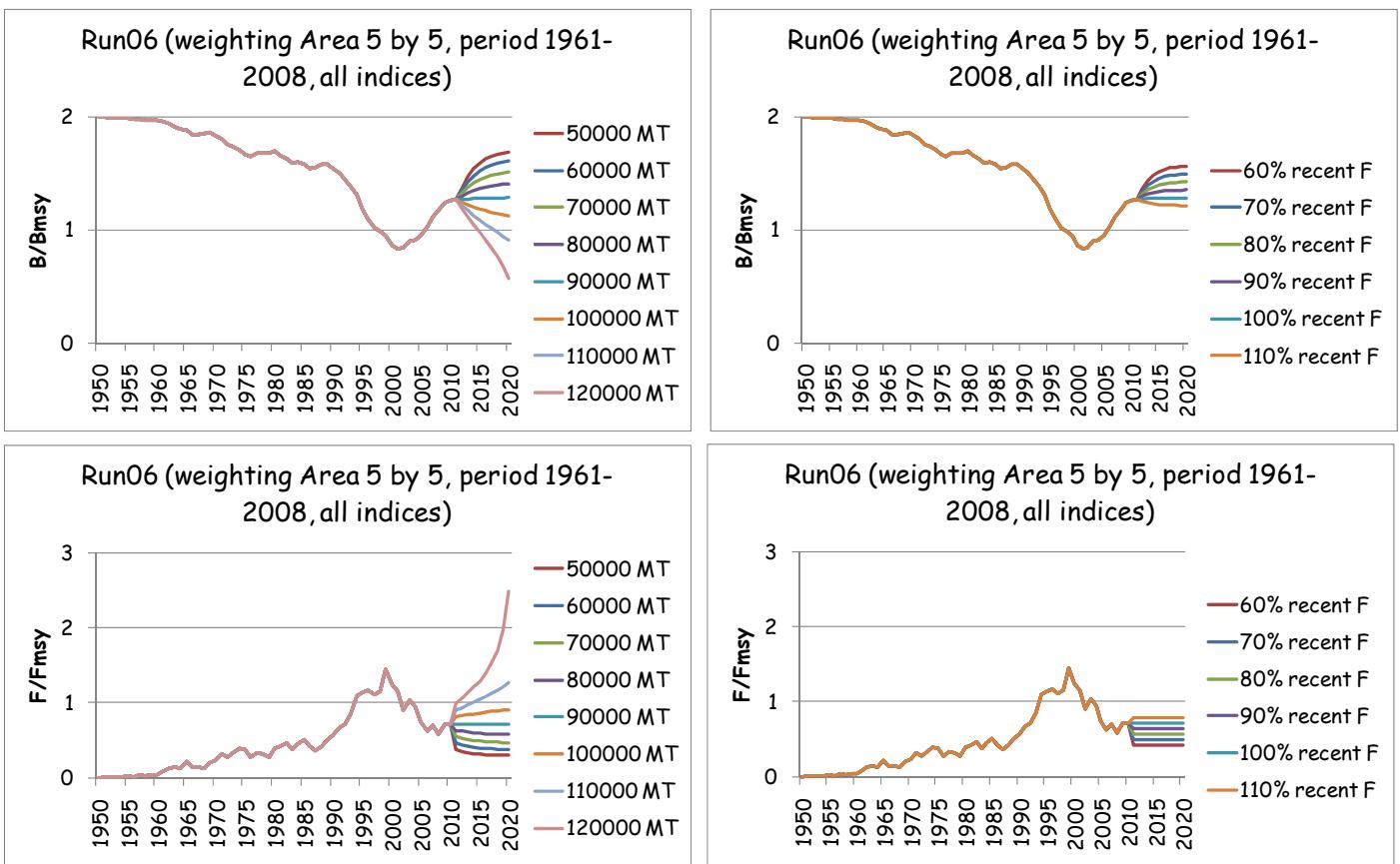


Figure 37. Point estimates trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} estimated from of ASPIC run06 with different future constant catch and constant F (relative to recent F).

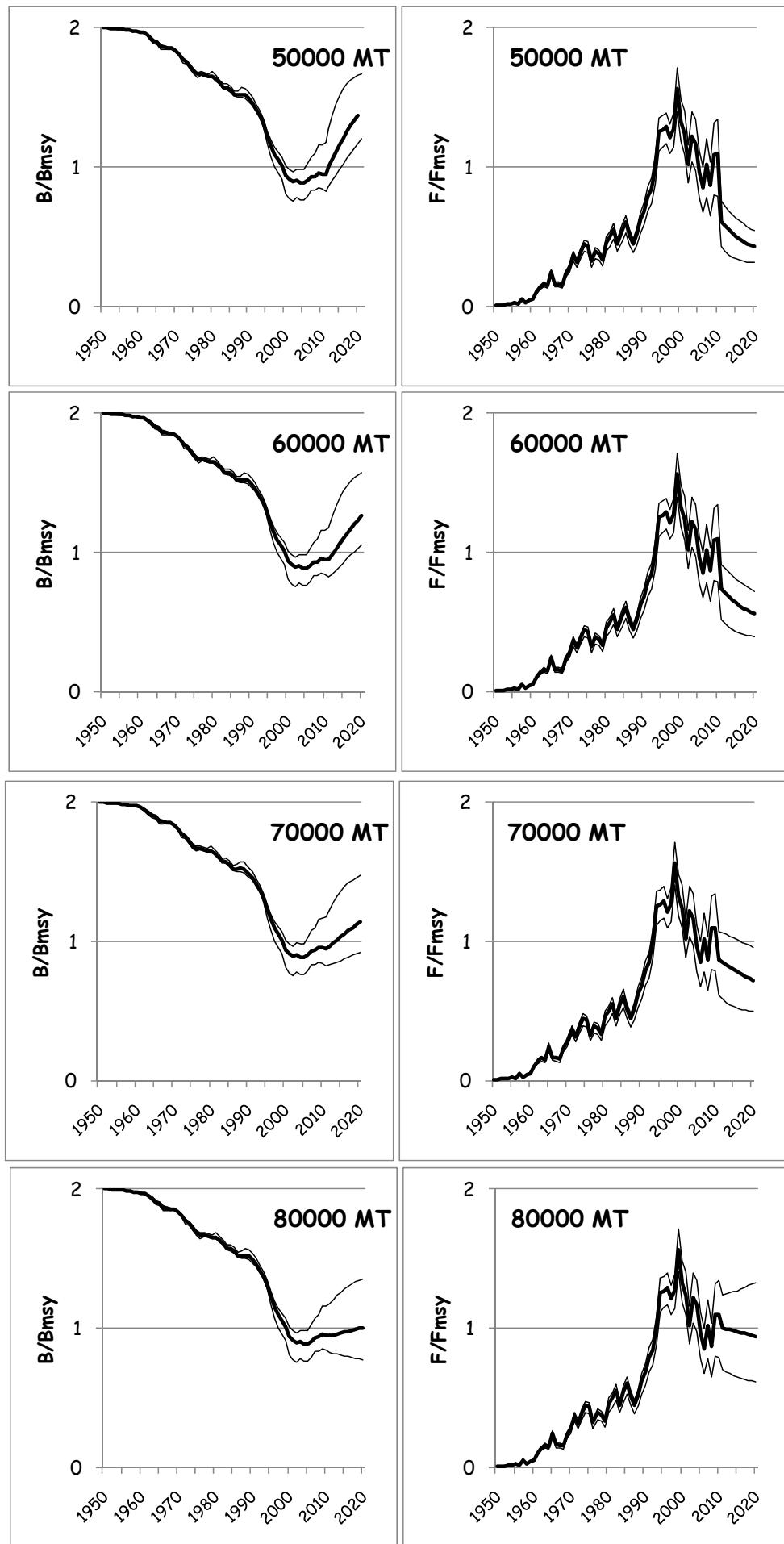


Figure 38. Point estimates and 80% confidence limits trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} estimated from of ASPIC Run03 with different future constant catch and constant F (relative to recent F).

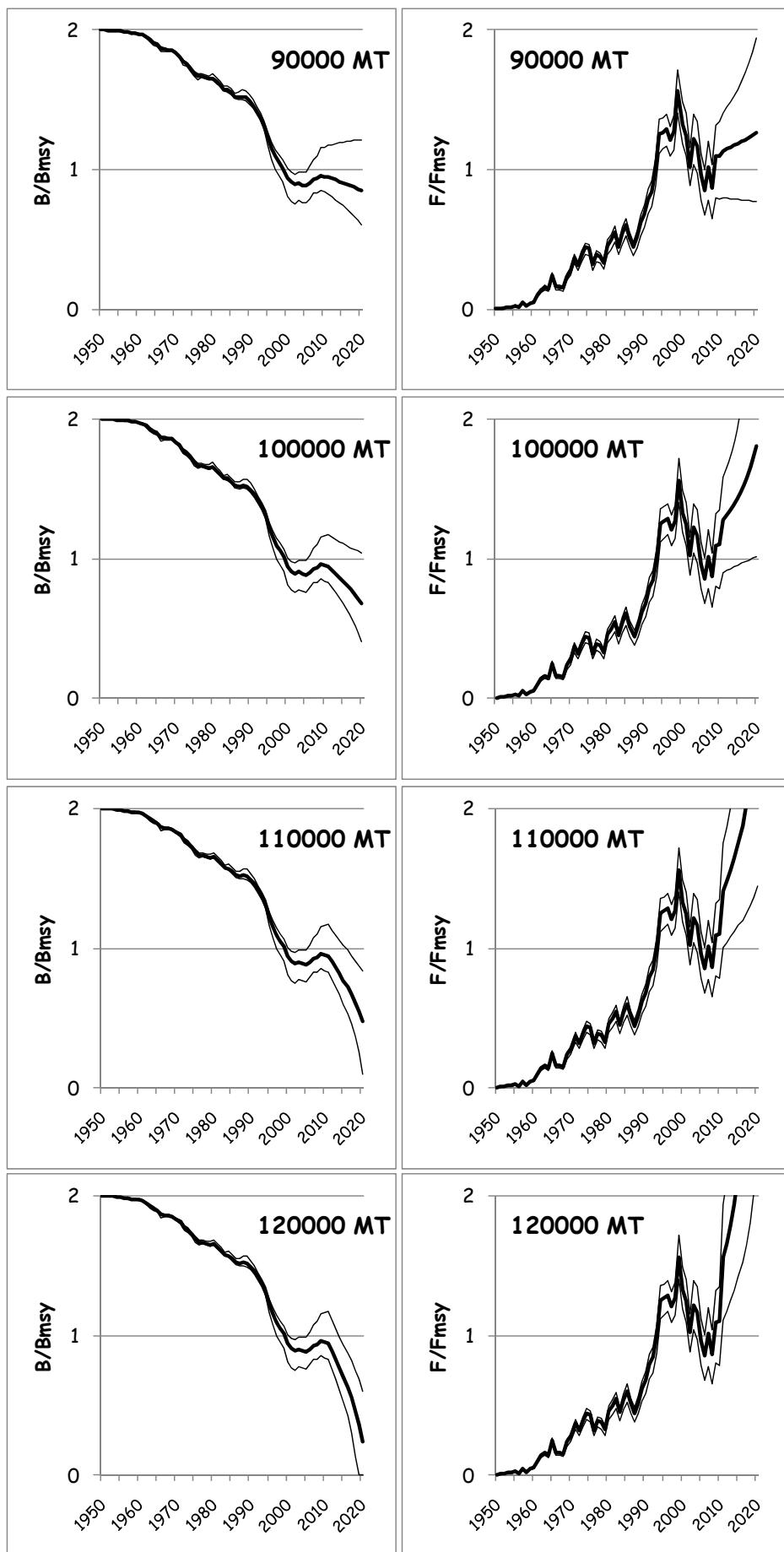


Figure 38. (Continued. Run 03, constant catch).

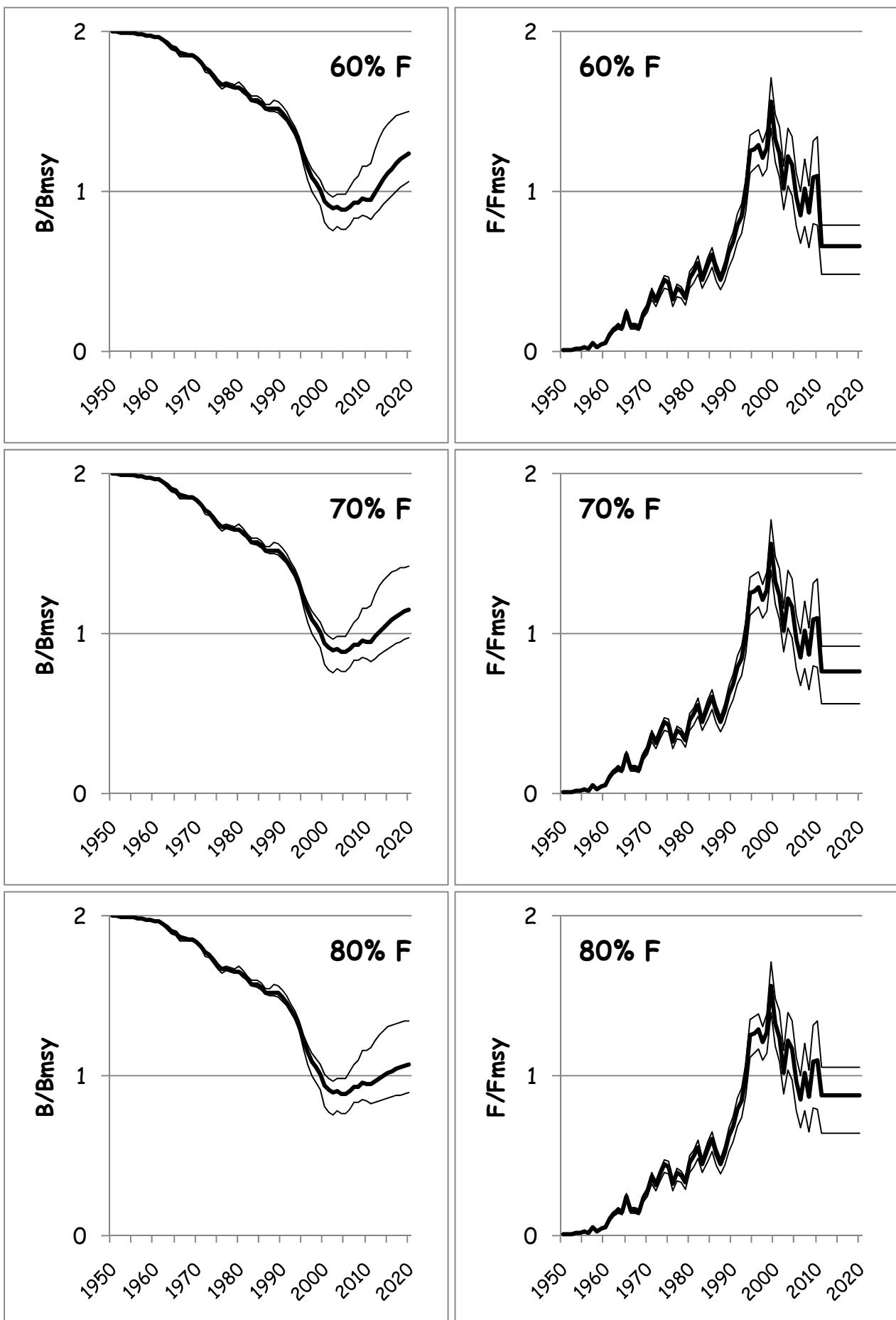


Figure 38. (Continued. Run 03, constant F).

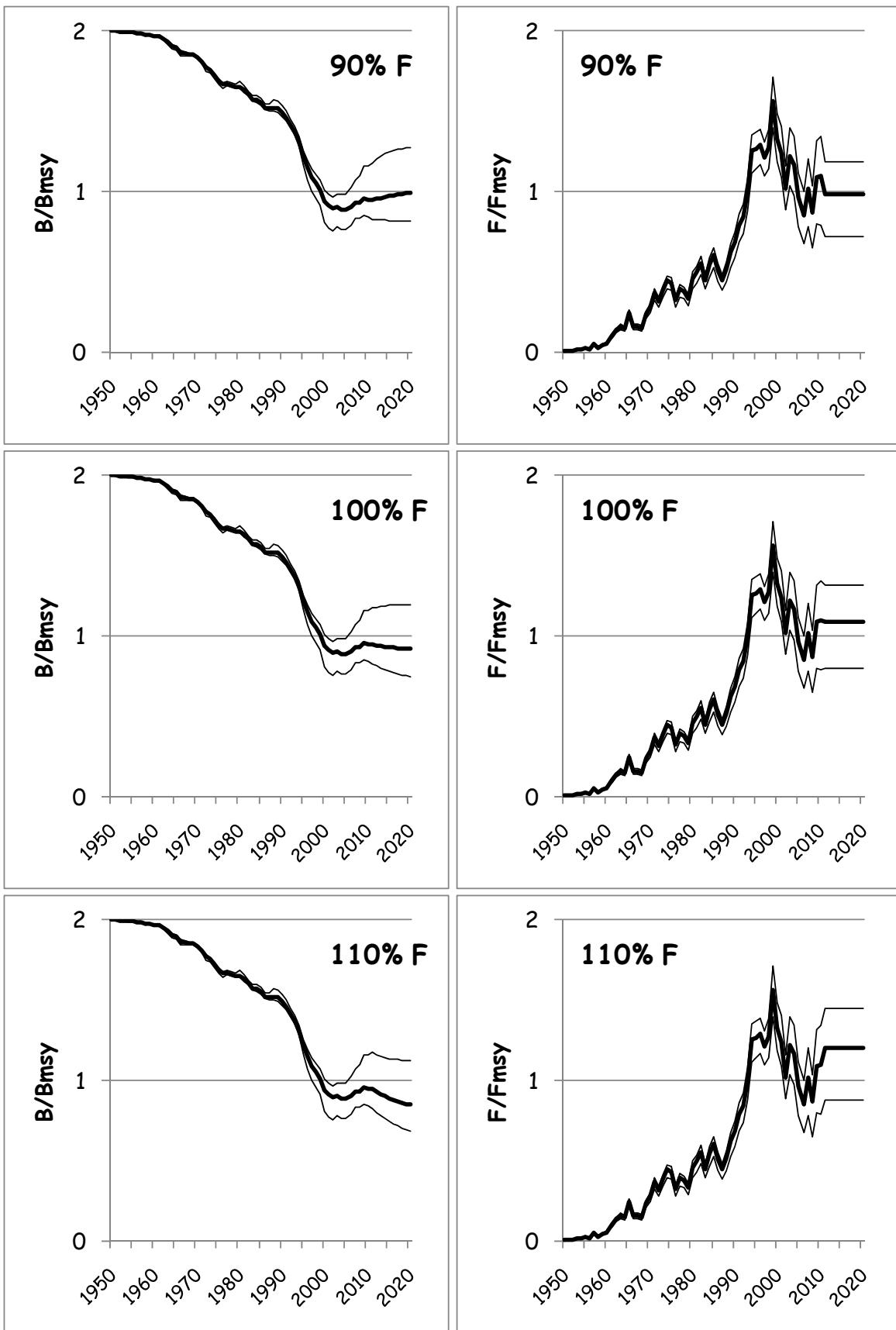


Figure 38. (Continued. Run03, constant F).

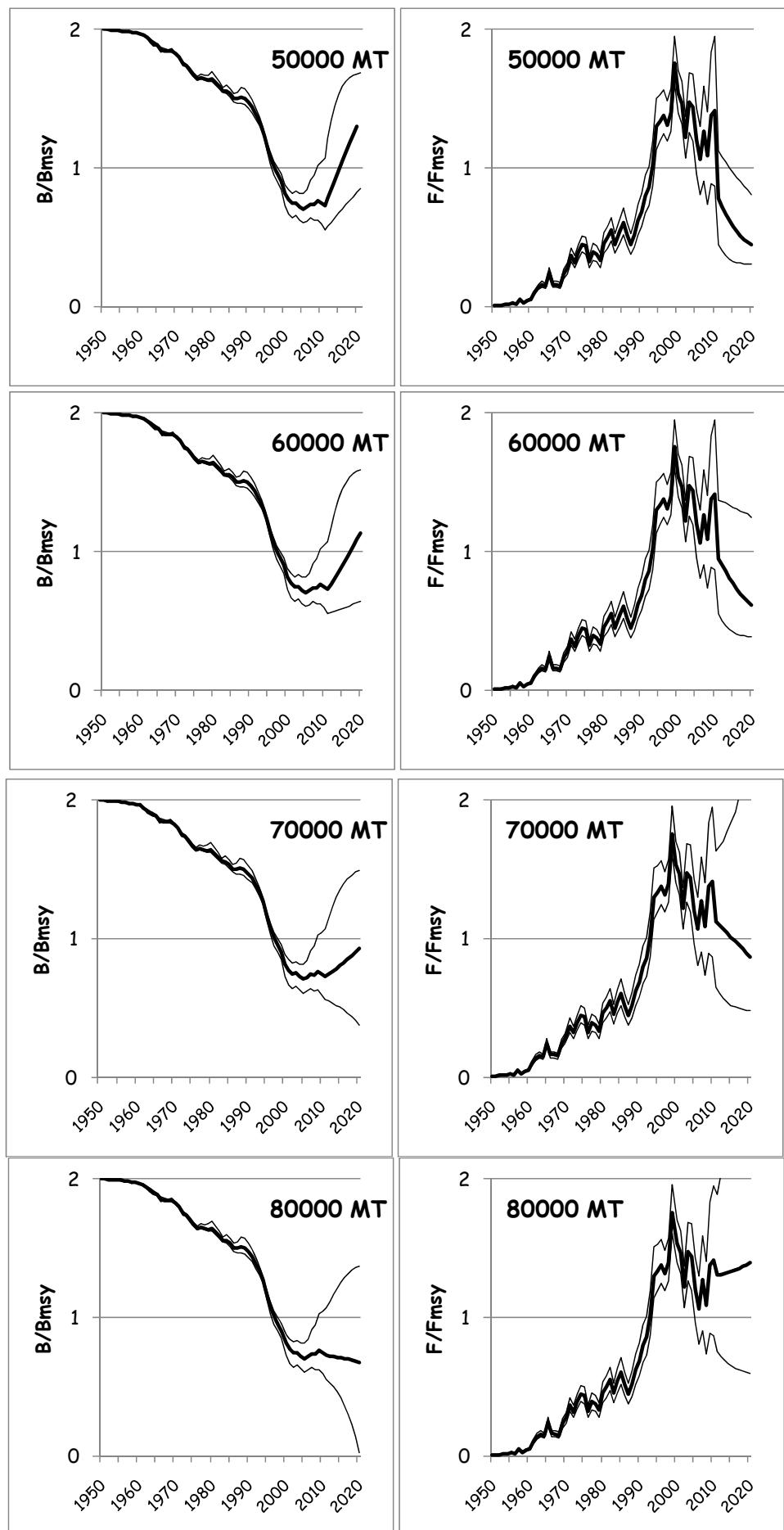


Figure 39. Point estimates and 80% confidence limits trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} estimated from of ASPIC Run05 with different future constant catch and constant F (relative to recent F).

