

**REPORT OF THE 2007 ICCAT BIGEYE TUNA
STOCK ASSESSMENT SESSION**
(Madrid, Spain - June 5 to 12, 2007)

SUMMARY

The objective of the meeting was to conduct the stock assessment for Atlantic bigeye following the request from the Commission contained in the [Rec. 04-01] by ICCAT. Several types of assessment models including production models, VPA and a statistical integrated model (Multifan-CL) were applied to the available data. Consistent with previous assessments, the results from non-equilibrium production models were used to provide the best characterization of the status of the resource.

RÉSUMÉ

La réunion avait pour but d'évaluer le stock de thon obèse de l'Atlantique, suite à la demande de la Commission contenue dans la [Rec. 04-01] de l'ICCAT. Plusieurs types de modèles d'évaluation, y compris les modèles de production, la VPA et le modèle statistique intégré (Multifan-CL) ont été appliqués aux données disponibles. Conformément aux évaluations antérieures, les résultats des modèles de production en conditions de non-équilibre ont été utilisés pour fournir la meilleure caractérisation de l'état de la ressource.

RESUMEN

El objetivo de la reunión era realizar la evaluación del stock de patudo del Atlántico en cumplimiento de la petición de la Comisión incluida en la [Rec. 04-01] de ICCAT. A los datos disponibles se aplicaron varios tipos de modelos de evaluación, incluyendo modelos de producción, VPA y un modelo estadístico integrado (MULTIFAN-CL). En coherencia con las evaluaciones previas, los resultados de los modelos de evaluación de no equilibrio se utilizaron para facilitar la mejor descripción de la situación del recurso.

KEYWORDS

Bigeye tuna, stock assessment, VPA, production model

1. Opening, adoption of agenda and meeting arrangements

The Meeting was held at the ICCAT Secretariat in Madrid from June 5 to 12, 2007. Mr. Driss Meski, ICCAT Executive Secretary, opened the meeting and welcomed participants ("the Working Group").

Dr. N. Miyabe (Japan), meeting Chairperson, welcomed meeting participants and thanked the Secretariat for the effort made to prepare the meeting. Dr. Miyabe proceeded to review the Agenda which was adopted without changes (**Appendix 1**).

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

<i>Section</i>	<i>Rapporteurs</i>
Items 1, 9 and 10	P. Pallarés
Item 2	R. Pianet
Item 3	P. Kebe
Item 4	C. Brown
Items 5.1, 6.1 and 7.1	J. Walter, Y. Takeuchi, T. Matsumoto, F. Hazin
Items 5.2, 6.2 and 7.2	V. Restrepo, N. Miyabe
Items 5.3, 6.3 and 7.3	S. Cass-Calay
Items 6.4 and 8	G. Scott

2. Biological data, including tagging information

Only one new paper on biological data was presented to the Working Group. More information is reported in the last assessment report (2004) and summaries of the available biological and other information including fisheries, tagging, genetic studies and stock modeling can be found in the ICCAT special editions of the Bigeye Tuna Year Program (ICCAT *Collective Volume of Scientific Papers*, Vol. 57(1) and the Second World Meeting on Bigeye Tuna (ICCAT *Collective Volume of Scientific Papers*, Vol. 57(2) and Chapter 2 of the ICCAT Manual.

Table 1 shows the various parameters and conversion factors currently assumed for Atlantic bigeye tuna by ICCAT. Unless otherwise noted in the sections below, these were used in data preparation and model runs.

SCRS/2007/088 presents a new length-weight relationship for bigeye, from observer data collected aboard Chinese Taipei longliners. One of the main objectives of the program was to collect size data on the main targeted species, but a large number of fishes were also weighted. Analyses on two data sets (one covering 2002-2005 and the other with additional 2006 data) were conducted; despite the large difference in the sample sizes, there was quite little difference between the two datasets. The length-weight relationship estimated for bigeye from the whole set is the following:

$$W = 2.373 \times 10^{-5} \times L^{2.932} \quad (R^2 = 0.932; n = 54,173)$$

However, one should pay attention to the fact that this relationship is based on processed weight (gilled and gutted), not on round weight. This should be kept in mind when comparing these results with older ones (see **Figure 1**). Another point is the large differences in the sample sizes (130 to 54,000), size ranges and fishing area. This study is by far the most complete, but unfortunately based on processed weight; efforts should be done in order to get as far as possible round weight. It is also recommended to collect data on the sex-ratio of these large fishes.