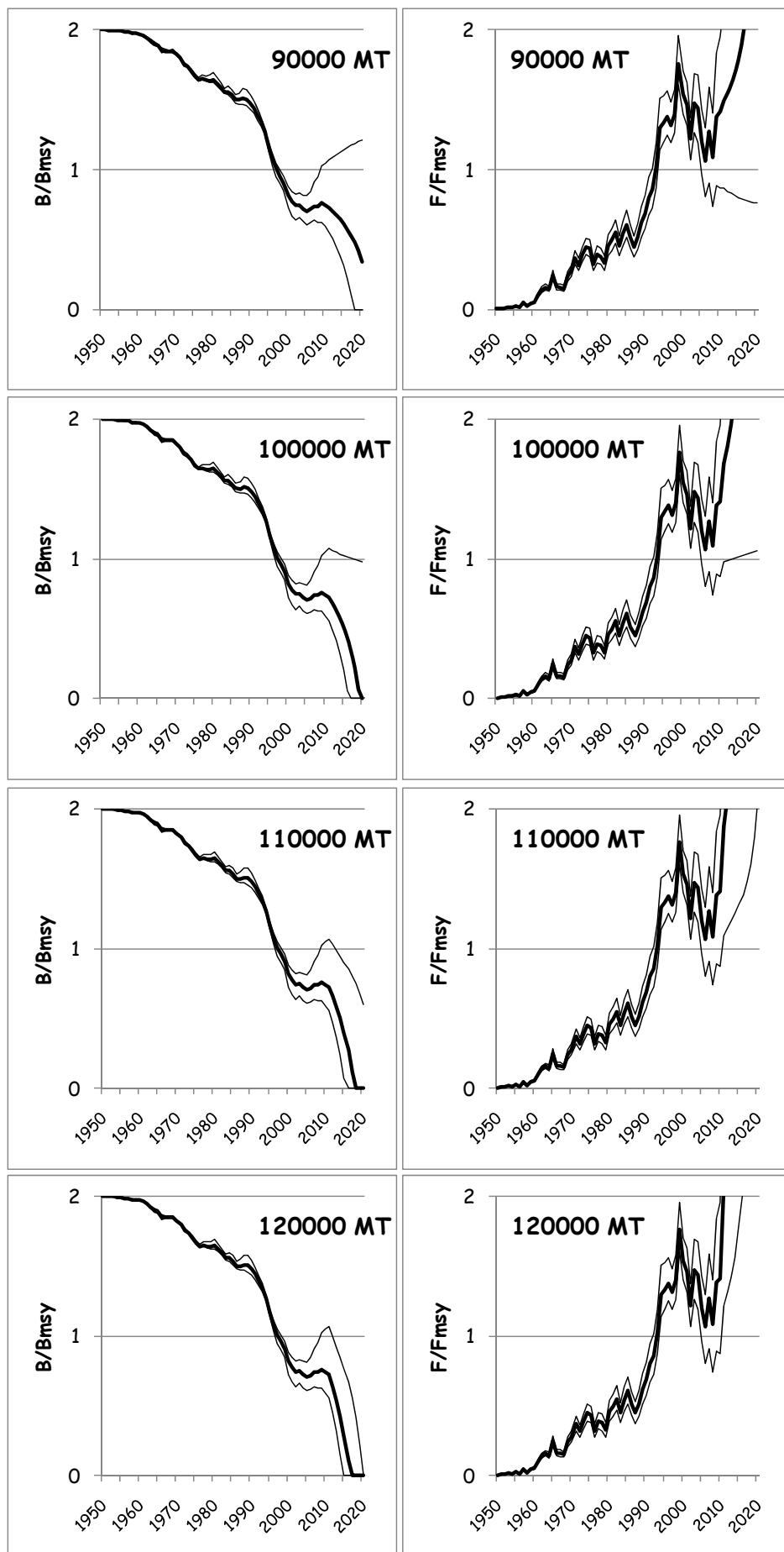


Figure 39. (Continued. Run 05, constant catch).

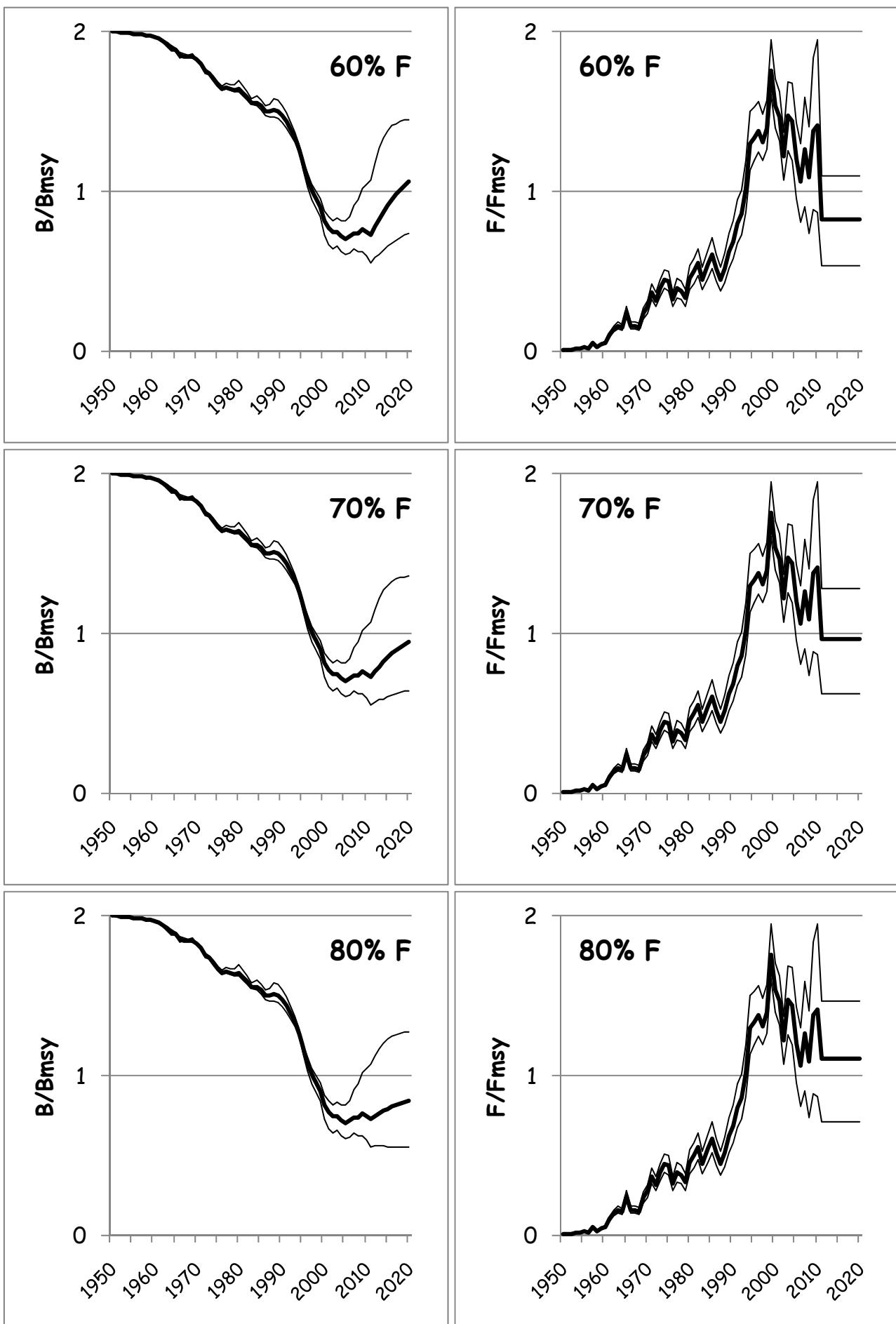


Figure 39. (Continued. Run 05, constant F).

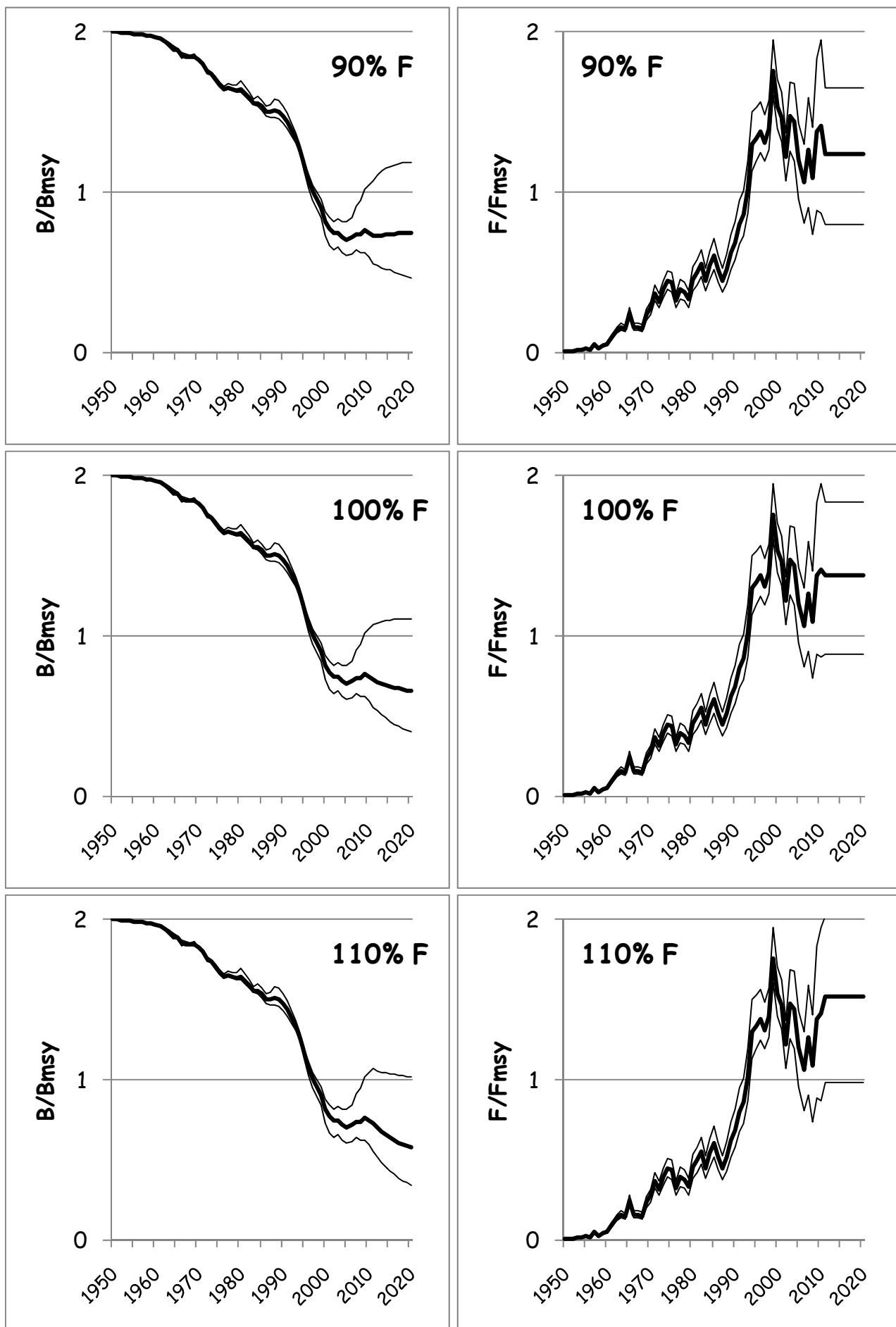


Figure 39. (Continued. Run 05, constant F).

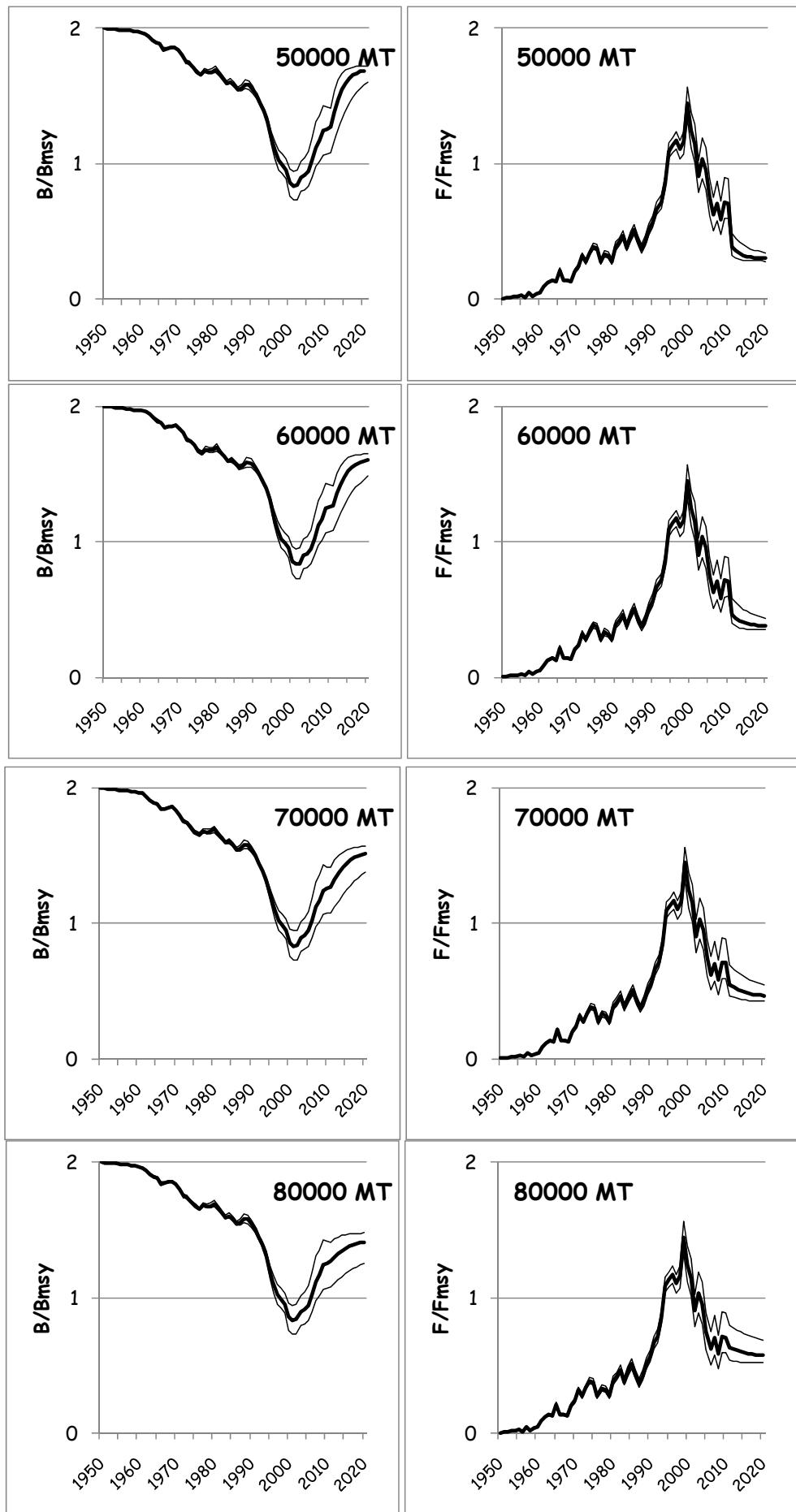


Figure 40. Point estimates and 80% confidence limits trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} estimated from ASPIC Run 06 with different future constant catch and constant F (relative to recent F).

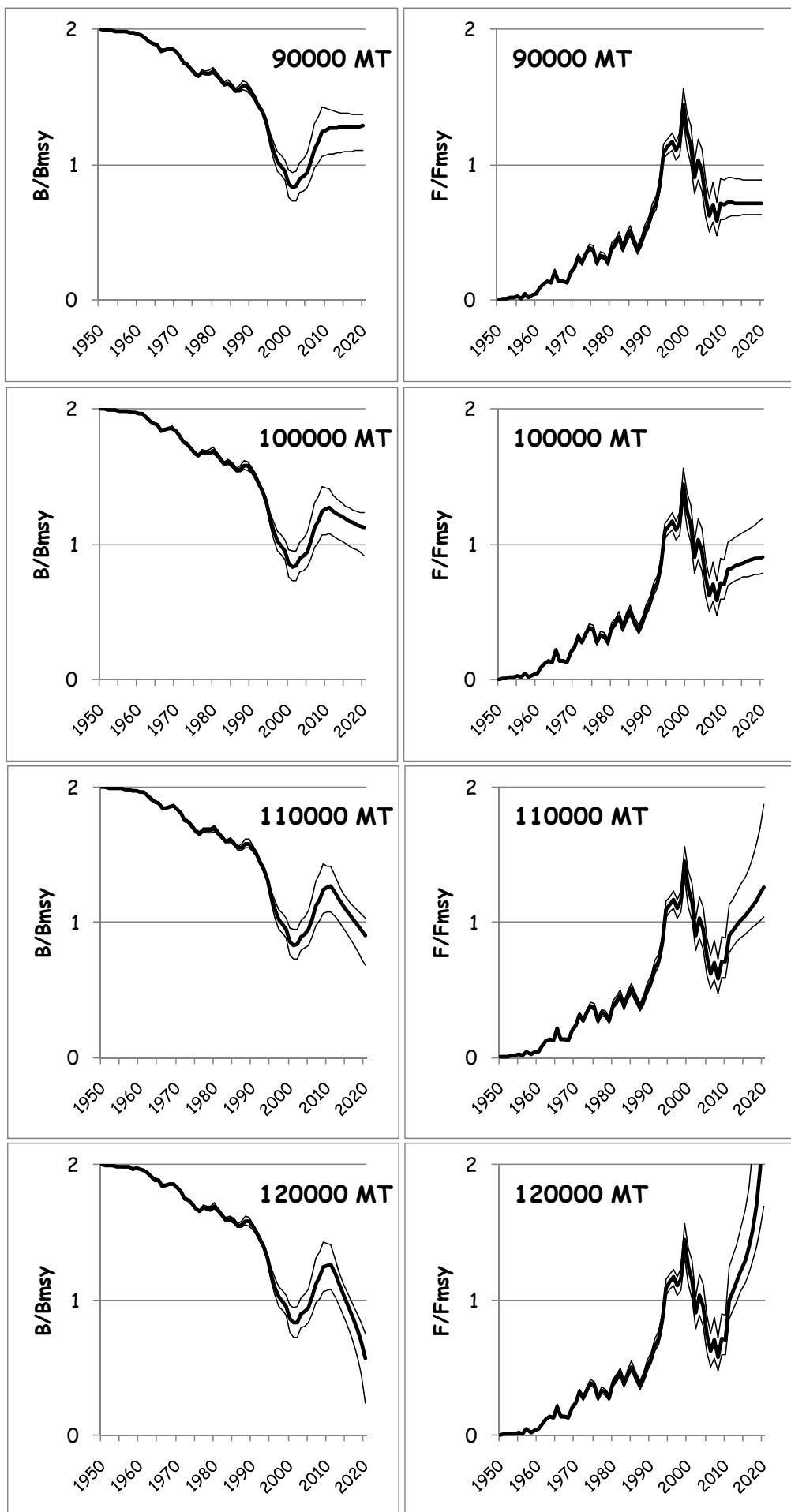


Figure 40. (Continued. Run 05, constant catch).

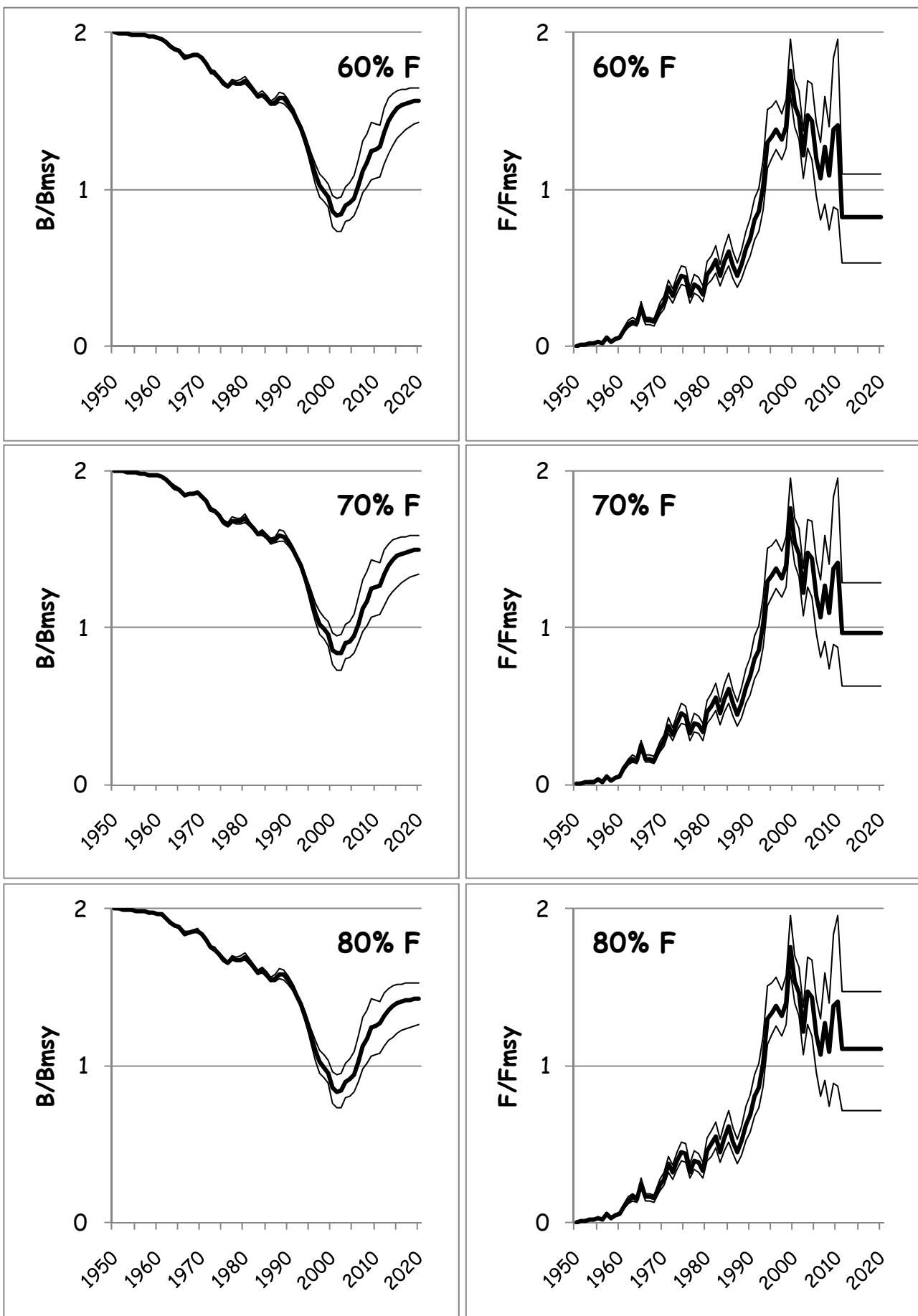


Figure 40. (Continued. Run 05, constant F).