Comparison of this curve with the “official” ICCAT length-weight relationship allows one to compute a conversion factor by size (**Figure 2**) for the Chinese Taipei longliners.

The mean conversion ratio obtained (1.25) is substantially larger than those reported in the manual (old version: 1.13) as well as in the new one (1.16). However, this comparison is not the best way of estimating a whole to processed weight conversion, which likely varies considerably between fisheries. A study making use of fish sampled from surface and from longline fisheries would be most beneficial in providing a revised length-weight relationship across the range of fish taken in the fisheries. It is recommended that scientists who have collected or have access to such data should collaborate on this research. For future data collection activities it is recommended that whole and processed weights and fork and pre-dorsal lengths be recorded and that processed weight to whole weight conversions be estimated on this basis to account for variation between fisheries.

3. Catch data, including size frequencies and fisheries trends

3.1 Estimated catches

The bigeye catch data for the years 1950-2005 was presented by the Secretariat. Only limited data were reported for 2006 and the Working Group decided to use only catch data through 2005.

The Working Group reviewed the catch table and noted that during recent years (1997-2005) the ratio of the Ghanaian catches for the 3 tropical species reported to the Secretariat do not coincide with the size composition calculated from size sampling (**Figure 3**). The Secretariat also presented the Ghanaian catch and size composition for 2006 estimated from the AVDTH software recently used for this fishery (**Figure 4**). In accordance with the information presented above, the Working Group decided to re-estimate catches from Ghana for the years 1997-2004 using size composition ratios calculated from size sampling and the 2006 ratio calculated from AVDTH to year 2005 catches.

The spatial distribution of Chinese Taipei catches for 2004 and 2005 were also revised (**Table 3**) based upon updated information from scientists attending, and the Working Group agreed to incorporate those changes into the Secretariat database.

All changes recommended by the Working Group were included in the Secretariat database and an updated catch table (**Table 2**) was presented and agreed by the Working Group.

The Group noted the absence of Netherlands Antilles catch for 2005. According to information received by the Working Group, zero catch from this fishery is due to vessels previously operating as part of the fleet, leaving or changing flags. It was also noted the strong decrease of the so-called 'IUU' catch (**Figure 5**). The Working Group is concerned that unreported catches from the Atlantic might have been poorly estimated and may be continuing, but available statistical data collection mechanisms are insufficient to fully investigate this possibility. An informative example of the potential political/social/fishery impacts of failure in tracking total human-induced mortality and fishing effort resulting in that mortality is the recent activity resulting from the discovery of previously unaccounted for catch of southern bluefin tuna.

Monitoring of "faux poisons" in Côte d'Ivoire was raised during the discussion and the Working Group approved the recommendation made in Recife during the inter-sessional meeting of the tropical tuna species group to attempt to develop estimates of these catches by species to incorporate into future assessments of tropical species.

3.2 Size frequencies

Information of size frequencies data was circulated prior to the meeting to potential participants and some diagnostics were evaluated. The screening and quality assurance procedures used and resulting decisions of the Working Group regarding the size frequency data are documented in SCRS/2007/089. Summaries of the size frequencies used in the Multifan-CL analysis are shown in **Figure 6**. The upper graph shows, for each fishery defined for Multifan-CL, the mean of the 10th, 50th and 90th percentiles of relative size frequency distributions. The lower graph shows, in logarithmic scale, the mean sample size for each fishery.

3.3 Catch at size

The Secretariat presented the updated bigeye catch at size data for the period 1975 to 2005 with the inclusion of the revised and new information on size sample or catch at size available after the last bigeye assessment held in 2004. Those changes affect the following fleets:

- Japanese longline catch at size for the entire period 1975-2005
- European tropical surface fisheries (France, Spain and NEI) 1991-2005
- Portugal Madeira for the period 1975-2005
- Portugal Azores for the years 1991-2005
- Brazil longline 1983-1995
- Spain (Cantabrian Sea) 1998-2002
- Chinese Taipei 1996-2005

All the information in the catch-at-size database was also disaggregated by fleets according to the classification defined in the Recife meeting (see Report of the 2007 Inter-Sessional Meeting of the Tropical Tunas Species Group (*Recife, Brazil - April 11 to 16, 2007*)). The summarized catch-at-size data are given in **Table 4**.