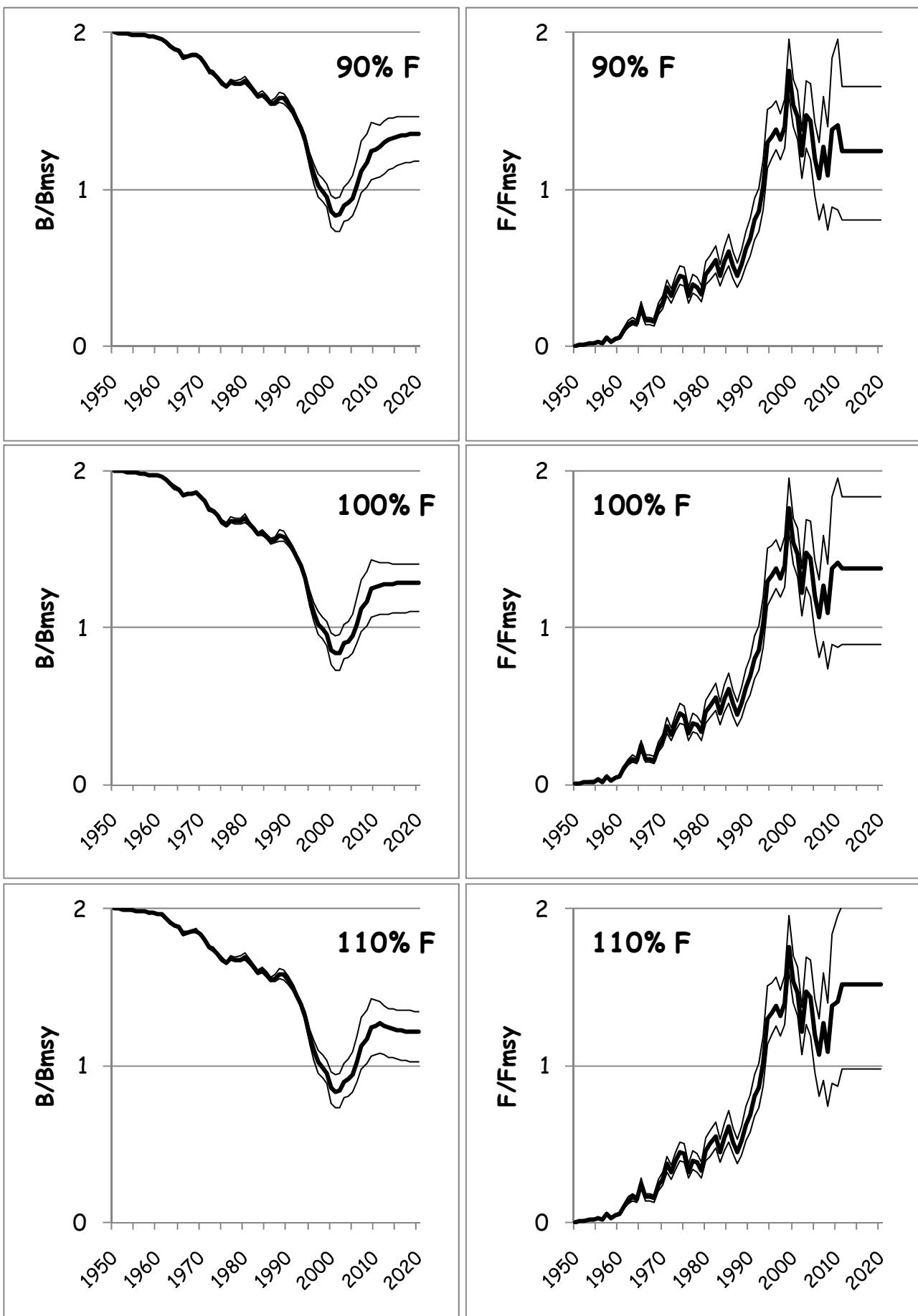


Figure 40. (Continued. Run 05, constant F).

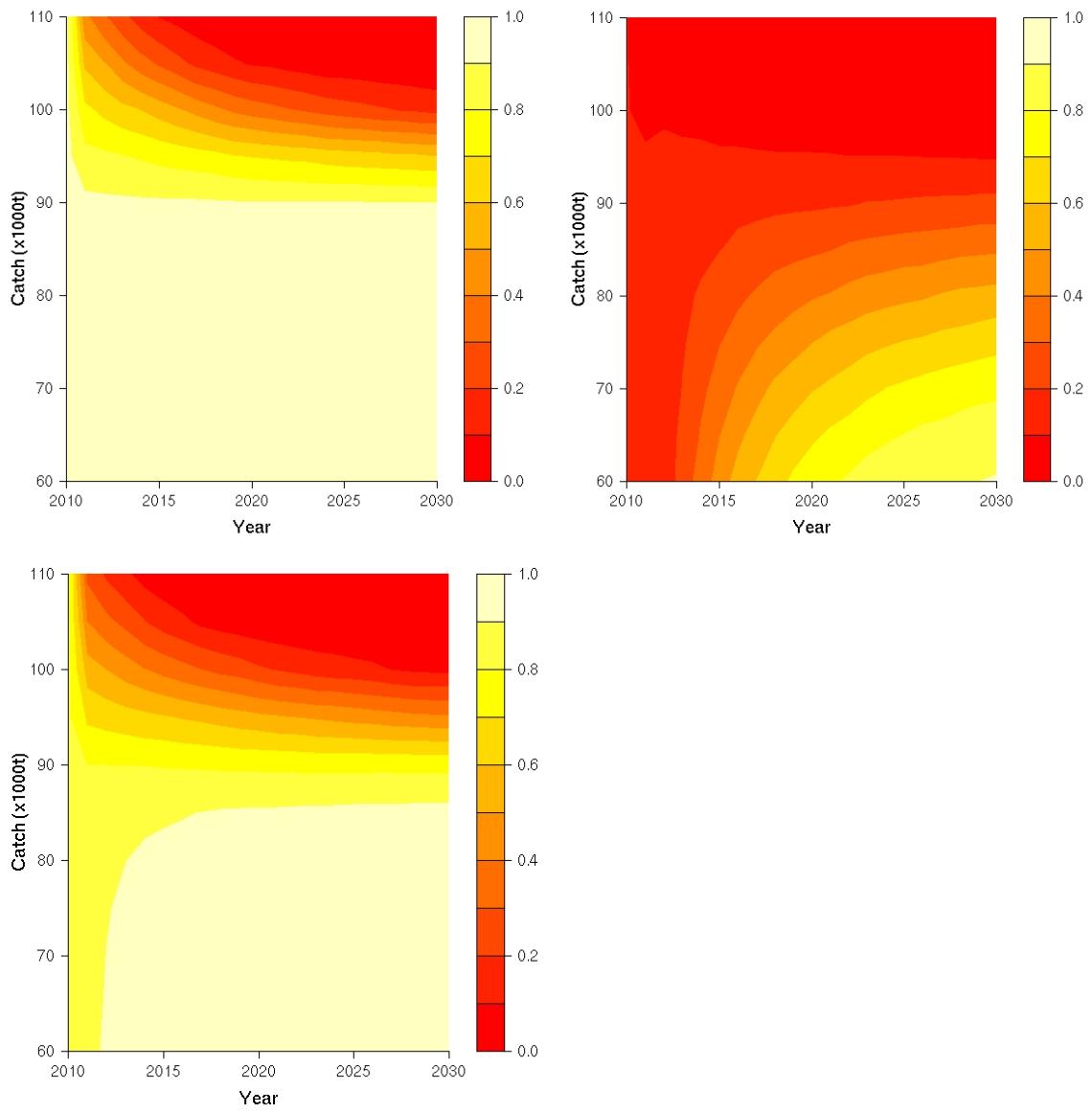


Figure 41. Probability that the fishing mortality F is below F_{MSY} and B is above B_{MSY} as calculated using projections of biomass for 2010 to 2030 and taking into account different constant catch values from 60,000 to 110,000 t. (a) dataset weighted by area with informative prior (b) dataset weighted by area with non-informative prior, (c) dataset weighted by catch with informative prior, (d) dataset excluding information from Japanese longliners prior to 1970, and (e) dataset excluding information from Chinese Taipei longliners prior to 1970.

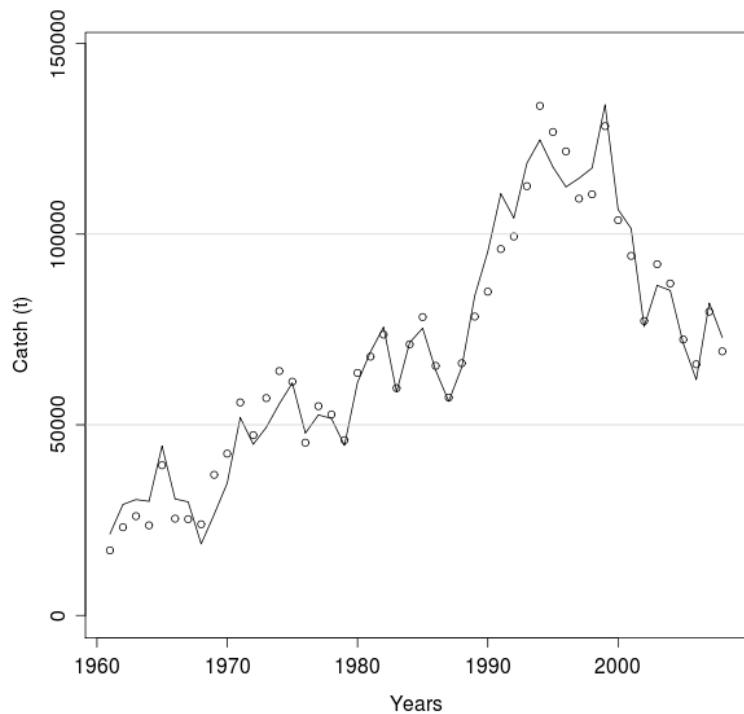
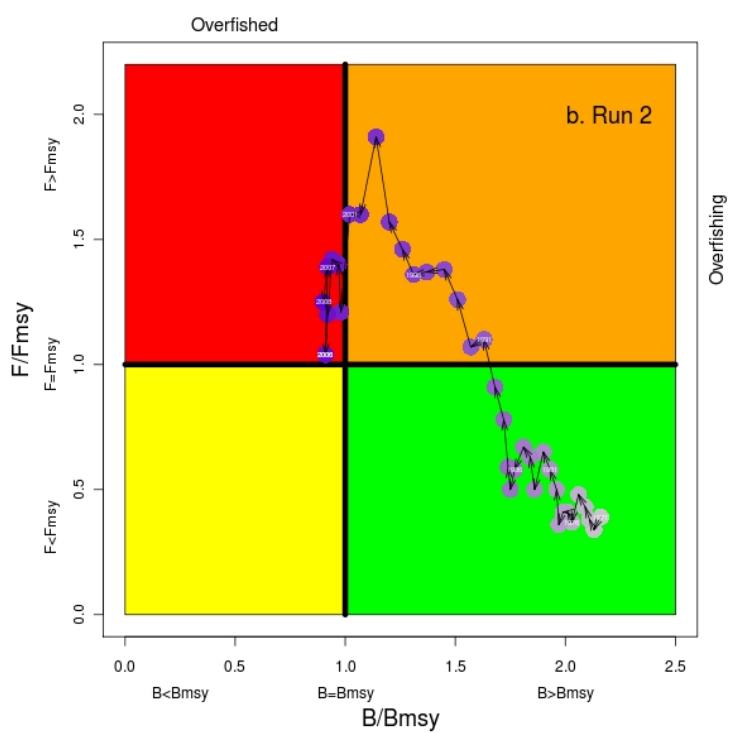
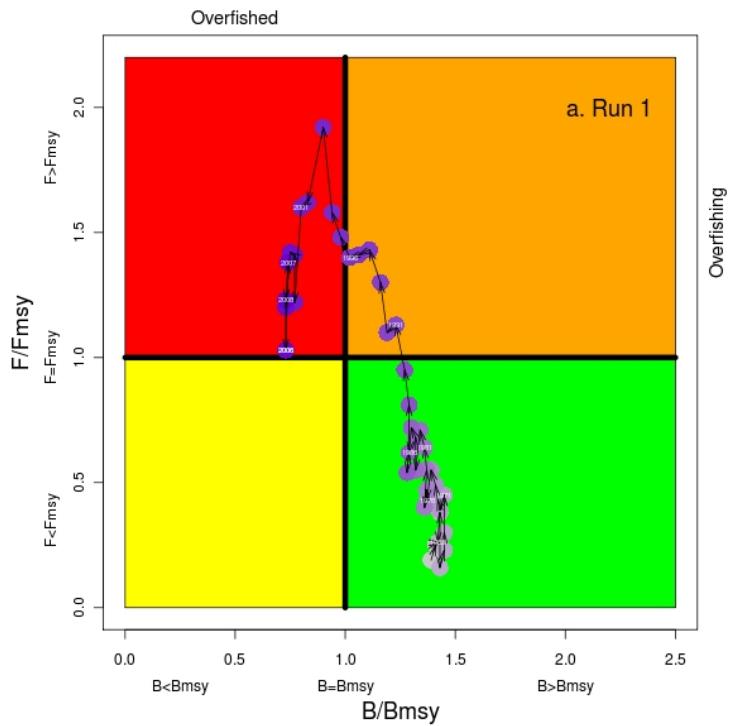


Figure 42. PROCEAN model run 1. Fit of the predicted catch (solid line) to the observed catches (black circles) for the bigeye tuna fishery during 1961-2008.



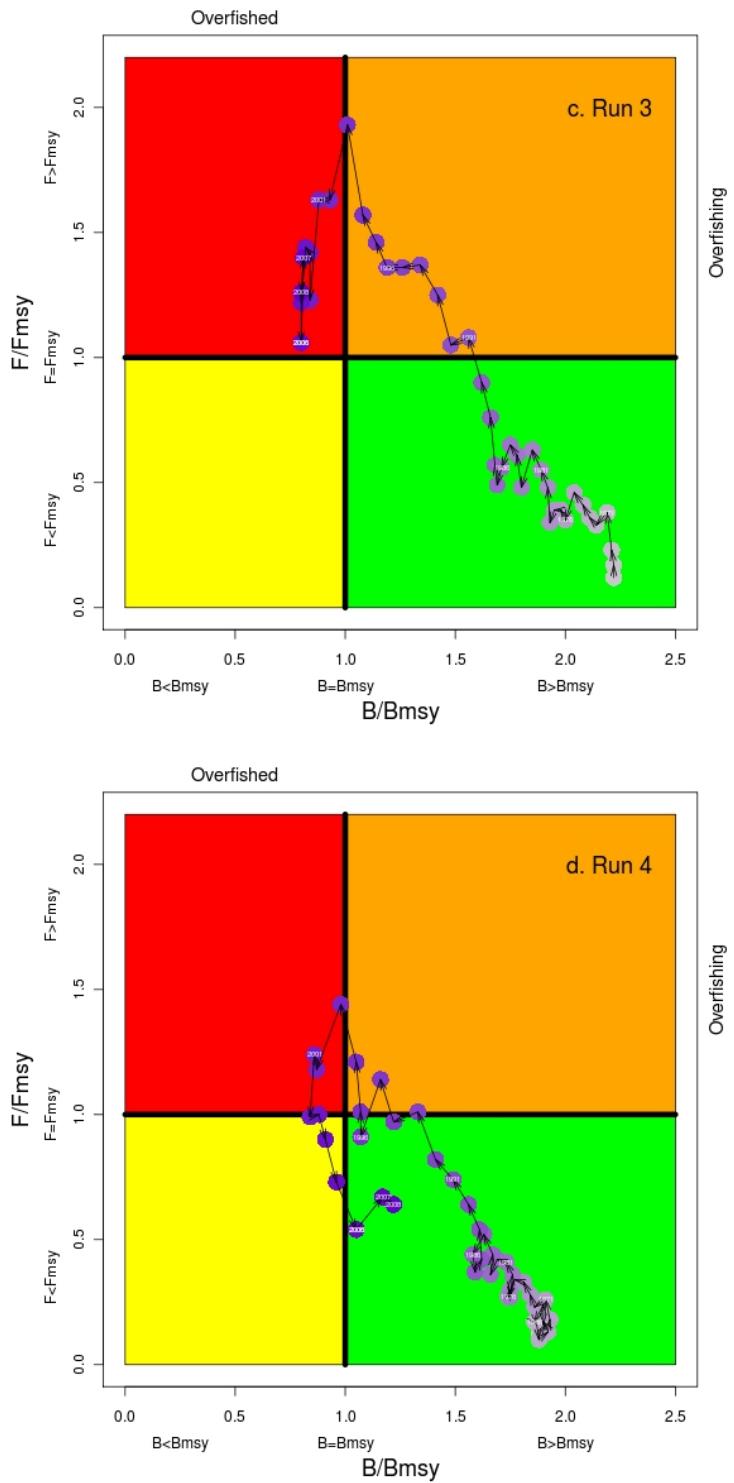


Figure 43. Phase plots showing the trajectories of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} for the PROCEAN model runs.

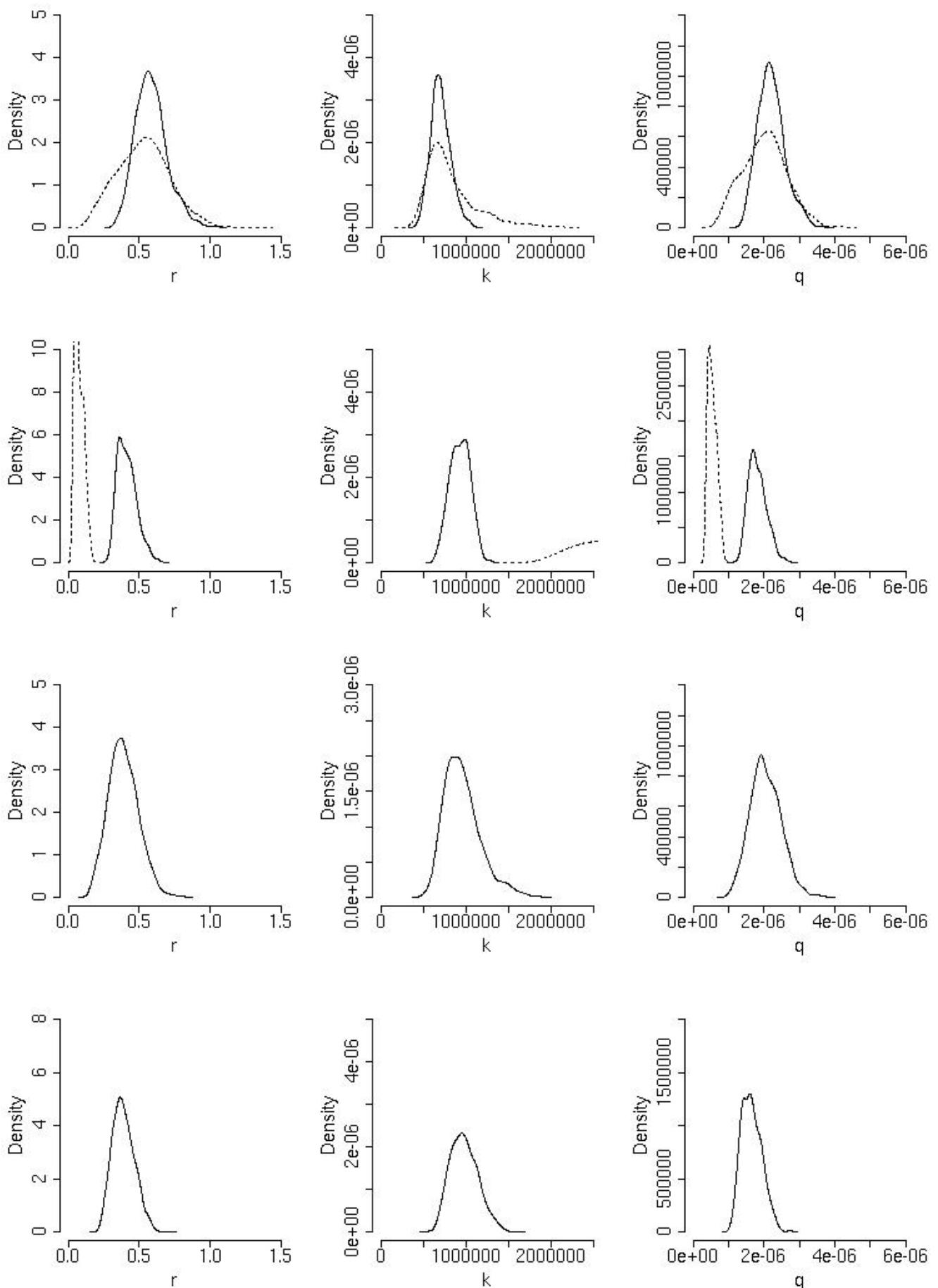


Figure 44. Parameter posterior distributions calculated using the combined abundance index weighted by area (top panels), weighted by catch (second line panels), and weighted by catch excluding data from Japanese longliners prior to 1971 (third line panels), and data from Chinese Taipei longliners prior to 1971 (bottom panels).

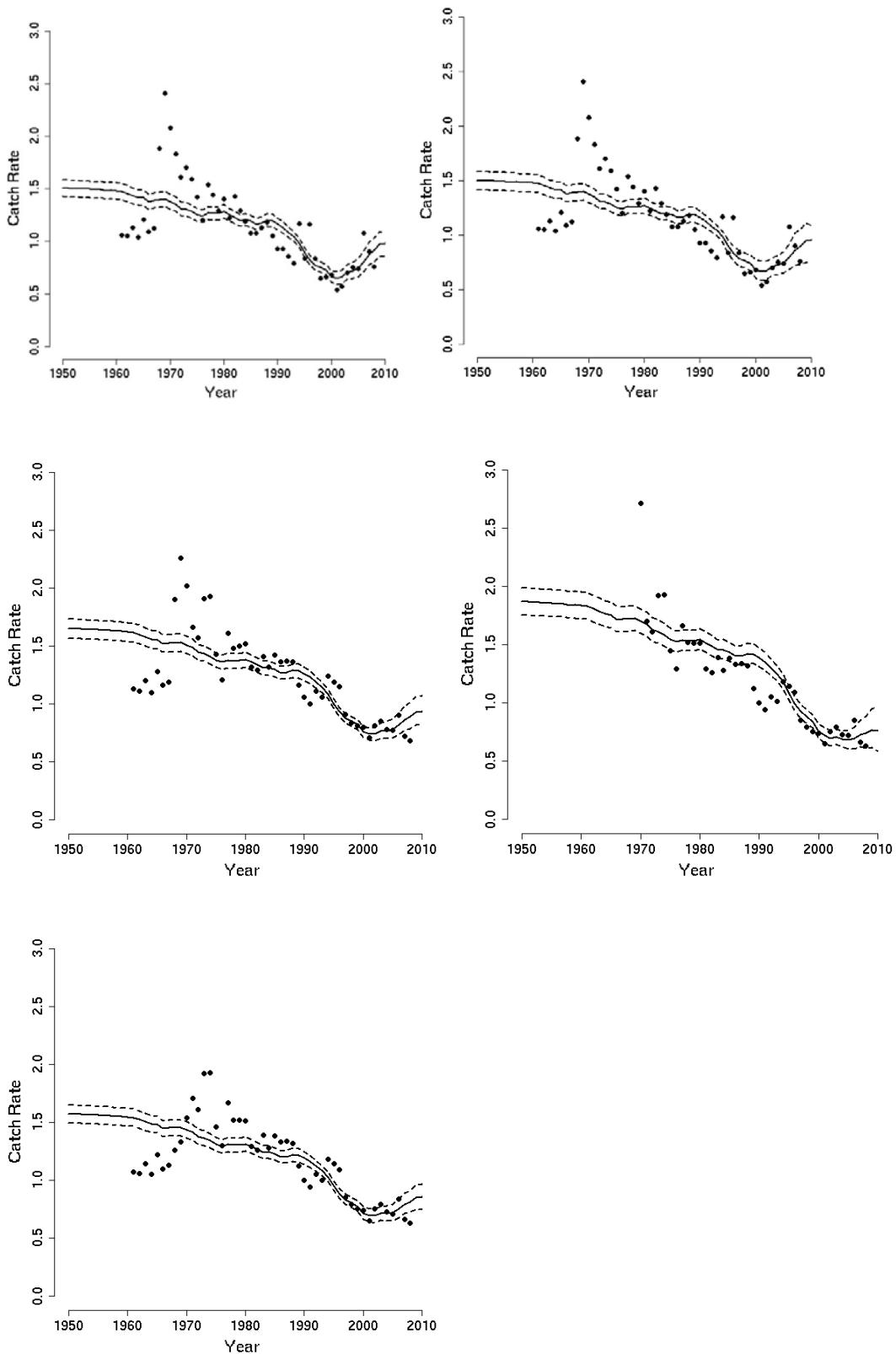


Figure 45. Fits of Bayesian version of the Schaefer model using the AIS/SIR algorithm: (top left panel) data weighted by area with informative prior, (top right panel) data weighted by area with non-informative prior, (middle left panel) data weighted by catch with informative priors, (middle right panel) data weighted by catch with informative priors excluding information from Japanese longliners prior to 1971, (bottom panel) data weighted by catch excluding Chinese Taipei longliners prior to 1971.

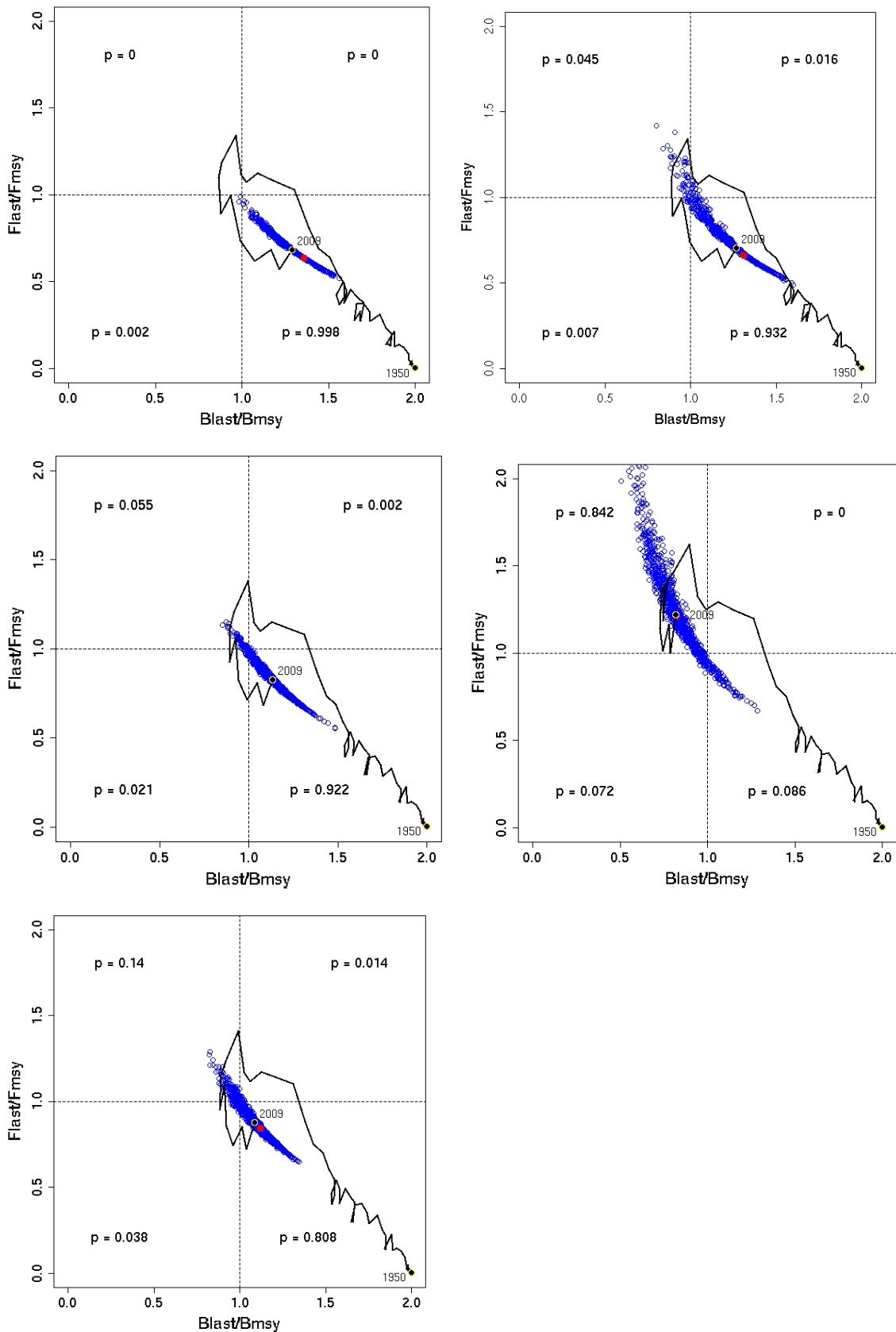


Figure 46. Phase plots for (a) dataset weighted by area with informative prior, (b) dataset weighted by area with non-informative prior (c) dataset weighted by catch with informative prior, (d) dataset excluding information from Japanese longliners prior to 1970, and (e) dataset excluding information from Chinese Taipei longliners prior to 1970.

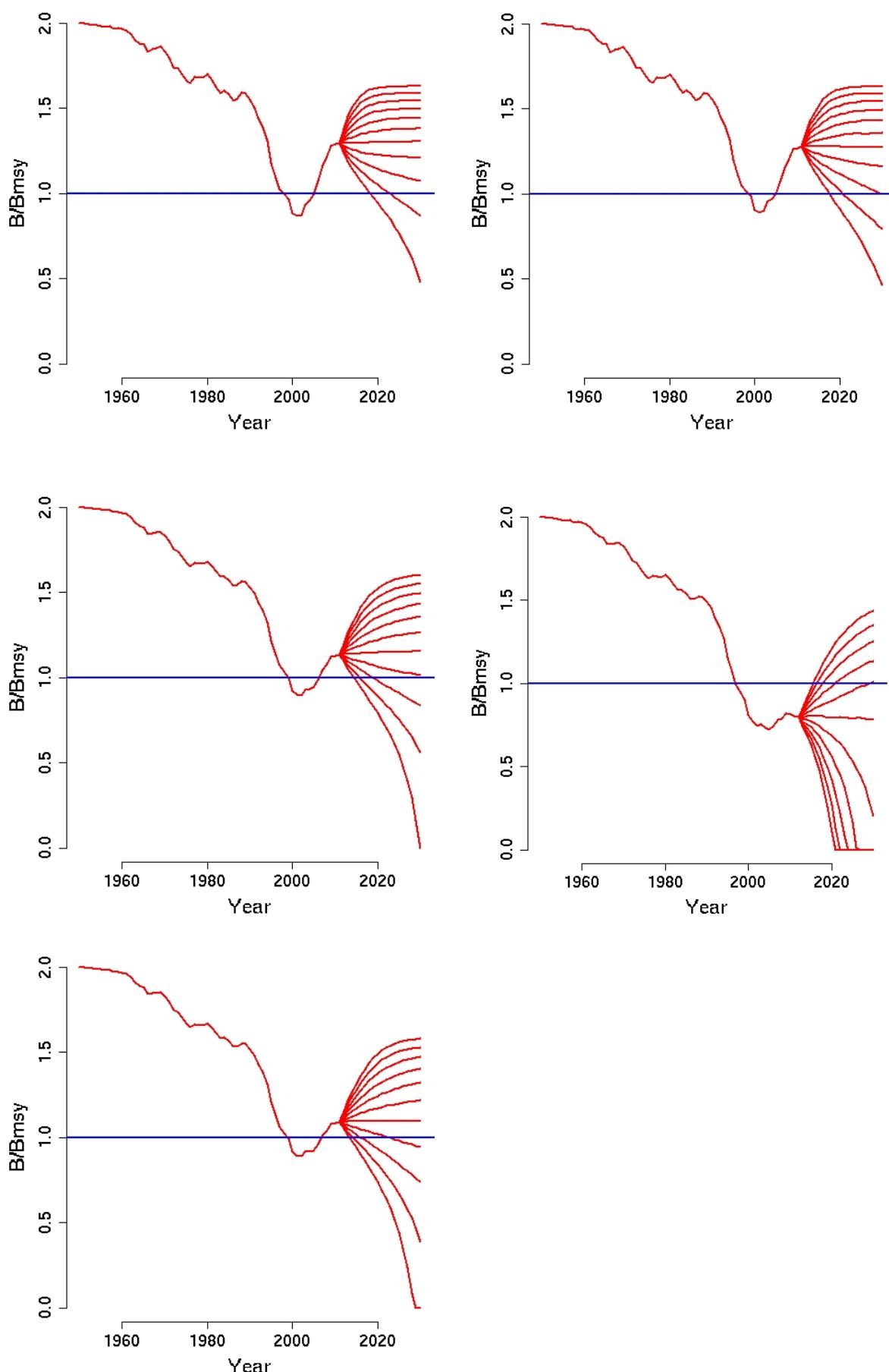


Figure 47. Medians of the biomass predictions from 2010 to 2030 using constant catches between 60,000 and 110,000 t. (a) dataset weighted by area with informative prior, (b) dataset weighted by area with non-informative prior, (c) dataset weighted by catch with informative prior (d) dataset excluding information from Japanese longliners prior to 1970, and (e) dataset excluding information from Chinese Taipei longliners prior to 1970.

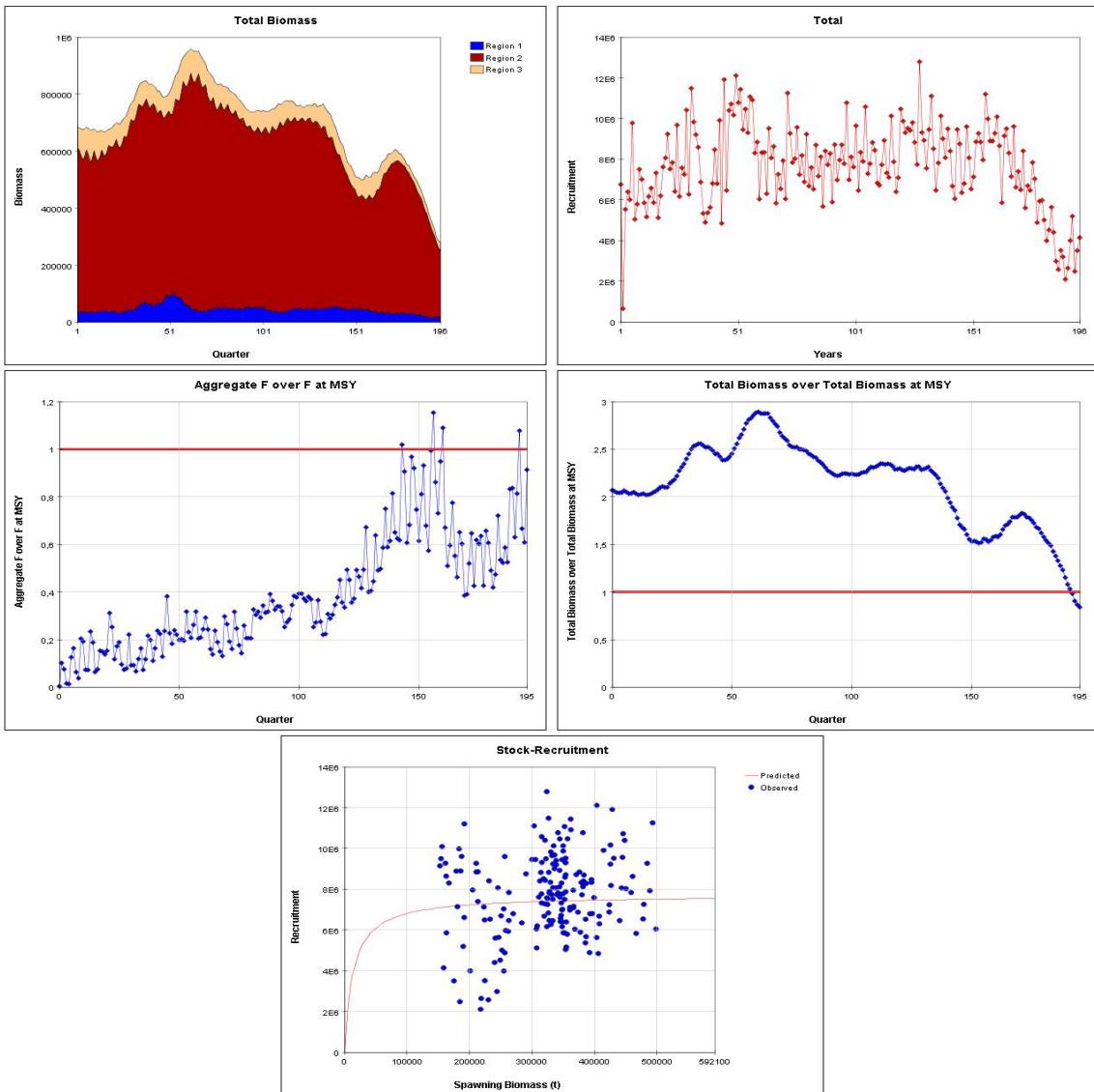


Figure 48. Multifan-CL results. Estimates of total biomass, recruitment, F/F_{MSY} B/B_{MSY} and SRR obtained with Run 3 (continuity run).

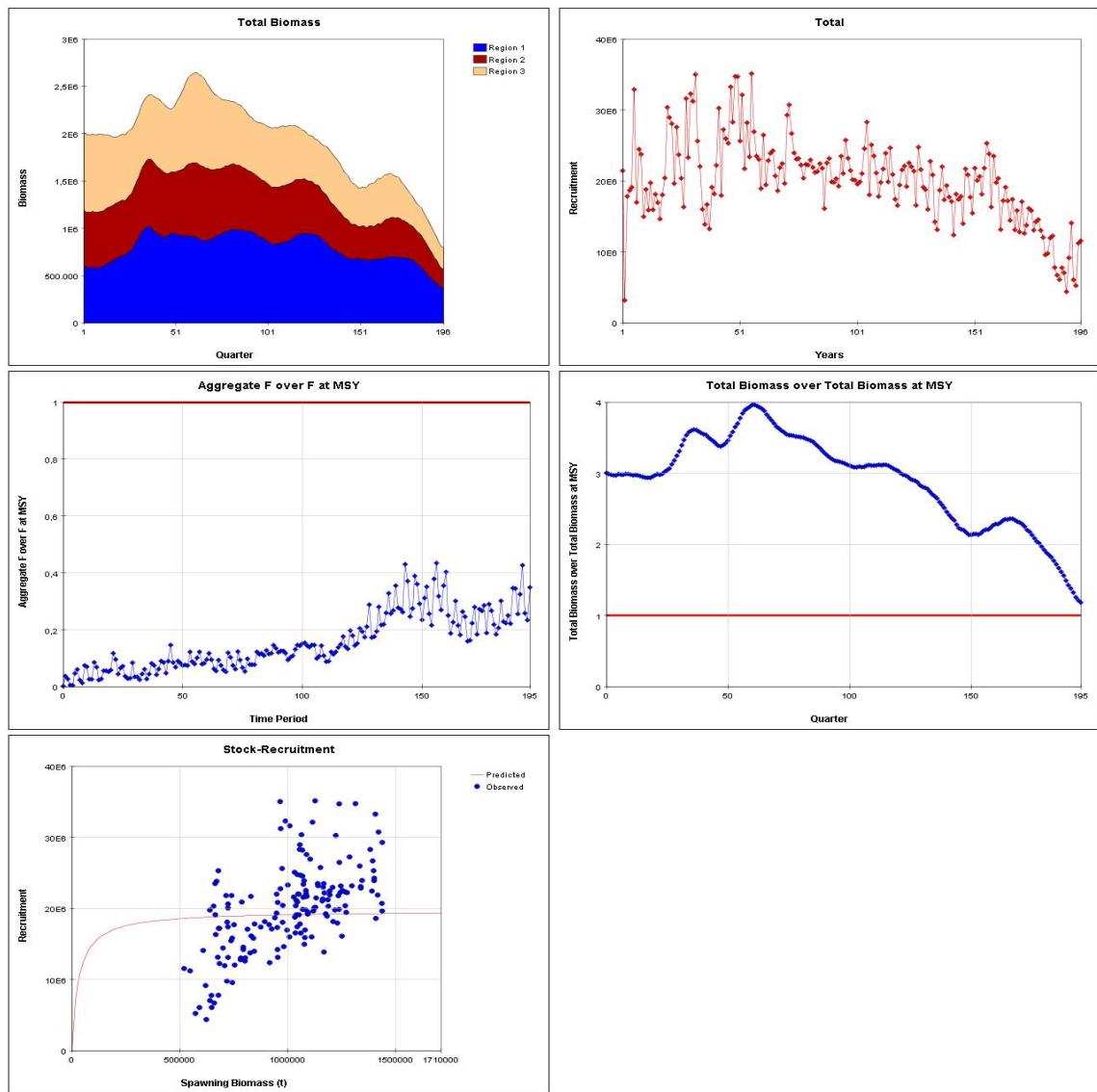


Figure 49. Multifan-CL results. Estimates of total biomass, recruitment, F/F_{MSY} B/B_{MSY} and SRR obtained with Run 2 (excluding tagging data).

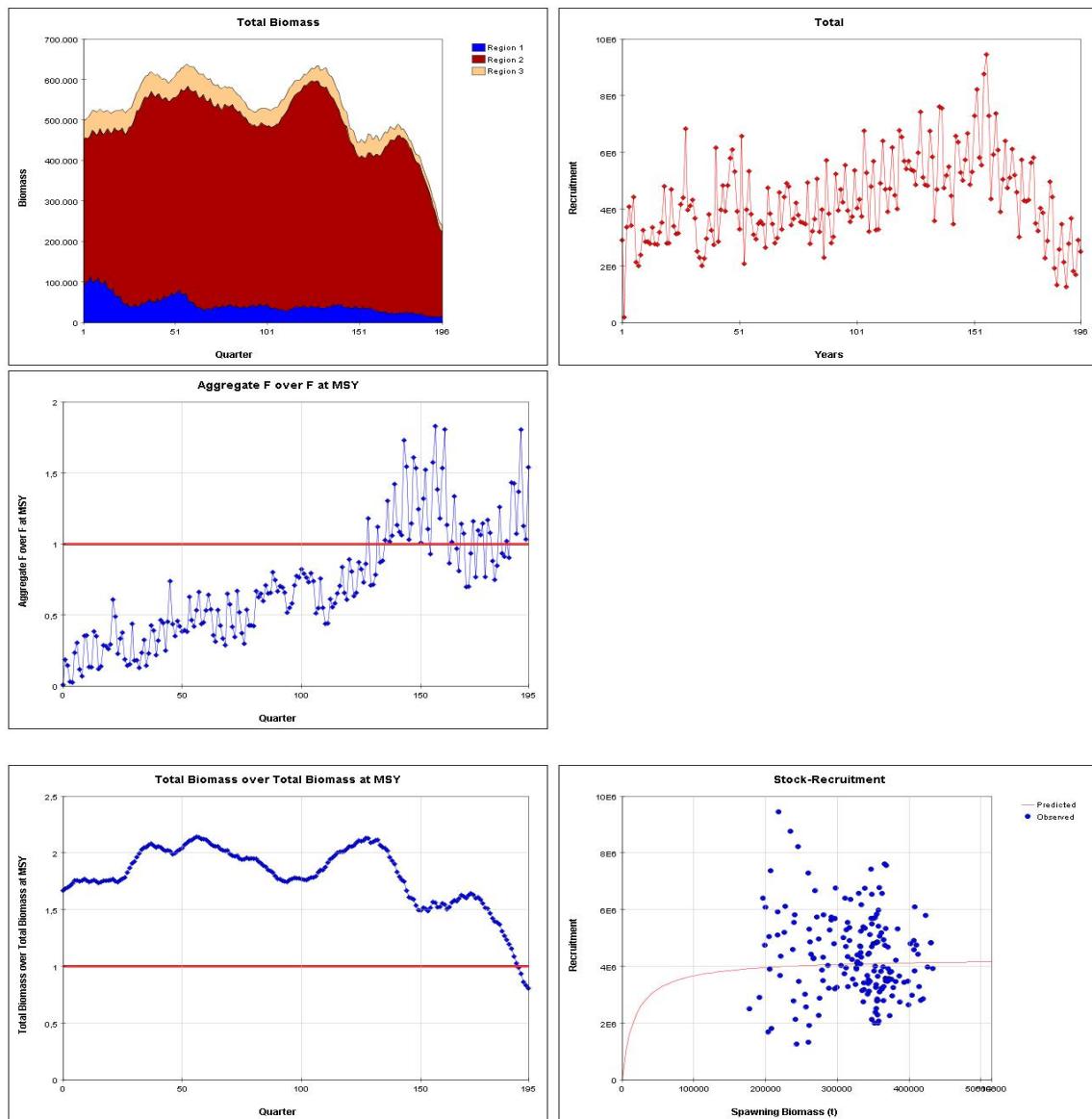


Figure 50. Multifan-CL results. Estimates of total biomass, recruitment, F/F_{MSY} B/B_{MSY} and SRR obtained with Run 8 (WCPFC vector of M-at-age).