4. Relative abundance indices

4.1 Longline

Standardized indices of abundance were presented for four longline fisheries catching bigeye tuna. Indices of abundance for Atlantic bigeye caught by the Japanese longline fishery were presented (SCRS/2007/067). The indices were constructed with a Generalized Linear Model (GLM) using the latest available catch and effort data. The effect of sea surface temperature binned by 5° rectangles and month was examined, but the standardization protocols did not consider the mixed layer depth information included for the indices presented at the previous assessment (SCRS/2004/132) due to availability of data. Annual indices in number and biomass were included for the main fishing area for the Japanese fleet as well as for the total Atlantic; quarterly indices were presented for these areas and also for the three areas considered for use in Multifan-CL (the tropical region, and north and south subtropical areas). Indices were not presented by age class. Effects incorporated in the indices also included year, quarter, area (or latitude and longitude), number of hooks between floats, sea surface temperature and main and branch line material as explanatory variables. The annual indices showed a somewhat increasing trend until the early 1970s, followed by a generally declining trend to 2005. The Working Group expressed their concern regarding the implementation of latitude and longitude polynomial functions and their higher order

interactions, as it is more difficult to understand their biological relationship with catch rates of bigeye tuna. During discussion, it was noted that there has been an increasing trend in number of hooks per basket, although it has been leveling off. The Working Group suggested that differences in number of hooks per basket between areas be examined in the future. Indices from this fishery were incorporated in the base case runs for all models.

Standardized CPUE of bigeye tuna caught by the Chinese Taipei longline fleet in the Atlantic Ocean was presented in Document SCRS/2007/063. The method used for standardization was a GLM assuming a delta binomial-lognormal error distribution. The explanatory variables included year, area, albacore targeting, yellowfin targeting (targeting variables describe the ratio of albacore or yellowfin to bigeye tuna catch), and year-area interaction. The authors noted that, for 2006, the standardized index might be biased by a higher reporting rate by vessels targeting bigeye (prompted by regulations). Indices in number were developed separately from two data sets: from logbooks intended to represent daily effort and from data aggregated monthly from logbooks. The Working Group decided to utilize the monthly aggregated data as many of the logbooks reflected effort across multiple days. A biomass index was developed during the meeting by applying an annual average weight to the index in number. The Working Group cautioned that this could produce a different result than that which might be obtained by converting to biomass at the observational level. The Working Group noted that the Chinese Taipei longline indices differed from the other available indices during 2004-2005, exhibiting a strong upward trend. These indices were incorporated in the base case runs for all models. Additionally, recommended sensitivity analyses included the exclusion of these indices as well as the incorporation of only these indices, in order to examine the influence of the different trend for 2004-2005.

Annual and quarterly abundance indices were developed for the Brazilian longline fishery in document SCRS/2007/065. Clusters were identified in the available logbook data reflecting the species composition of the catch, and were incorporated as measures of the species targeted by the sets. Other factors included year, quarter, sub-area and year*quarter interactions. The Working Group decided to utilize the indices constructed incorporating the cluster effect as this may address changes in targeting. However, the Working Group noted that it may better to analyze the bigeye tuna cluster data separately, rather than treating cluster as a factor, and recommended that this approach be considered in the future. It was noted that the cluster factor, as currently applied, attributes the major reason for changing catch rates to changing targeting and may dampen trends if this is not the case; simulation modeling was suggested as a means to investigate this. As was the case for the Chinese Taipei longline index, a biomass index was developed during the meeting by applying an annual average weight to the index in number. The Brazilian longline indices were incorporated in the base runs for all models except VPA, which incorporated these indices in a sensitivity run.