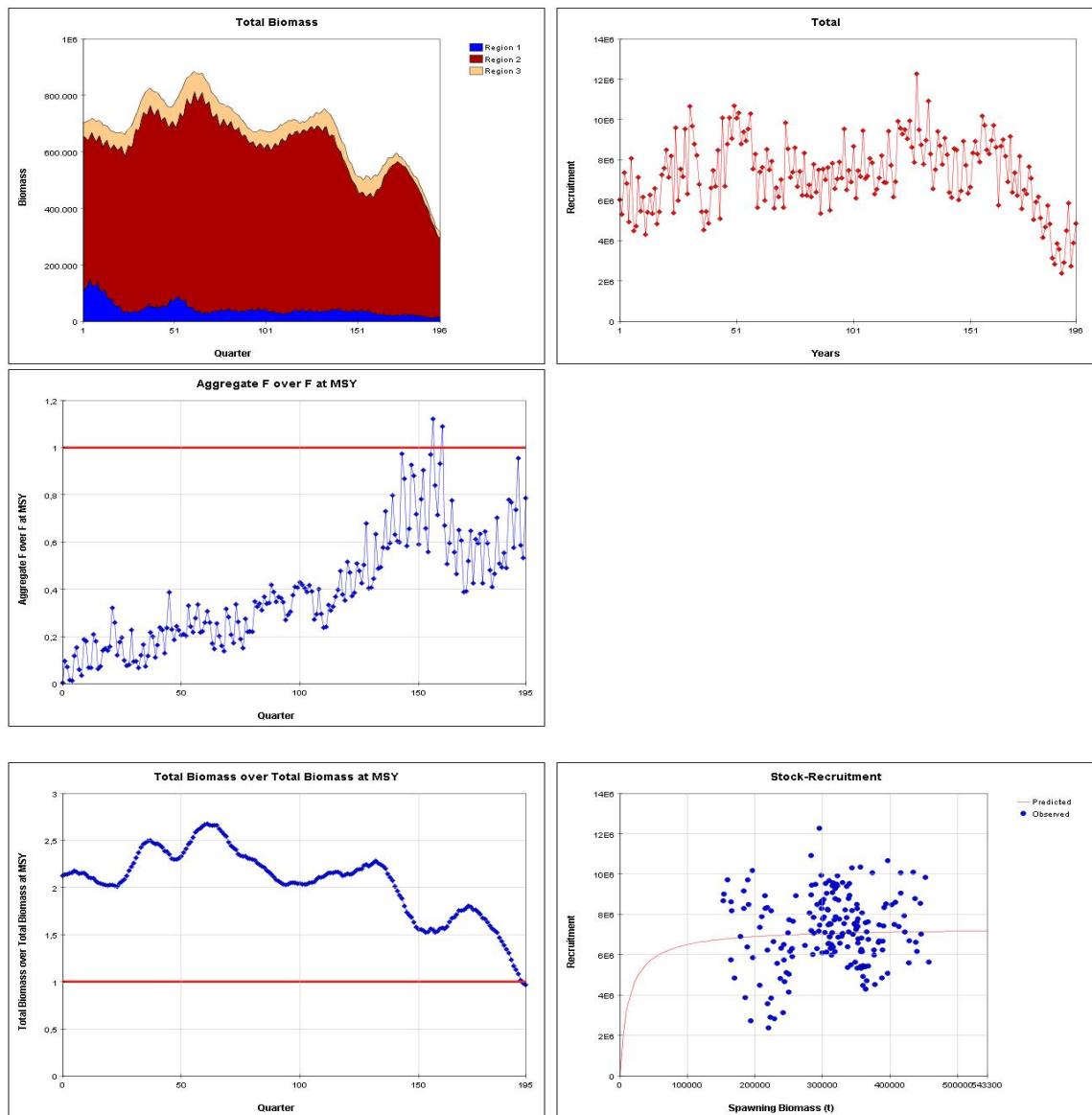


Figure 51. Multifan-CL results. Estimates of total biomass, recruitment, F/F_{MSY} and B/B_{MSY} obtained with Run 7 (Increased penalties on recruitment deviations).

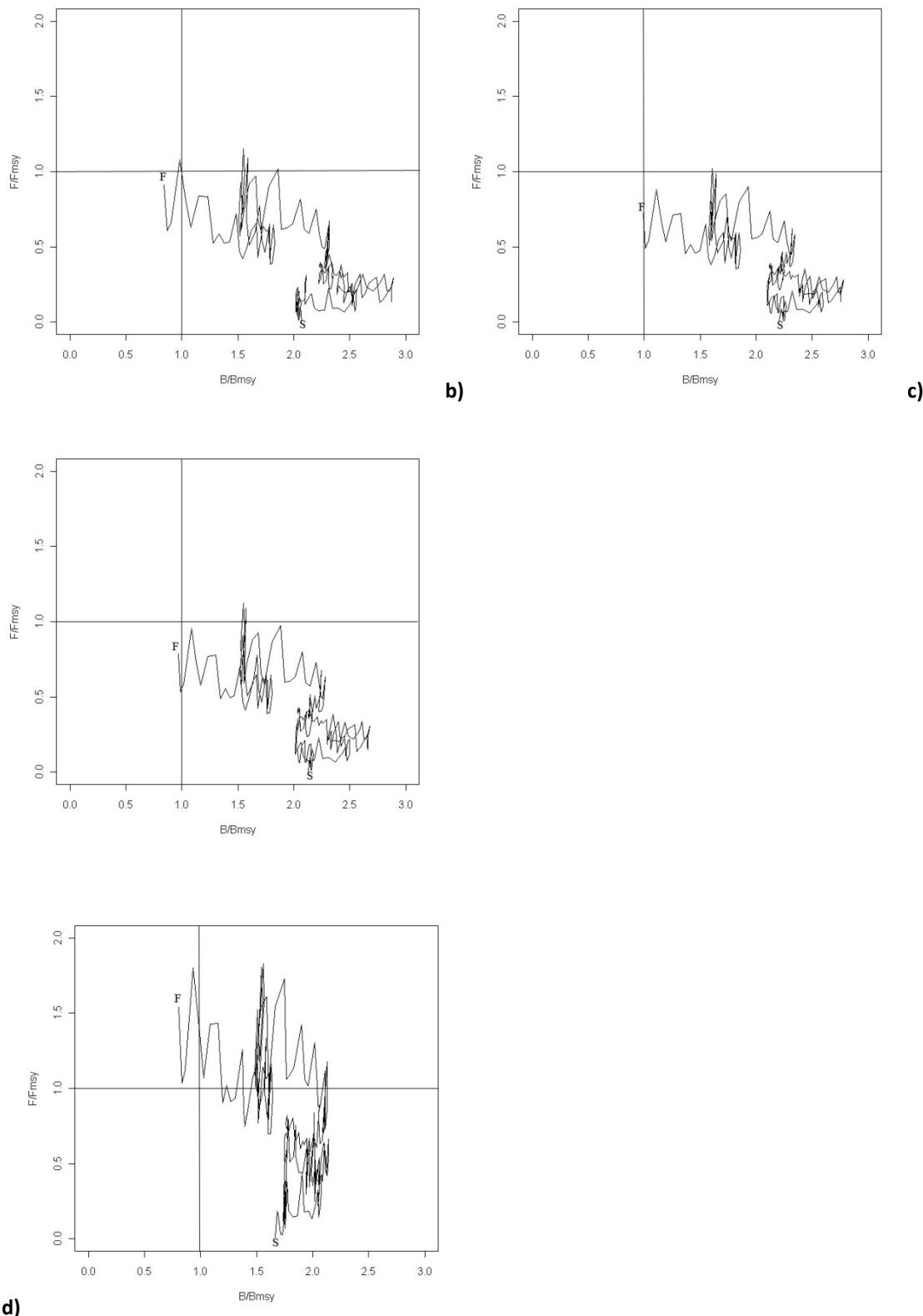


Figure 52. Estimates of the time-series of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} for the various Multifan-CL model fits (a = Run 3, b = Run 4, c = Run 7 and d = Run 8) (S is the initial value and F is the final value).

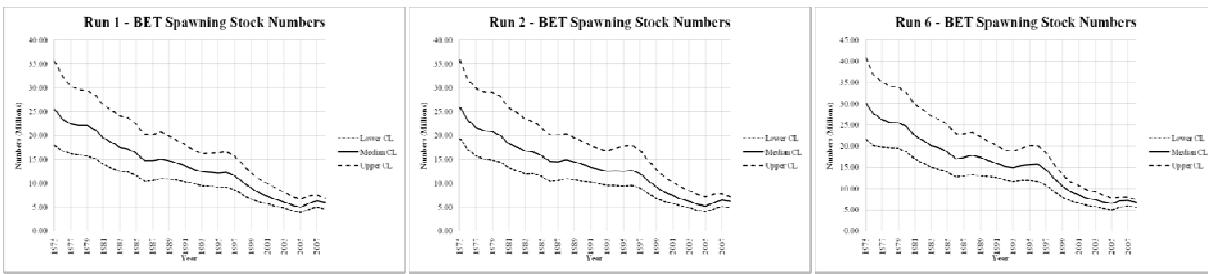


Figure 53. Spawning stock (numbers) by year from VPA-2BOX runs.

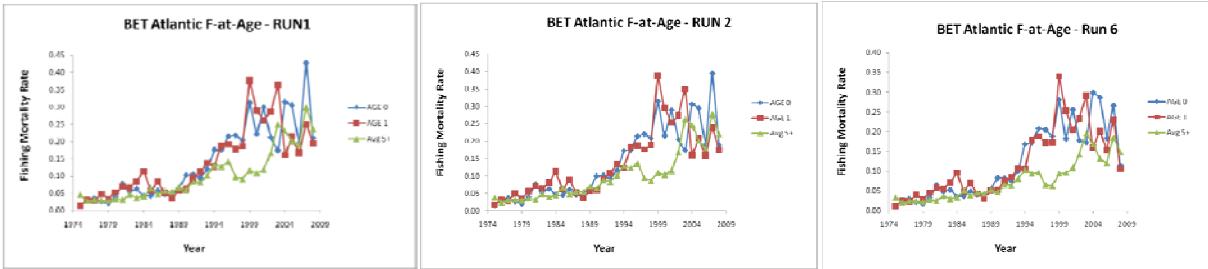


Figure 54. Fishing mortality at age by year from VPA-2BOX runs.

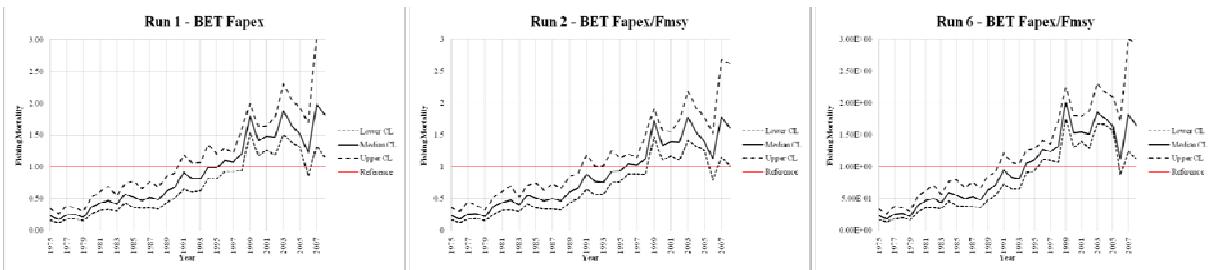


Figure 55. Apical fishing mortality by year from VPA-2BOX runs.

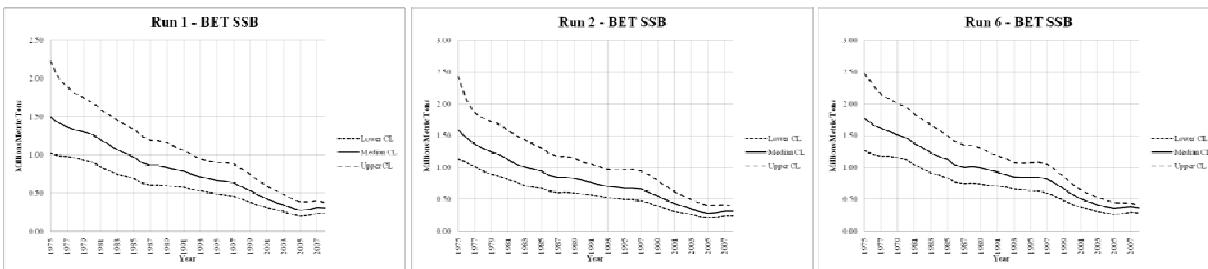


Figure 56. SSB/SSB_{MSY} by year from VPA-2BOX runs.

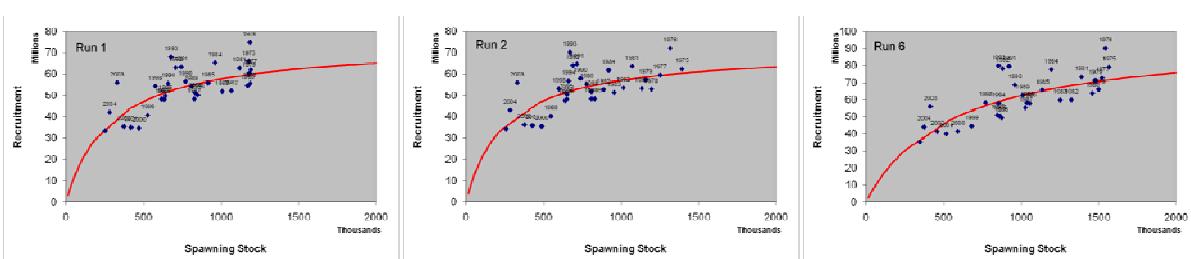


Figure 57. Estimated S/R relationships for the VPA-2BOX runs.

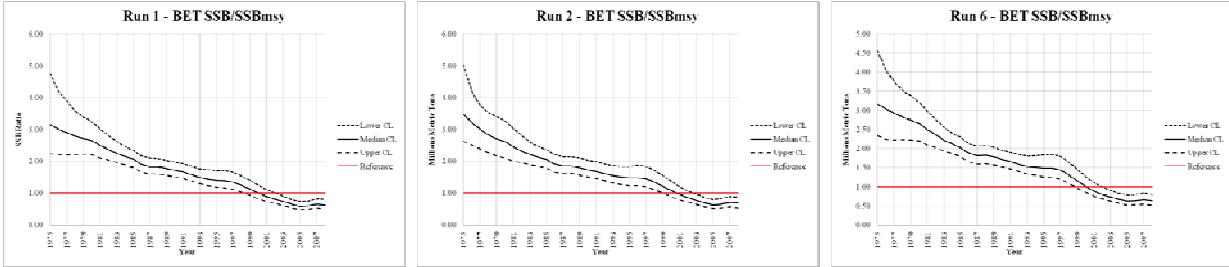


Figure 58. SSB/SSB_{MSY} by year from VPA-2BOX runs.

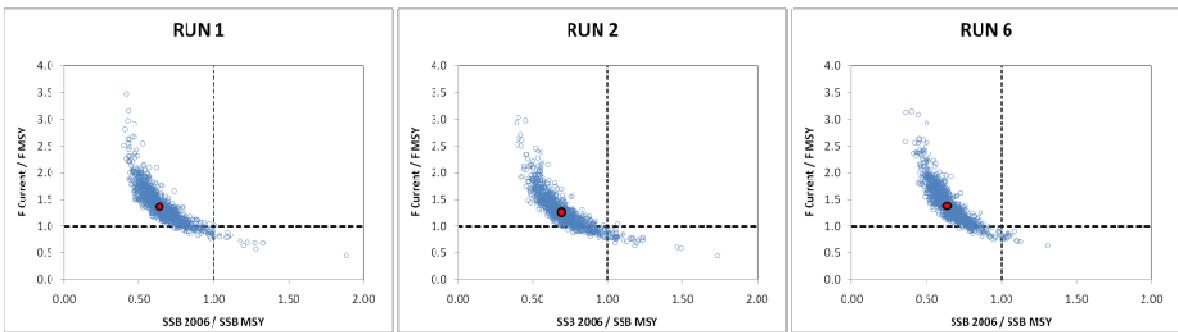


Figure 59. The phase-plots constructed for the VPA-2BOX runs. The red point is the median results. The blue clouds of points are the 1000 bootstrap runs.

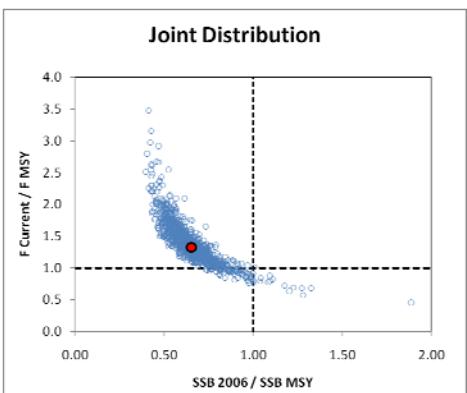


Figure 60. The joint distribution of the three VPA-2BOX runs. The red point is the median results. The blue clouds of points are the 3000 bootstrap runs.

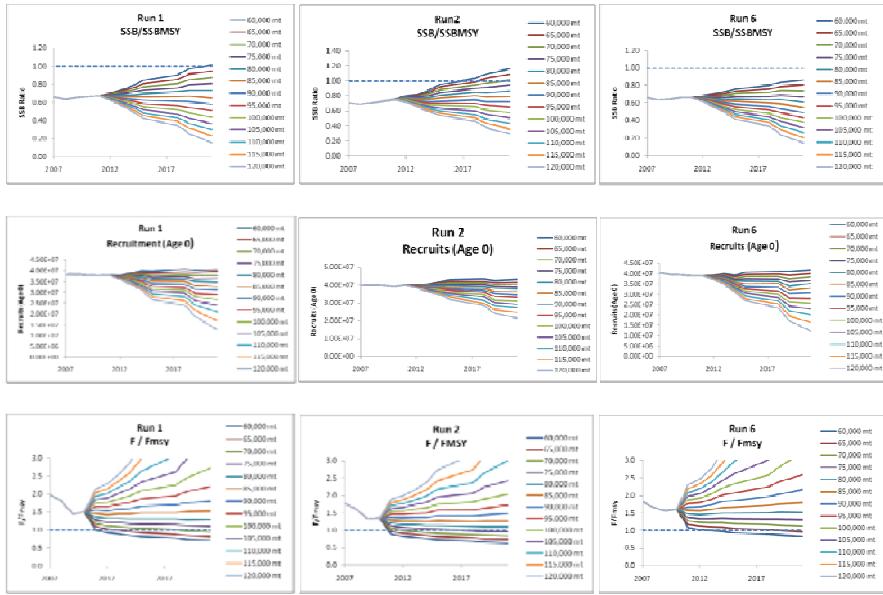


Figure 61. The projected SSB/SSB_{MSY}, recruitment (at age 0) and apical F of the VPA runs.

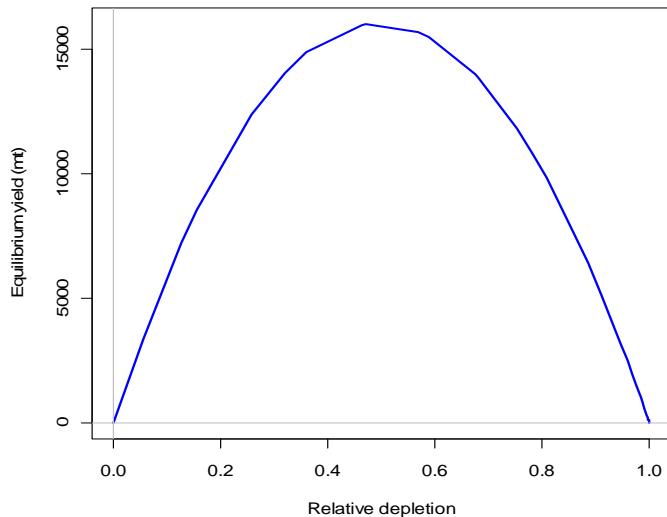


Figure 62. Estimated yield curve from the age-structured production model SS_ASPIIC_10.

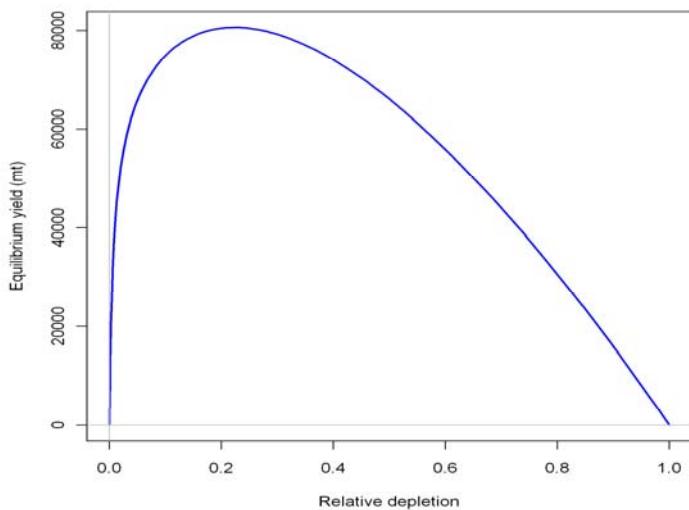


Figure 63. Estimated yield curve from the fully integrated model SS_fix.

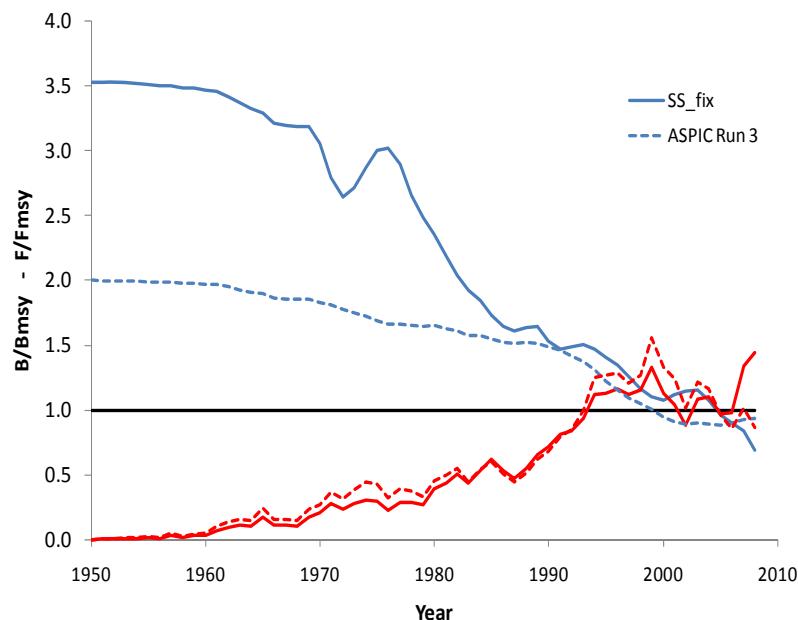


Figure 64. Management benchmarks B/B_{MSY} and F/F_{MSY} for fully integrated model SS_fix and for ASPIC Run 3.

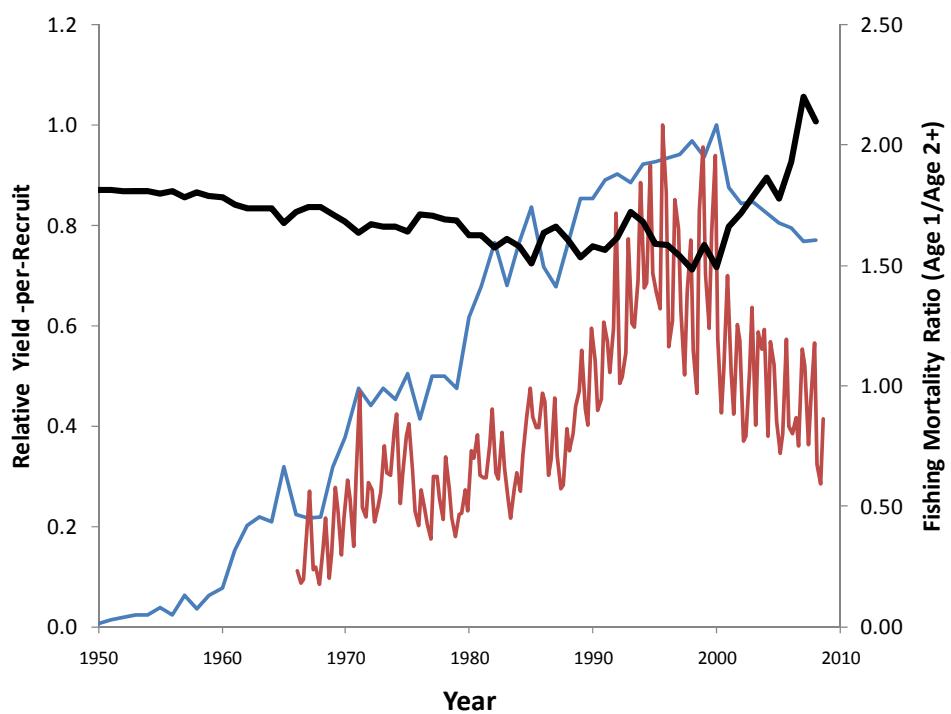


Figure 65. Yield-per-recruit from the fully integrated model SS_fix and from MFCL Run 8 and ratio of fishing mortality (F) of age 1 to ages 2+, 1950-2008.

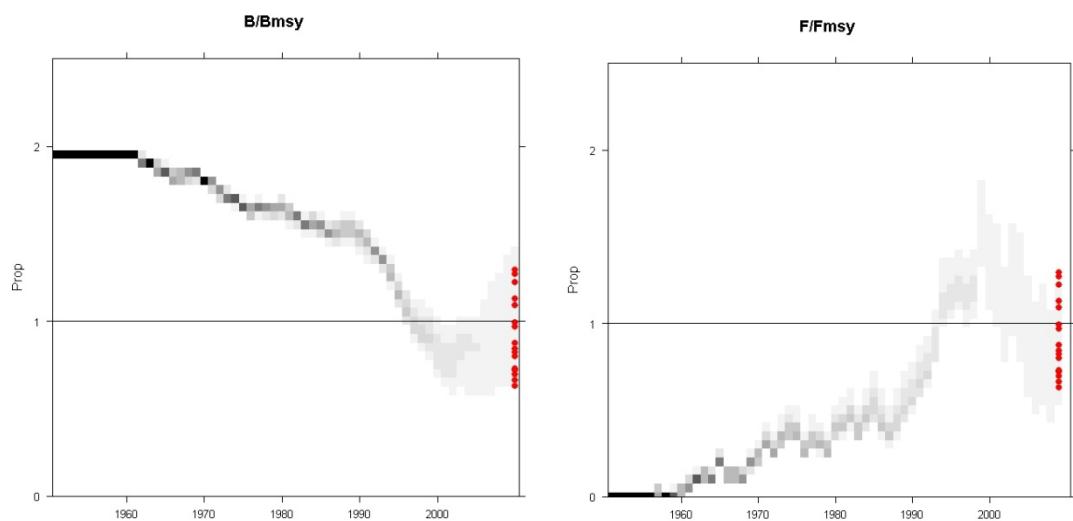


Figure 66. Estimates of relative B (left) and relative F (right). In this figure, the varying levels of shading represent the degree of certainty in the outcomes. Also indicated are outcomes for 2009 from other evaluations using different modeling approaches (points).

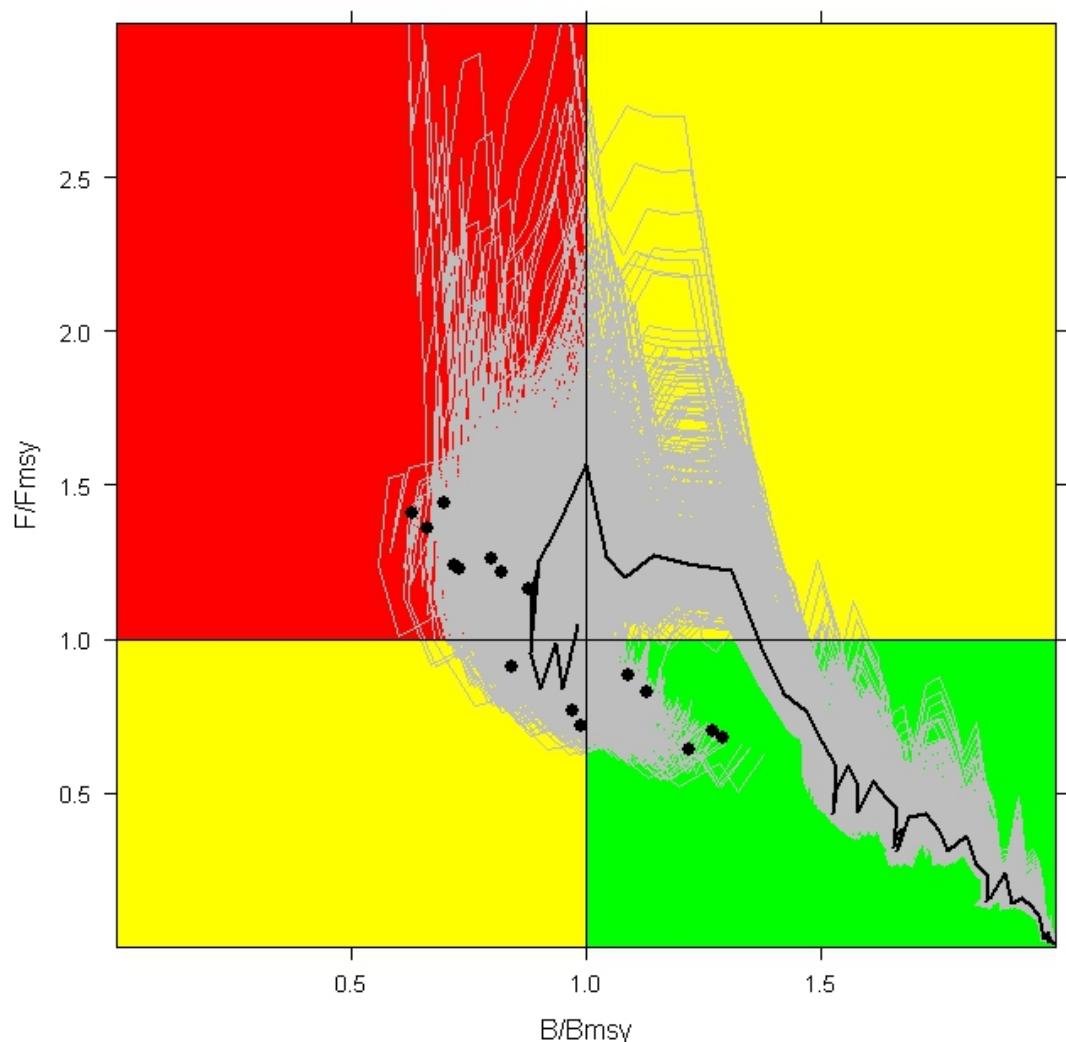


Figure 67. Estimated stock trajectory over the period modelled (1950-2010) showing the median trajectory (solid line) and range of uncertainty (shaded region). Also shown are outcomes for 2009 from other evaluations using different modelling approaches (points).

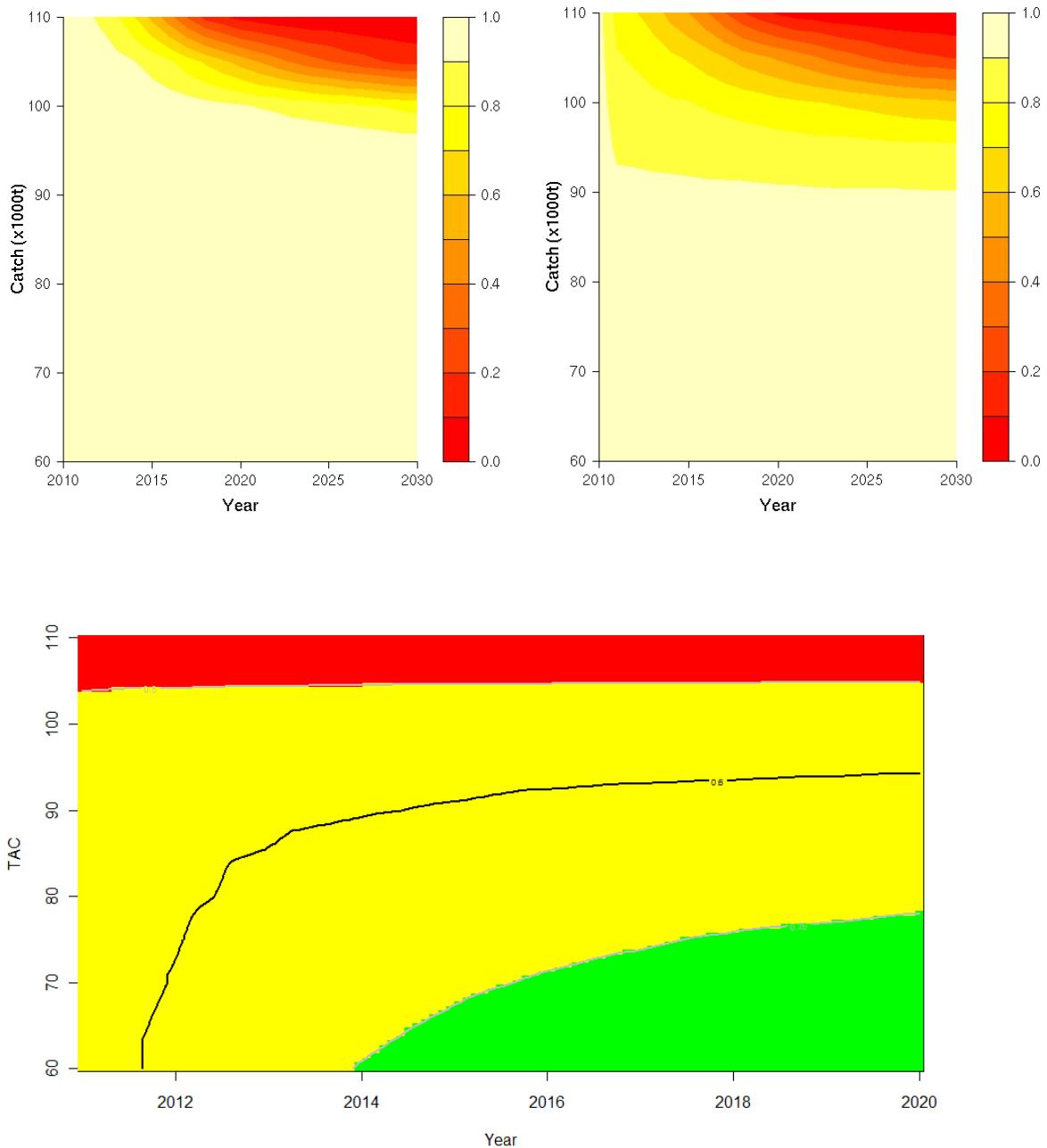


Figure 68. Kobe matrix plot showing probabilities of the stock being above B_{MSY} and fishing at levels below F_{MSY} in a given year for TAC level for the plausible assessment results considered for characterizing the status and future prospects of the stock. The colors represent modeled probabilities: red, <50%, yellow, 50-75% and green, >75%. The 60% probability isopleth is also shown.

Appendix 1

AGENDA

1. Opening, adoption of the Agenda and meeting arrangements
2. Summary of available data for assessment
 - 2.1 Biology
 - 2.2 Catch estimates
 - 2.3 Relative abundance estimates
 - 2.4 Fishery indicators
 - 2.5 Catch-at-size (CAS) and catch-at-age (CAA)
3. Methods and other data relevant to the assessment
 - 3.1 Production models
 - 3.2 Multifan-CL
 - 3.3 VPA
 - 3.4 Other methods
4. Stock status results
 - 4.1 Production models
 - 4.2 Multifan-CL
 - 4.3 VPA
 - 4.4 Other methods
 - 4.5 Synthesis of assessment results
5. Projections
6. Recommendations
 - 6.1 Research and statistics
 - 6.2 Management
7. Other matters
8. Adoption of the report and closure

Appendix 2

LIST OF PARTICIPANTS

SCRS CHAIRMAN

Scott, Gerald P.

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

Tel: +1 305 361 4261, Fax: +1 305 361 4219, E-Mail: gerry.scott@noaa.gov

CONTRACTING PARTIES

BRAZIL

Agrelli Andrade, Humber

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC Depto. Informática e Estatística,INE/CTC Caixa Postal 476, Florianópolis Santa Catarina

Tel: + 55 48 3721 9942, Fax: + 55 48 3721 9566, E-Mail: humber@inf.ufsc.br; humber.andrade@gmail.com

CAP VERT

Marques da Silva Monteiro, Vanda

Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas,Cova de Ingresa, C.P. 132, Mindelo Sao Vicente

Tel: +238 232 13 73, Fax: +238 232 16 16, E-Mail: vamarmont@hotmail.com; vanda.monteiro@indp.gov.cv

EUROPEAN UNION

De Bruyn, Paul

AZTI - Tecnalia,Herrera Kaia Portaldea z/g, 20110 Pasaia Gipuzkoa, Spain

Tel: +34 94 657 40 00, Fax: +34 946 572 555, E-Mail: pdebruyn@pas.azti.es

Delgado de Molina Acevedo, Alicia

Ministerio de Ciencia e Innovación Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Canarias, Apartado 1373, 38080 Santa Cruz de Tenerife Islas Canarias, Spain
Tel: +34 922 549 400, Fax: +34 922 549 554, E-Mail: alicia.delgado@ca.ieo.es

Duarte, Rafael

Rue Joseph II, 99, 02/217, 1200 Brussels, Belgium
Tel: +322 299 0955, E-Mail: rafael.duarte@ec.europa.eu

Gaertner, Daniel

I.R.D. UR No. 109 Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale, Avenue Jean Monnet - B.P. 171, 34203 Sète Cedex, France
Tel: +33 4 99 57 32 31, Fax: +33 4 99 57 32 95, E-Mail: gaertner@ird.fr

Murua, Hilario

AZTI - Tecnalia /Itsas Ikerketa Saila,Herrera Kaia Portualde z/g, 20110 Pasaia Gipuzkoa, Spain
Tel: +34 94 657 40 00, Fax: +34 943 004801, E-Mail: hmuropa@azti.es

Pereira, Joao Gil

Universidade dos Açores, Departamento de Oceanografia e Pescas, 9900 Horta, Portugal
Tel: +351 292 207 806, Fax: +351 292 207811, E-Mail: pereira@uac.pt

Santiago Burrutxaga, Josu

Head of Tuna Research Area, AZTI-Tecnalia, Txatxarramendi z/g, 48395 Sukarrieta (Bizkaia, Spain
Tel: +34 94 6574000 (Ext.497), Fax: +34 94 6572555, E-Mail: jsantiago@azti.es

FRANCE (ST. PIERRE ET MIQUELON)**Chassot, Emmanuel**

IRD, Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale, Avenue Jean Monnet, B.P. 171, 34203 Sète Cedex, France
Tel: +33 499 573 224, Fax: +33 4 99 573 295, E-Mail: emmanuel.chassot@ird.fr

GHANA**Bannerman, Paul**

Ministry of Fisheries, Marine Fisheries Research Division, P.O. Box BT 62, Tema
Tel: +233 244 794859, Fax: +233 302 208048, E-Mail: paulbann@hotmail.com

JAPAN**Satoh, Keisuke**

Tropical Tuna Section, Tuna and Skipjack Resources Division, National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency of Japan, 7-1, 5 Chome Orido, Shizuoka-Shi Shimizu-Ku
Tel: +81 543 36 6044, Fax: +81 543 35 9642, E-Mail: kstu21@fra.affrc.go.jp

MAROC**Abid, Noureddine**

Center Regional de L'INRH à Tanger/M'dig, B.P. 5268, 90000 Drabed Tanger
Tel: +212 53932 5134, Fax: +212 53932 5139, E-Mail: abid.n@menara.ma;noureddine_abid@yahoo.fr

MAURITANIA**Taleb Sidi, Mahfoud Ould**

Directeur adjoint de l'Institut Mauritanien de Recherches Oceanographiques et des Pêches, Institut Mauritanien de Recherches Oceanographiques et des Pêches (IMROP), Nouadhibou
Tel: +222 646 3839;2421006, Fax: +222 5745 081, E-Mail: mahfoudht@yahoo.fr; mahfoudht@imrop.mr

SENEGAL**Ngom Sow, Fambaye**

Charge de Recherches, Centre de Recherches Océnographiques de Dakar Thiaroye, CRODT/ISRA, LNERV, Route du Front de Terre, B.P. 2241, Dakar
Tel: +221 33 832 8265, Fax: +221 33 832 8262, E-Mail: famngom@yahoo.com

UNITED STATES**Brown, Craig A.**

NOAA Fisheries Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami Florida 33149
Tel: +1 305 361 4590, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: craig.brown@noaa.gov

Cass-Calay, Shannon
NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami Florida 33149
Tel: +1 305 361 4231, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: shannon.calay@noaa.gov

Die, David
Cooperative Unit for Fisheries Education and Research University of Miami, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami Florida 33149
Tel: +1 305 421 4607, Fax: +1 305 421 4221, E-Mail: ddie@rsmas.miami.edu

Martin, Elizabeth
4600 Rickenbacker Causeway, Cimas 20 S, Miami Florida 33149
Tel: +305 421 7927, E-Mail: emartin@rsmas.miami.edu

Schirripa, Michael
NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Science Center, 75 Virginia Beach Drive, Miami Florida 33149
Tel: +1 305 361 4568, Fax: +1 305 361 4562, E-Mail: michael.schirripa@noaa.gov

URUGUAY
Pons Barrios, Maite
Dirección Nacional de Recursos Acuáticos-DINARA, Sección y Recursos Pelágicos de Altura, Constituyente, 1497, 11200 Montevideo
Tel: +5982 400 4689, Fax: +5982 401 32 16, E-Mail: pons.maite@gmail.com

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

CHINESE TAIPEI

Yeh, Yu-Min
Assistant Professor, Nan Hua University, No. 55, Sec-1, Nahnuia Rd. Zhong Keng, Dalin Township, 62248 Chiayi Country
Tel: +886 5 272 1001, Fax: +886 5 242 7170, E-Mail: ymyeh@mail.nhu.edu.tw

OBSERVERS FROM NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS

INTERNATIONAL SEAFOOD SUSTAINABILITY FOUNDATION - ISSF

Restrepo, Victor
ISSF Scientific Advisory Committee Chairman, P.O. Box 11110 McLean, Virginia 22102, United States
Tel: +34 689 563756, E-Mail: vrestrepo@iss-foundation.org

ICCAT SECRETARIAT
C/ Corazón de María, 8 - 6 Planta, 28002 Madrid, Spain
Tel: + 34 91 416 5600, Fax: +34 91 415 2612, E-Mail: info@iccat.int

Kell, Laurie
Ortiz, Mauricio
Palma, Carlos
Pallarés, Pilar

Appendix 3

LIST OF DOCUMENTS

- | | |
|---------------|--|
| SCRS/2010/090 | Analysis of the catch rate of juvenile bigeye depending on the depth of the purse seine net used by the tropical fleet. Delgado de Molina, A., Ariz, J., Santana, J.C. and Sotillo B. |
| SCRS/2010/091 | A preliminary assessment of the bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>) population in the Atlantic Ocean using the integrated stock assessment model, Multifan-CL. de Bruyn, P., Kell L. and Palma, C. |
| SCRS/2010/092 | Possible stock assessment models for bigeye tuna in the Atlantic Ocean up to 2008 using Stock Synthesis III (SS3). Schirripa, M. |
| SCRS/2010/093 | Données des faux poissons de Dakar. Ngom, F. |

Appendix 4

DIAGNOSTIC PLOTS STANDARDIZATION OF TASK II CATCH AND EFFORT DATA TO GENERATE INDICES OF ABUNDANCE FOR MULTIFAN-CL FISHERIES ID 3, 4, 5, 6 AND 8

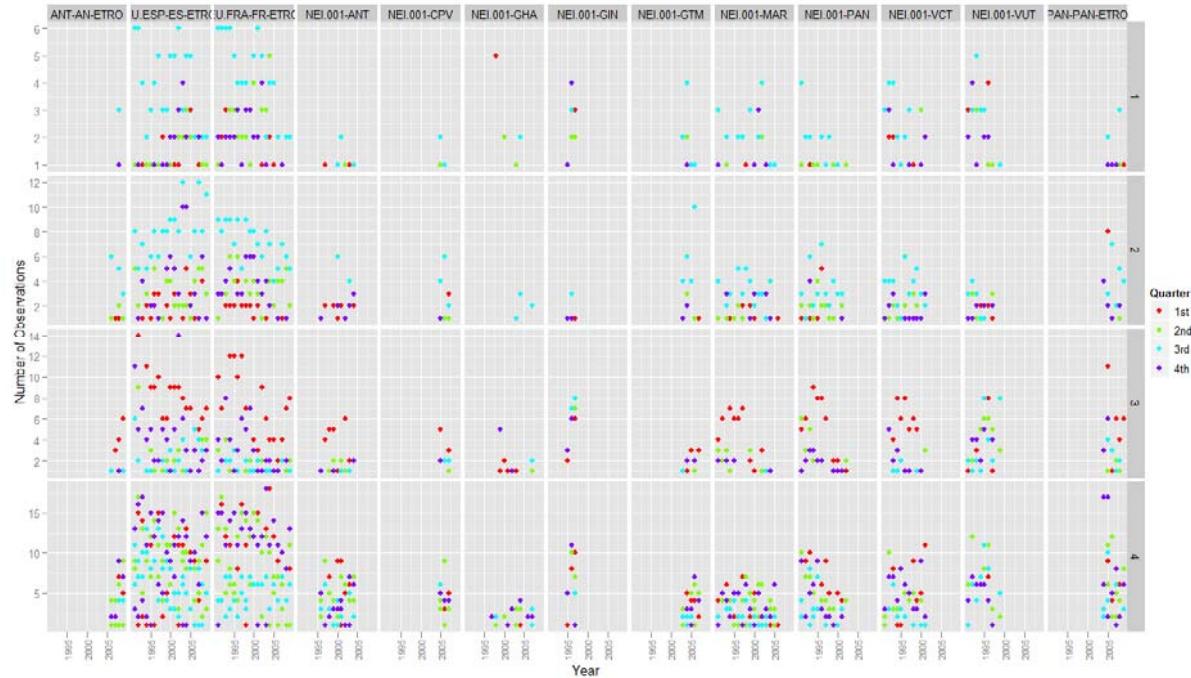


Figure 1a. Summary of number of observations by fleet and quarter for fishery 3 (purse seine on free schools 1991-2008).