Standardized CPUE indices for the U.S. pelagic longline fishery in the northwest Atlantic and Gulf of Mexico were presented (SCRS/2007/069). Two alternative indices were presented for the same fishery: (a) an index in biomass based on trip summary landings of bigeye tuna, and (b) an index in numbers based on set summary data. For the biomass index, the lack of observations after 1996 which had resulted in its exclusion during the previous assessment was addressed by updating a vessel classification variable related to vessel operations; observation numbers after 1996 have increased substantially. The standardization used a generalized linear mixed model assuming a delta binomial-lognormal error distribution. The explanatory variables included year, area, vessel classification category, quarter, and classification of management areas; density of light sticks per hook was also considered but not included in the final models. The Working Group discussed an increasing trend in 2004-2006 that appears to be driven by increases in one area (Florida eastern coastal area). Analyses conducted during the meeting suggested that the increase in Florida east coast catch rates in recent years could be influenced by movement of effort further east within the area caused by management closures in the western parts of the area. However, catch rates in those areas had already been increasing before the displacement of effort, so this does not appear to be the entire explanation. Indices from this fishery were incorporated in the base case runs for all models.

4.2 Baitboat

In response to recommendations from the previous assessment that appropriate methods be applied to standardize catch rates for baitboat fisheries, standardized CPUE for the Azores baitboat fleet were calculated in SCRS/2007/087. The standardization used a generalized linear mixed model assuming a delta binomial-lognormal error distribution. The explanatory variables included year, quarter, a vessel classification category based upon vessel size and typical operations, and interactions between quarter and vessel class as well as between year and quarter. The Working Group noted that the general declining trend was of a similar scale to the declining trends observed in the Japan and U.S. longline indices, but that the large fluctuations in the early period may reflect local availability to this fishery that is only about 5 degree square. The Working Group also considered the possibility that more recent years may reflect a long-term decline in local availability due to

environmental factors. These indices were incorporated in the base runs for all models except VPA, which incorporated these indices in a sensitivity run.

4.3 Purse seine

During the previous assessment, it was also recommended that appropriate methods be applied to standardize catch rates for purse seine fisheries. The construction of such indices has been problematic for tropical tunas, given the difficulties in defining appropriate effort units for a fishery where there have been technological improvements as well as changes in search time and set success caused by shifts toward increased use of fish aggregating devices (FADs). Two documents were presented describing a process to address these problems. Document SCRS/2007/066 presented a procedure used to split the overall fishing days effort of the European and associated purse seine fleets into the two distinct fishing strategies (setting on FADs or setting on free schools) that have been developed by these fleets since the early 1990s. The splitting method utilizes observer data and takes into account the percentage of searching effort devoted to each fishing mode as well as the time spent in setting the gear. Document SCRS/2007/064 presents an index of juvenile bigeye abundance based on purse seine CPUE data, restricting the analysis to FAD sets only (which represents more than 80% of the catch). The analysis was also restricted to the catch of bigeye less than 10 kg corresponding to juvenile bigeye. The basic unit of effort used was the number of sets (CPUE records were in catch per set), and GLM assuming a negative binomial error distribution was used for the standardization. The model incorporated the factors year, fleet, quarter, area, and target. However, the Working Group expressed concern that incorporation of the targeting factor, which is based upon the percentage of bigeye tuna in each set, may dampen the trend. The Working Group recommended that the indices be recalculated without incorporating the target factor and assuming a lognormal rather than negative binomial error distribution. The indices were recalculated following the recommendations (**Figure 7**). The Working Group acknowledged that problems remained with the index, including concerns that the unit of effort (a fad set) may not be consistent over time and the fact that the species composition (and therefore bigeye tuna catch) is not truly known, but instead is estimated on a year/quarter/area basis). However, these purse seine indices were utilized in the VPA models since these were the only available indices of ages 0 and 1 and the standardization approach appeared to represent an improvement over previously available purse seine indices. Because the purse seine indices only reflected ages 0 and 1, they were not considered appropriate for use in the production model analyses.