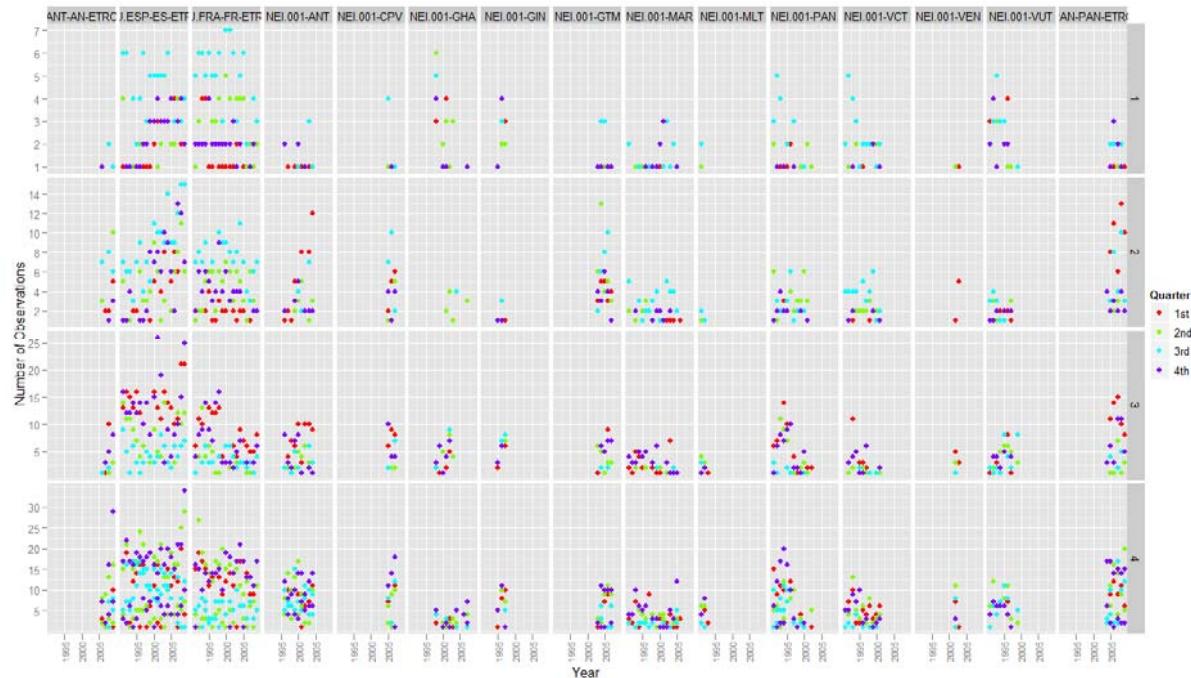


Figure 1b. Summary of number of observations by fleet and quarter for fishery 4. (purse seine on FADs 1991-2008).

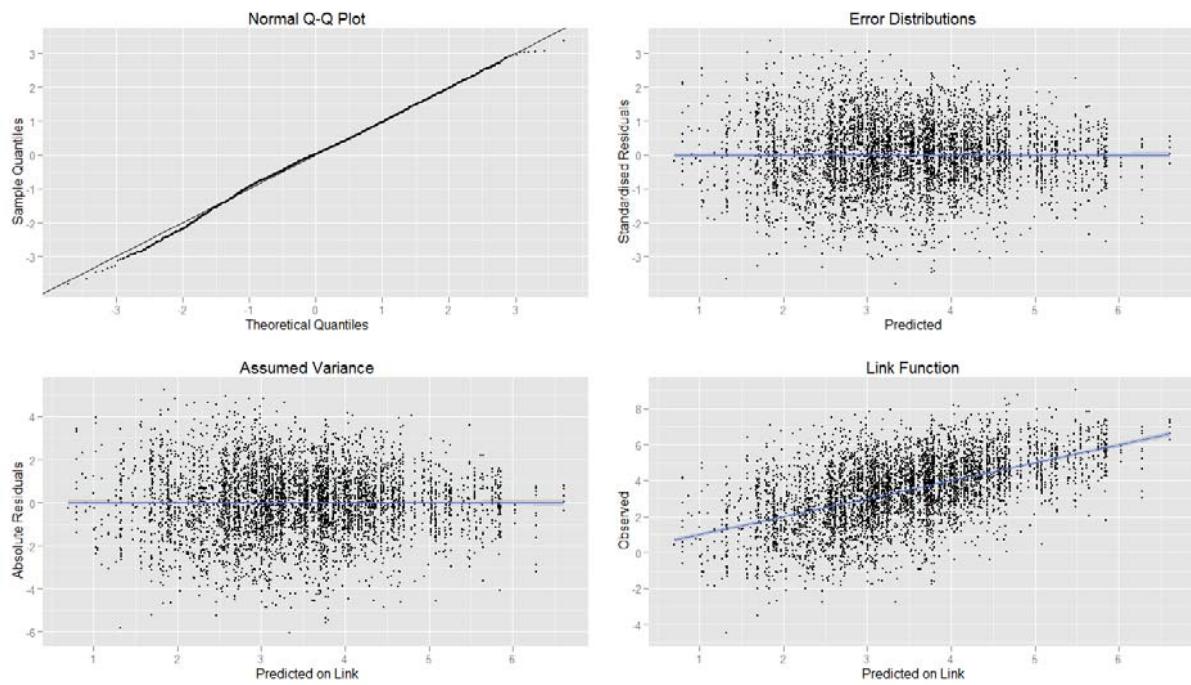


Figure 2a. Diagnostic plots for fishery 3 (purse seine on free schools 1991-2008).

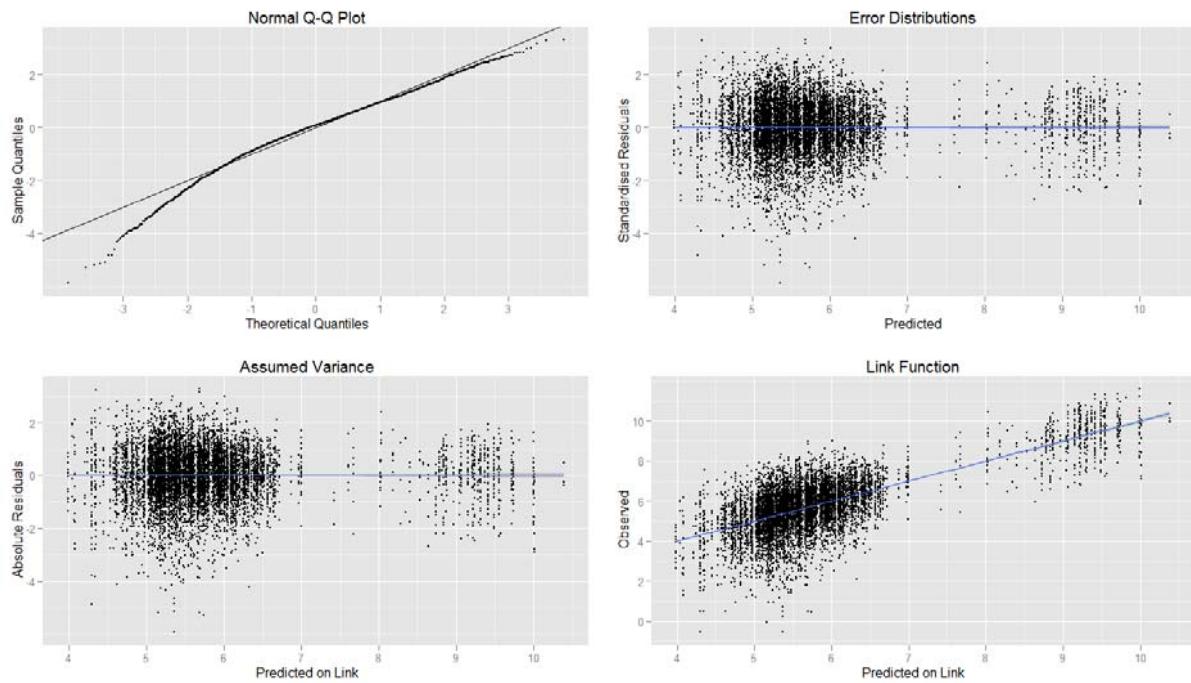


Figure 2b. Diagnostic plots for fishery 4 (purse seine on FADs 1991-2008).

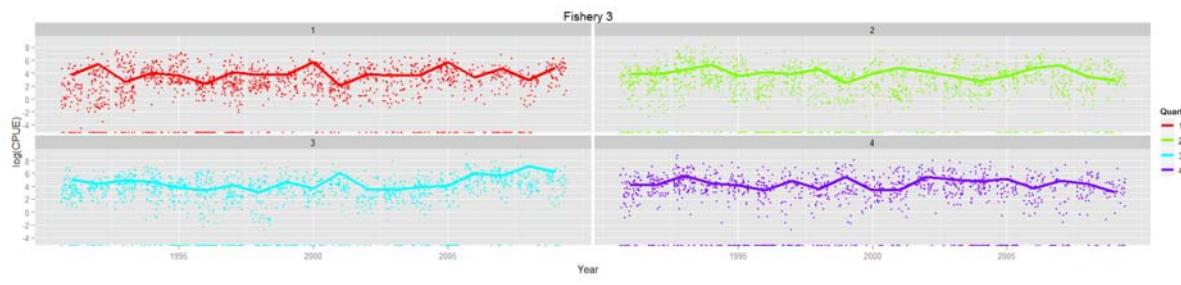


Figure 3a. Plots of nominal (points) and standardised log CPUE (lines) for fishery 3 (purse seine on free schools 1991-2008).

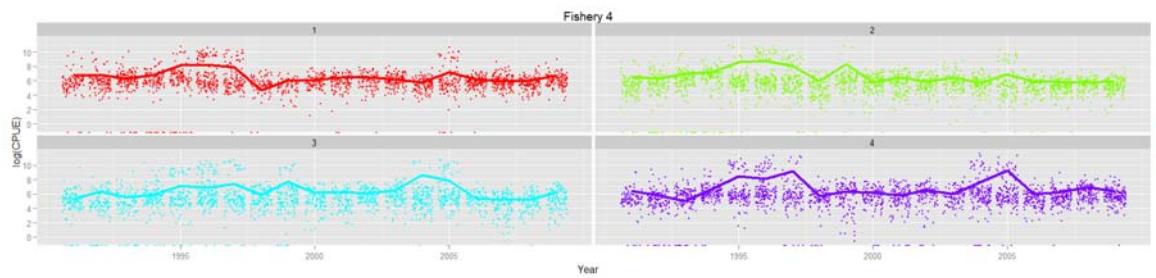


Figure 3b. Plots of nominal (points) and standardised log CPUE (lines) for fishery 4 (purse seine on FADs 1991-2008).

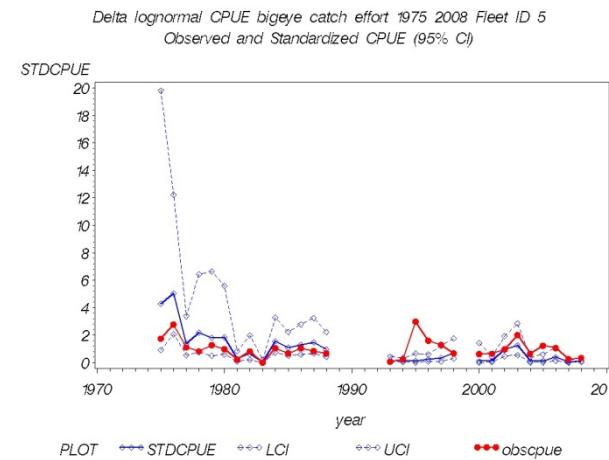
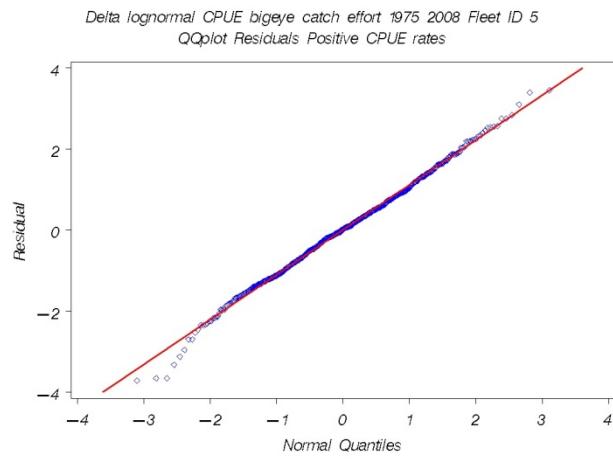
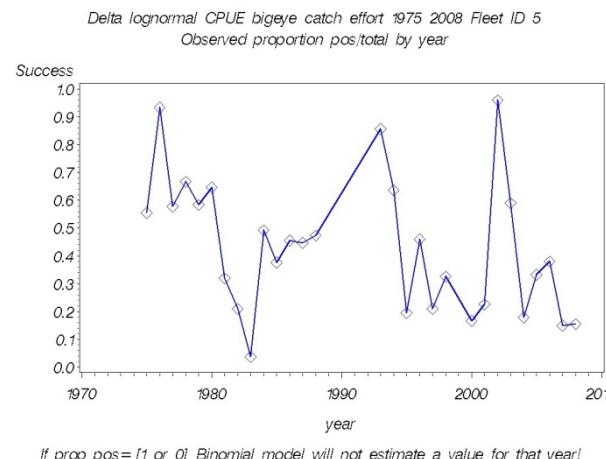
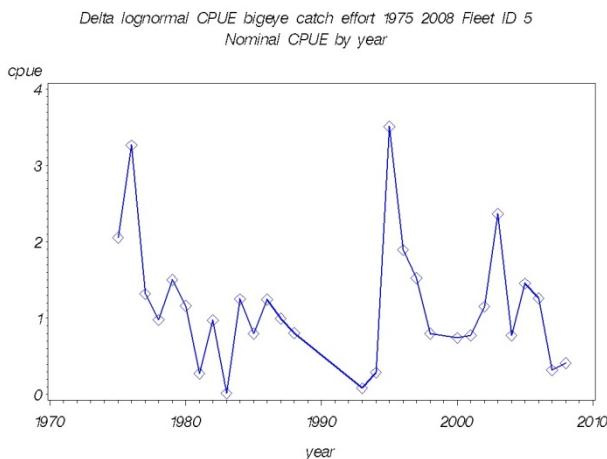


Figure 4a. Fishery 5 (Ghana baitboat and purse seine). Nominal CPUE of positives (upper left), proportion positives (upper right), residual Qqplot (lower left) and standaradized CPUE with 95% confidence limits (lower right)

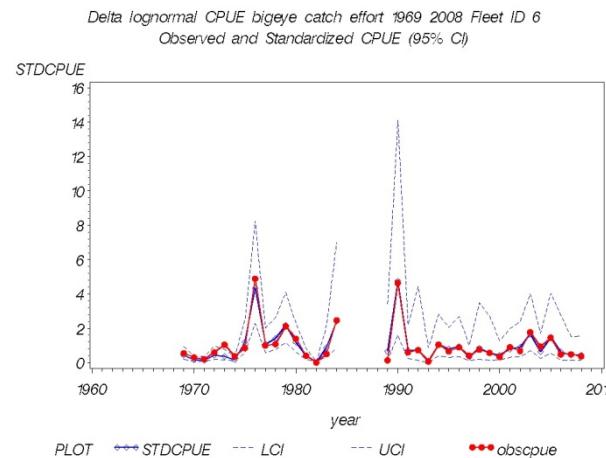
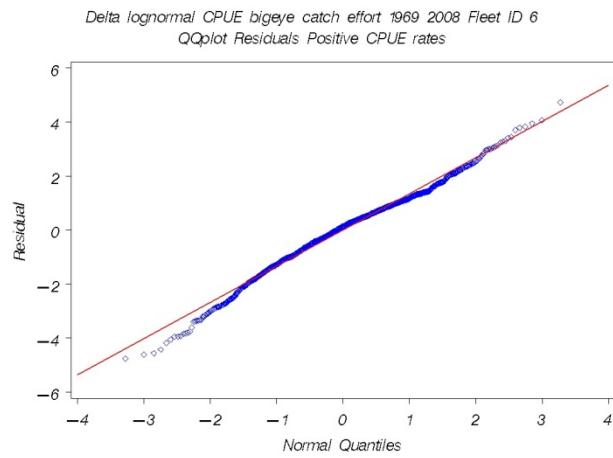
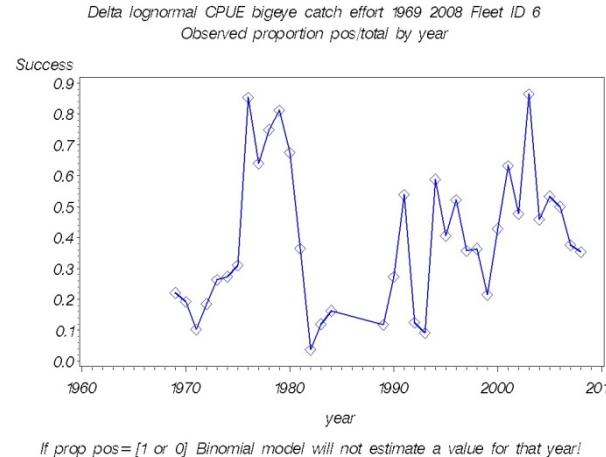
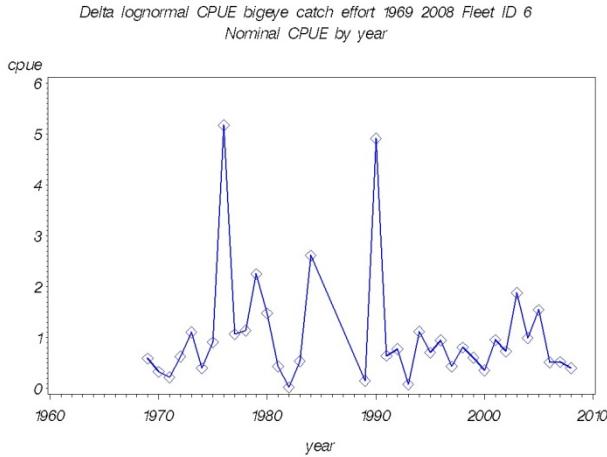


Figure 4b. Fishery 6 (tropical baitboats – South). Nominal CPUE of positives (upper left), proportion positives (upper right), residual Qqplot (lower left) and standardised CPUE with 95% confidence limits (lower right).

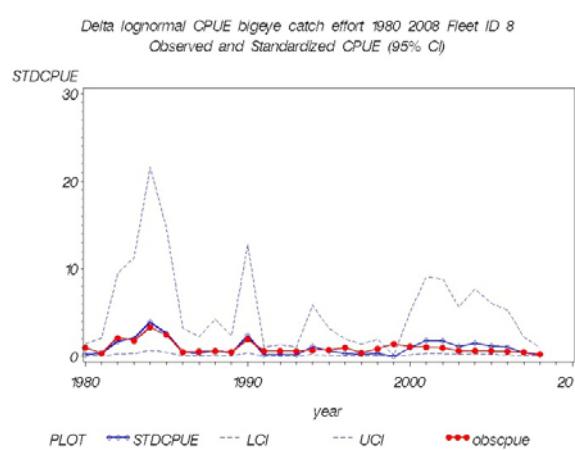
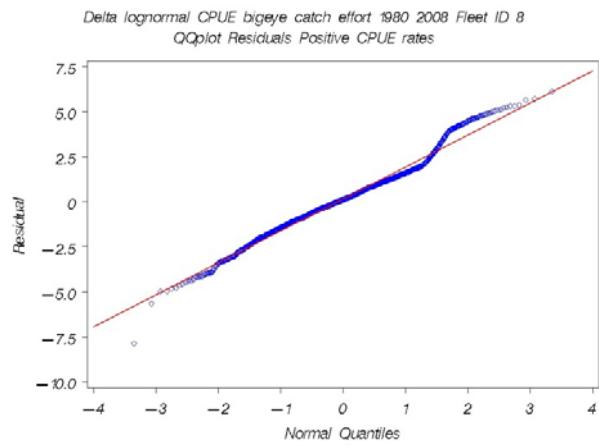
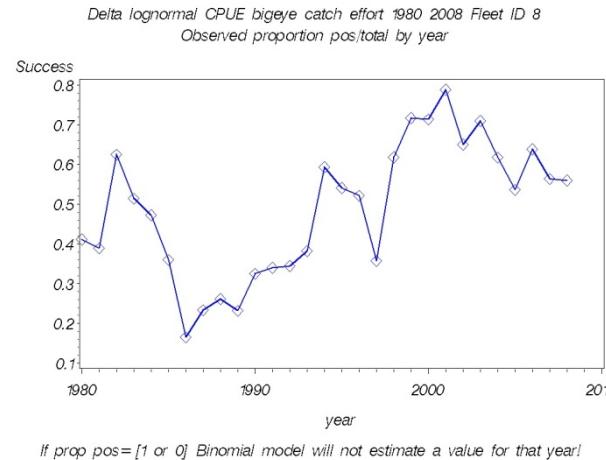
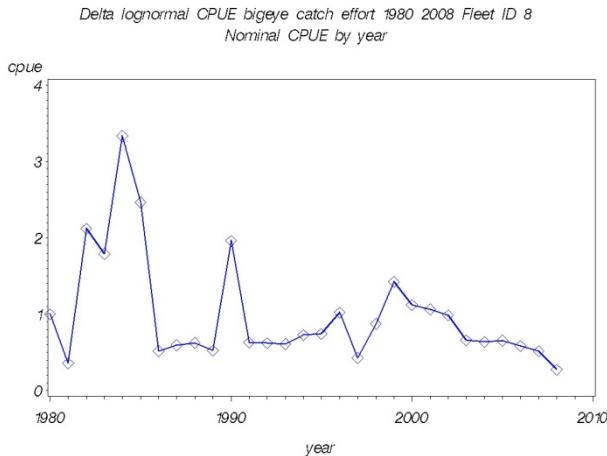


Figure 4c. Fishery 8 (tropical baitboats – North, 1980-2008). Nominal CPUE of positives (upper left), proportion positives (upper right), residual Qqplot (lower left) and standardised CPUE with 95% confidence limits (lower right).

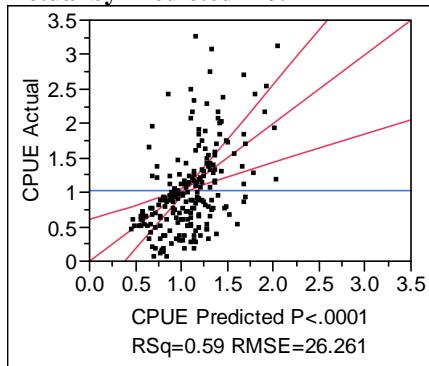
**Diagnostic Results for the Combined Relative Abundance Index (Biomass)
for Input to Production Models**

Response CPUE wghted by catch

Weight: Catch

Whole Model

Actual by Predicted Plot



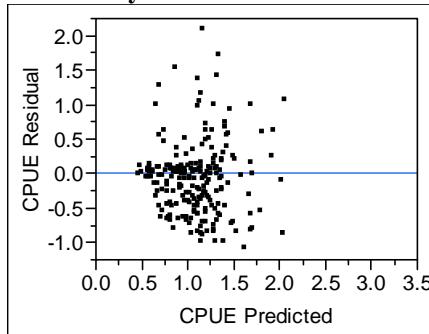
Summary of fit

RSquare	0.587468
RSquare Adj	0.44566
Root Mean Square Error	26.26089
Mean of Response	1.033331
Observations (or Sum Wgts)	1512993

Analysis of variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	55	157132.28	2856.95	4.1427
Error	160	110341.46	689.63	Prob > F
C. Total	215	267473.74		<.0001

Residual by Predicted Plot



Appendix 5

Catch-at-Size Estimation

Table 1. Summary of table for size substitutions and changes in CAS input estimates 2010.

Task I catch without Size/CAS information			Substitution of Size Data from				
Year	Fleet Flag	t1Gear	Size data	fleet	Gear	Mean Size	Mean wgt
1980	GAB	BB	new T1(ce)	Ghana	BBF	44.0	2.0
1981	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	53.1	4.2
1982	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	57.8	6.0
1982	VEN	BB	new T1(ce)	Venezuela	BB	76.6	10.6
1983	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	56.0	4.9
1983	PAN	BBF	new T1(ce)				
1984	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	61.0	6.0
1985	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	54.6	4.2
1986	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	57.5	5.4
1987	EU.ESP	BB	new T1(ce)				
1987	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	55.2	4.7
1988	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	54.8	5.6
1988	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	46.7	2.3
1988	ZAF	LLHB	new T1(ce)	South Africa	LLHB	127.3	48.4
1989	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	52.9	4.0
1989	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	46.2	2.2
1990	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PSG	56.6	5.5
1990	NEI001	BB	new T1(ce)				
1990	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	46.2	2.2
1990	VEN	LL	no sz/cs	Venezuela	LL	103.4	25.7
1991	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	54.1	4.7
1991	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	45.9	2.2
1992	HND	LL	new T1(ce)	U.S.A.	LL	113.8	35.1
1992	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	54.6	4.9
1992	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	46.9	2.3
1993	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	56.9	5.8
1993	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	46.6	2.3
1994	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	55.0	5.0
1994	NAM	LL	new T1(ce)	Namibia	LL	127.3	48.4
1994	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	48.6	2.6
1994	ZAF	SPOR	new T1(ce)	South Africa	BB	109.8	29.6
1995	HND	LL	new T1(ce)	U.S.A.	LL	114.5	35.2
1995	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	54.1	4.6
1995	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BBF	48.6	2.5
1996	CPV	BB	new T1(ce)	Cape Verde	BB	87.9	18.0
1996	HND	LL	new T1(ce)	U.S.A.	LL	111.7	31.8
1996	MEX	LL	new T1(ce)	U.S.A.	LL	111.7	31.8
1996	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	54.1	4.7
1996	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	PS	48.9	2.6
1997	HND	LL	new T1(ce)	U.S.A.	LL	107.2	28.8

1997	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	51.4	4.2
1998	HND	LL	new T1(ce)	U.S.A.	LL	111.4	31.7
1998	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	50.8	3.7
1998	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	PS	52.9	3.3
1999	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	53.4	4.4
1999	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BB	48.5	2.6
1999	USA	TRAW	no sz/cs	U.S.A.	UNCL	117.5	47.2
1999	VEN	BB	no sz/cs	Venezuela	BB	69.6	9.8
2000	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	52.3	4.0
2000	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BB	52.7	3.3
2001	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	54.9	5.2
2001	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BB	49.0	2.7
2002	EU.ESP-ES-CANT_ALB	BB	new sz/cs				
2002	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	no sz/cs	EU.España	TROL	95.6	19.9
2002	JPN	LLHB	new sz/cs				
2002	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	51.7	4.0
2002	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BB	48.7	2.6
2003	BRB	HAND	no sz/cs	Barbados	LLHB	125.4	43.5
2003	EU.ESP-ES-CANT_ALB	BB	new sz/cs				
2003	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	no sz/cs	EU.España	TROL	95.6	19.9
2003	JPN	LLHB	new sz/cs				
2003	MAR	UNCL	new sz/cs				
2003	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	52.7	4.6
2003	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BB	48.6	2.7
2004	BRB	HAND	no sz/cs	Venezuela	LL	125.4	43.5
2004	BRB	LLHB	no sz/cs	Venezuela	LL	125.4	43.5
2004	TAI	LLFB	new sz/cs				
2004	EU.ESP-ES-CANT_ALB	BB	new sz/cs				
2004	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	no sz/cs	EU.España	TROL	95.6	19.9
2004	JPN	LLHB	new sz/cs				
2004	MAR	UNCL	new sz/cs				
2004	MEX	LL	new sz/cs				
2004	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	51.2	3.6
2004	STP	UNCL	no sz/cs	Ghana	BB	48.0	2.5
2005	BRB	HAND	no sz/cs	Venezuela	LL	125.4	43.5
2005	BRB	LLHB	no sz/cs	Venezuela	LL	125.4	43.5
2005	CPV-Ind	PS	no sz/cs	NEI (ETRO)	PS	50.3	3.4
2005	TAI	LLFB	new sz/cs				
2005	EU.ESP-ES-CANT_ALB	BB	new sz/cs				
2005	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	no sz/cs	EU.España	TROL	95.6	19.9
2005	EU.PRT-PT-MAINLND	SURF	new T1(ce)	EU.Portugal	LL-surf	113.1	35.6
2005	JPN	LLHB	new sz/cs				
2005	MAR	LL	new sz/cs				
2005	MIX.FR+ES	PS	new T1(fauxP)	EU.France	PS	51.8	4.5
2005	STP	PSFS	no sz/cs	Ghana	PS	50.1	2.8
2005	USA-Com	LL	new sz/cs	MIX.FIS	BB	73.0	9.9
2005	USA-Com	HAND	new sz/cs	MIX.FIS	BB	78.9	11.9

2005	USA-Com	TROL	new sz/cs	USA-Com	LL	116.3	36.0
2005	USA	RR	new sz/cs	USA-Com	HAND	133.0	52.8
2005	USA	UNCL	new sz/cs	VEN	BB	60.8	6.3
1983	PAN	BBF	new CE	TAI	LLFB	139.9	63.2
1987	EU.ESP	BB	new CE	TAI	LLFB	139.9	63.2
2004	MEX	LL	no sz/cs	BRA-ESP-NATAL	LL	133.0	53.5
2005	USA	UNCL	no sz/cs	BRA-ESP-NATAL	LL	133.0	53.5
2006	BRB	HAND	no sz/cs	BRA-BRA-SPAULO	LL	132.4	54.0
2006	BRB	LLHB	no sz/cs	BRA-ESP-NATAL	LL	133.0	53.5
2006	BLZ-TTO	LL	no sz/cs	CAN	LLHB	117.8	36.7
2006	BRA-BRA-BELEM	UNCL	no sz/cs	CPV	PS	67.0	7.0
2006	BRA-BRA-ITAIPAVA	UNCL	no sz/cs	EU.ESP-ES-CANT_ALB	BB	123.4	43.8
2006	BRA-BRA-ITAJAI	BB	no sz/cs	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	113.7	33.8
2006	BRA-BRA-ITAJAI	HAND	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	CAN	RR	no sz/cs	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	113.7	33.8
2006	CPV-Art	HAND	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	EU.ESP-ES-CANT_ALB	BB	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	EU.ESP-ES-SWO	LLHB	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	EU.FRA	TRAW	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	EU.PRT-PT-AZORES	LLSWO	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	EU.PRT-PT-MADEIRA	LL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	124.6	46.2
2006	EU.PRT-PT-MADEIRA	LLALB	no sz/cs	TAI	LLFB	139.9	63.2
2006	EU.PRT-PT-MADEIRA	LLFB	no sz/cs	MAR	LL	104.9	26.9
2006	EU.PRT-PT-MAINLND	LL-surf	no sz/cs	USA-Com	LL	121.4	40.4
2006	EU.PRT-PT-MAINLND	SURF	no sz/cs	GHA	PS	51.7	3.2
2006	EU.UK	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	139.9	63.2
2006	KOR	LL	no sz/cs	NEI.001	PS	51.8	4.2
2006	LBY	LL	no sz/cs	NEI.001	PS	51.8	4.2
2006	MEX	LL	no sz/cs	EU.ESP-ES-ETRO	BB	71.6	10.7
2006	MIX.FR+ES	PS	no sz/cs	NAM	BB	85.3	14.1
2006	PHL	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	139.9	63.2
2006	RUS	PS	no sz/cs	TAI	LLFB	139.9	63.2
2006	STP	PSFS	no sz/cs	USA-Rec	RR	132.4	52.4
2006	SEN	BB	no sz/cs	NAM	LL	131.3	54.5
2006	ZAF	BB	no sz/cs	TAI	LLFB	139.9	63.2
2006	VCT	LLFB	no sz/cs	BRA-ESP-NATAL	LL	133.0	53.5
2006	TTO-TTO-TRINID	LLHB	no sz/cs	VEN	BB	52.3	3.1
2006	USA-Com	UNCL	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2006	UK.SHN	RR	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2006	VUT	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	111.2	33.2
2006	VEN	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	111.2	33.2
2007	BRB	HAND	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	111.2	33.2
2007	BRB	LLHB	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	111.2	33.2
2007	BLZ-TTO	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	111.2	33.2
2007	BRA-BRA-BELEM	UNCL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	111.2	33.2
2007	BRA-BRA-ITAIPAVA	UNCL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	111.2	33.2

2007	BRA-BRA-ITAJAI	BB	no sz/cs	CAN	LLHB	136.6	56.3
2007	BRA-BRA-ITAJAI	HAND	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	BRA-BRA-ITAJAI	LL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	129.4	50.3
2007	BRA-BRA-NATAL	UNCL	no sz/cs	EU.ESP-ES-CANT_ALB	TROL	113.7	33.8
2007	BRA-BRA-RECIFE	LL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	129.4	50.3
2007	CAN	RR	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	129.4	50.3
2007	CHN	LL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	129.4	50.3
2007	EU.ESP-ES-SWO	LLHB	no sz/cs	CAN	LLHB	136.6	56.3
2007	EU.FRA	TRAW	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	EU.PRT-PT-AZORES	LLSWO	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	EU.PRT-PT-MADEIRA	LLALB	no sz/cs	GHA	PS	47.5	2.5
2007	EU.PRT-PT-MAINLND	LL-surf	no sz/cs	NAM	BB	85.3	14.1
2007	FR.SPM-CAN	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	GRD	LL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	129.4	50.3
2007	KOR	LL	no sz/cs	NAM	BB	85.3	14.1
2007	MIX.FR+ES	PS	no sz/cs	ZAF	LLSWO	129.5	46.6
2007	NAM	BB	no sz/cs	ZAF-JPN	LLJAP	130.2	53.3
2007	PHL	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	SEN	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	ZAF	BB	no sz/cs	USA-Rec	RR	136.3	57.3
2007	ZAF	RR	no sz/cs	USA-Rec	RR	136.3	57.3
2007	ZAF-PHL	LLJAP	no sz/cs	NAM	LL	137.4	60.5
2007	VCT	LLFB	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	TTO-TTO-TRINID	LLHB	no sz/cs	BRA-ESP-NATAL	LL	134.5	55.4
2007	USA-Com	GILL	no sz/cs	VEN	BB	50.5	2.8
2007	USA-Com	TROL	no sz/cs	TAI	LLFB	146.9	72.3
2007	UK.SHN	RR	no sz/cs	TAI	LLFB	147.9	73.8
2007	VUT	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2007	VEN	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRB	HAND	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRB	LLHB	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BLZ-TTO	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-ITAIPAVA	UNCL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-ITAJAI	BB	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-ITAJAI	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-NATAL	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-RECIFE	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-RGRANDE	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-RJANERO	BB	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	BRA-BRA-RJANERO	UNCL	no sz/cs	CAN	LLHB	121.3	40.8
2008	BRA-ESP-CABDELO	LL	no sz/cs	CAN	LLHB	123.2	42.3
2008	BRA-ESP-NATAL	LL	no sz/cs	EU.ESP-ES-ETRO	PS	48.3	3.1
2008	BRA-HND-NATAL	LL	no sz/cs	EU.ESP-ES-CANT_ALB	BB	123.4	43.8
2008	BRA-MAR-NATAL	LL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	138.7	62.1
2008	CAN	RR	no sz/cs	EU.PRT-PT-AZORES	BB	103.2	25.5
2008	CAN	UNCL	no sz/cs	EU.PRT-PT-MAINLND	LLHB	138.7	62.1
2008	CPV-ETRO	PS	no sz/cs	EU.PRT-PT-AZORES	BB	103.2	25.5

2008	EU.ESP-ES-CANT_ALB	UNCL	no sz/cs	CAN	LLHB	121.3	40.8
2008	EU.ESP-ES-SWO	LLHB	no sz/cs	TAI	LLFB	146.9	72.3
2008	EU.PRT-PT-MADEIRA	BB	no sz/cs	TAI	LLFB	146.9	72.3
2008	EU.PRT-PT-MADEIRA	LLALB	no sz/cs	USA-Com	LL	116.7	36.7
2008	EU.PRT-PT-MAINLND	HAND	no sz/cs	GHA.ICCAT	PS	56.5	4.3
2008	FR.SPM-CAN	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	146.9	72.3
2008	GRD	LL	no sz/cs	ANT-AN-ETRO	PS	48.6	3.2
2008	KOR	LL	no sz/cs	SEN	BB	75.1	12.0
2008	MEX	LL	no sz/cs	NAM	BB	114.2	32.4
2008	MIX.FR+ES	PS	no sz/cs	ZAF	LLSWO	142.1	64.6
2008	PHL-PHL-MANILA	LL	no sz/cs	ZAF-JPN	LLJAP	132.6	53.2
2008	RUS	PS	no sz/cs	TAI	LLFB	146.9	72.3
2008	SEN	BB	no sz/cs	TAI	LLFB	146.9	72.3
2008	ZAF	BB	no sz/cs	USA-Rec	RR	135.2	55.9
2008	ZAF	RR	no sz/cs	NAM	LL	137.8	59.3
2008	ZAF-PHL	LLJAP	no sz/cs	TAI	LLFB	146.9	72.3
2008	VCT	LLFB	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	TTO-TTO-TRINID	LLHB	no sz/cs	VEN	BB	50.5	2.8
2008	USA-Com	UNCL	no sz/cs	TAI	LLFB	145.3	69.7
2008	UK.SHN	RR	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	VUT	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2008	VEN	LL	no sz/cs	BRA-BRA-SANTOS	LL	119.0	39.1
2009	BRB	HAND	no sz/cs	EU.PRT-PT-AZORES	BB	101.0	25.4
2009	BRB	LLHB	no sz/cs	GHA	BB	56.3	4.7
2009	BRA	BB	no sz/cs	JPN	LLHB	143.4	66.8
2009	BRA	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	145.3	69.7
2009	BRA	UNCL	no sz/cs	ANT-AN-ETRO	PS	50.3	3.6
2009	EU.PRT-PT-MADEIRA	LLHB	no sz/cs	NAM	LL	137.8	59.3
2009	GNQ.INDUSTRIAL	HAND	no sz/cs	TAI	LLFB	145.3	69.7
2009	JPN	LLHB	no sz/cs	VEN	BB	50.5	2.8
2009	PHL-PHL-MANILA	LL	no sz/cs	TAI	LLFB	145.3	69.7
2009	RUS	PS	no sz/cs	VEN	PS	49.3	2.7
2009	UK.SHN	RR	no sz/cs				
2009	VUT	LL	no sz/cs				
2009	VEN	BB	no sz/cs				
2009	VEN	LL	no sz/cs				
2009	VEN	PS	no sz/cs				

Table 2. Atlantic bigeye tuna overall catch-at-size matrix.

Li	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
(cm)																																				
20	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	92	0	78	231	26	62	65	0	72	29	52
25	0	0	0	0	321	0	3663	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1388	1624	10	639	433	0	239	893	277	539	886	1187	343	1451	1843	1245	934	2500	2233	
30	400	1205	1116	9456	170	3136	57151	13101	9490	13401	20676	17254	13073	4364	24592	23451	79184	78748	23596	18986	25420	17038	65850	58322	76749	61042	25834	22753	173741	75343	25301	45092	122912	114838	75269	
35	14410	127764	84632	38171	41792	171680	403699	119540	214337	202152	194072	192247	226803	255426	247801	238809	431331	429739	294627	315738	27915	333338	525719	381611	510102	321611	40956	273403	853697	690005	346955	285487	833749	573784	458945	
40	109600	432148	267693	227825	133287	309650	728946	382490	350998	545311	384893	424696	381366	366423	559901	877926	134841	976551	176272	1444666	1566204	1860690	1282048	1362235	1772842	123919	169316	124514	1744871	1926776	126529	668038	166454	127497	122026	
45	225522	512485	528073	322987	388182	634866	110996	870899	798924	749961	529443	718963	517941	605673	108285	176163	163736	158273	216515	2784075	2669029	3162131	2746492	2853618	4124869	194486	236561	175590	2443168	3678324	293510	138851	212568	226567	124190	
50	139064	316570	396210	210710	403444	680944	589639	646779	472526	322771	356508	210781	258720	391370	672848	793305	112711	123942	1678197	1553445	1628258	2331162	2558915	2899744	157624	173257	178048	1957926	2248957	199760	114907	152038	134625	882123		
55	92331	293491	345579	272509	178209	331056	681013	509801	564416	461286	349256	395226	202166	226494	277319	444933	413214	613255	717037	628873	534004	681383	709810	933654	1115903	864699	805212	776471	739664	621694	658964	589064	525497	720467	561799	
60	90942	223387	165460	228744	130989	181719	282246	196796	244438	308079	220899	296215	178957	136164	166509	256405	309331	346709	524858	475723	330658	362823	246846	380220	501400	484957	523411	372095	363825	327153	349402	342043	377877	292859	441287	
65	74719	130698	102019	159265	83636	119131	131763	112466	164304	275141	189502	222359	137079	81632	95547	150020	228060	222035	339450	367199	292628	203225	154585	177540	335821	256275	275207	233102	269973	219161	183536	182920	205412	166151	356068	
70	32385	52344	115411	61708	80170	80398	91619	94531	205726	142736	189666	87759	57528	94618	94349	206447	160335	188849	281248	275167	166063	177205	110886	236210	132680	155084	120181	158937	136394	80485	93817	98224	98931	229273		
75	30405	41120	55223	107425	59748	78548	77859	83022	130844	182671	179084	289513	109884	65639	115762	86457	187502	127581	202623	249216	307966	176411	178388	92557	225255	134758	143907	78927	132937	121364	89280	90737	89954	60729	126008	
80	56227	47501	63721	101299	69155	72706	89201	83036	148982	152521	163649	194401	104113	67256	99807	84670	157025	134349	238816	241556	251062	161969	158985	106022	206774	159060	113165	66286	91164	78436	72448	76588	61198	56365	124863	
85	78299	48544	69051	82313	70962	47911	84872	92457	107284	103254	125343	129317	73967	78618	78021	108687	150991	110422	226612	24651	194088	146789	176129	120302	106860	196006	167941	102658	56921	96897	72282	74606	64700	60061	32848	92760
90	116292	43730	65643	76215	89962	53075	70682	69302	78369	93378	98618	76057	61136	87515	57950	113231	132449	175663	234484	170211	175459	172736	244555	199457	113277	67311	69873	84282	75882	73398	71104	46194	122781			
95	114007	49559	82263	86822	105845	57003	65185	68319	69001	107455	95822	71494	74116	91141	52499	117394	123197	136726	153474	215440	139913	153865	128498	179131	242107	208821	115163	71685	85583	72924	81215	124221	69652	54081	88784	
100	92838	46103	86536	73177	88275	67374	84006	95479	77340	122320	107040	76445	91017	105833	76532	137813	135532	191344	158514	182431	172348	147616	142225	143971	200619	191941	129793	87033	74372	82861	94457	157975	77845	73836	75706	
105	57214	44770	66378	57380	48639	87995	75826	101257	60838	90528	83131	76765	82670	101727	81628	135458	140902	171427	151230	177942	143099	185857	107820	147455	221676	206086	131497	77181	68300	65427	66806	116360	55222	59539	56378	
110	55393	45637	59717	62850	49165	125686	91265	103030	64929	99746	91705	81278	74947	108132	103142	13197	118140	20850	134662	186616	174311	143464	136091	142142	180803	161083	128122	84092	76529	77443	104261	80697	48532	49603		
115	66632	43415	66332	63948	51080	131844	99012	108334	78975	114397	114790	98928	78909	121430	135841	141790	134200	182771	141665	206009	204309	153108	149083	138568	203134	188018	138700	96625	95186	85615	76685	87472	73741	45579		
120	80721	48029	64247	64532	6136	125792	102349	114195	79811	107737	119537	99631	79784	122394	139902	137188	127454	197217	144923	179706	238237	164861	189827	156633	164656	165170	134159	108932	108639	92371	76716	75686	77714	55737	60260	
125	77129	51651	74686	64380	55905	93192	97139	115391	90583	98933	92444	85198	127028	149560	155789	221516	171673	152284	129552	129080	144474	198210	169162	158586	147468	146389	93235	105633	104549	78843	59421	65561	54955	57231		
130	84077	50429	63932	54801	56559	85554	10673	113979	83423	88370	117924	85434	80572	10406	127417	131565	161964	128514	134683	125495	125785	116615	157407	163059	13903	114666	124360	100524	106799	103542	80401	58625	646424			
135	78668	57520	68575	52856	44282	62469	92986	107847	78179	91833	114448	75991	76457	108154	118066	122092	155103	104513	117332	118333	110336	124422	112463	105184	101875	79787	108523	93934	129819	103902	73358	49800	63341	63939	62059	
140	69144	50315	64703	50995	38835	68107	74846	86189	56141	7039	96503	68023	90578	79394	102033	94407	102431	91437	114767	132184	114199	119328	94596	103737	94872	65122	85095	88474	107401	82291	61646	51079	63412	64327		
145	58159	44759	55545	39306	34083	48017	46098	51432	64520	52450	61277	51171	79076	73583	65839	57291	91490	114044	91349	98763	60389	67413	49768	63417	58349	81946	65558	52735	45753	56146	54397	57851				
150	47406	34903	38965	32902	30803	49035	42066	48681	32748	41645	63039	39460	46231	36953	57124	52428	42159	48396	72552	85534	77251	75729	56938	62965	61921	40469	41526	40625	52663	49458	38416	42162	54197	54489		
155	39176	33177	29982	28924	26870	31271	277																													