4.4 Creation of combined indices

Table 5 and **Figure 8** show the selected indices in number (a) and in biomass (b) on a common scale (each series scaled to its respective mean for the overlapping years 1982-2007). For the production models analyses, the Working Group decided to generate a combined index of abundance based on the available biomass indices. A base combined index was constructed during the meeting using indices of biomass from (a) the Japan index restricted to the main fishing ground for the years 1961-2005, (b) the monthly aggregate version of the Chinese Taipei index for the years 1981 to 2005, converted to biomass using yearly average weights, (c) the U.S. biomass index for the years 1982-2005, (d) the Brazilian longline index for the years 1978 to 2005 converted to biomass using yearly average weights, and (e) the Azores baitboat biomass index for the years 1970-2005 (**Table 6** and **Figure 9**). The combined index was calculated from the yearly average of the relative indices, with each index weighted by the annual proportion of the catch of each fishery with respect to the overall yearly catch. This approach differs somewhat from that used during the previous assessment. In 2004, the combined index was estimated using a GLM with a weighting factor based on the annual proportion of the catch of each fishery with regard to the total longline catch. In addition to the base combined index, the Working Group suggested alternative combined indices for use in sensitivity evaluations: a composite index not including the Azores baitboat indices, a composite index without the Brazilian longline indices, and a composite index without the Chinese Taipei longline indices.

4.5 CPUE Indices for VPA analysis structured similarly to Multifan-CL

The catch rate indicators for use in a VPA structured with 15 fisheries as defined for Multifan-CL analyses were constructed from the standardized effort series used in the Multifan-CL analyses (SCRS/2007/089). CPUE was taken as the standardized effort divided into the corresponding catch for the stratum of interest. In order to put the indicators on an annual time-step (Multifan-CL was structured with a quarterly time step), a GLM with quarter and year categorical variables was used. Annual values were taken as the least square means of the year effect for the GLM of each fishery. The annualized values, in biomass, computed in this fashion are shown in **Table 7**.

5. Methods and other data relevant to the assessment

5.1 Multifan-CL

Document SCRS/2007/089 provides details of the data preparation for running Multifan-CL at the 2007 assessment meeting. This section provides details about modeling options and assumptions.

For this assessment, the Working Group made some changes to the definition of fisheries to be included in the model (**Table 8**). Catch, effort and CPUE series for these fisheries are shown in **Figure 10**. Compared to the 2004 model runs, the main changes were (a) to split purse seine effort after 1990 into FAD and free-school, and (b) to combine Ghanaian baitboat and purse seine into a single fishery.

In 2004, the Working Group explored several model formulations and data sets for applying Multifan-CL to the Atlantic bigeye stock. Of the various runs explored, the Working Group gave certain preference to what was defined as Run3 in the 2004 assessment report. This formulation had the following characteristics:

- Growth: Fixed to the values estimated by Hallier *et al.* (2005), except for the first 8 quarters of age for which mean lengths were estimated.
- Natural mortality: Estimated.
- Tag mixing: Assumed that tagged fish were fully mixed with the untagged population after two quarters.
- Initial stock size: Uses average F for initial 10 quarters.
- Relative region size: 1.00, 1.69, 1.47 for Regions 1, 2 and 3.
- Recruitment distribution: .125, .75, .125 for Regions 1, 2 and 3.

For the current setup, the Working Group decided to change the relative size of the three regions based on the number of 5x5 squares with bigeye catches in the period 2000-2005. The resulting region sizes relative to Region 1 (north) were: 1.00, 1.61, 0.81, for Regions 1, 2 and 3. Furthermore, the Working Group decided to change the assumption about how recruitment is partitioned in the three regions as 0.05, 0.90 and 0.05 for Regions 1, 2 and 3.

The Working Group explored the formulations in **Table 9**. Unless otherwise noted, the basic assumptions are those described above and the data inputs are those generated in 2007. **Table 10** gives some of the model options for the different fisheries.

5.2 Production models

In the last (2004) stock assessment, the Working Group used three different production model software packages (ASPIC 5, Prodfit and Bayesian Surplus Production model (BSP)), applying a composite index estimated from the Japanese longline index in the central area (in weight), the Chinese Taipei longline index (without ratio, in weight) and the U.S. longline index (in weight). The Working Group continued to use the same software with the latest version (ASPIC5.16, Prodfit, BSP1.0) for this stock assessment. For the abundance index, the combined index was updated to include Chinese Taipei longline index (monthly), the Japanese longline index in the central area (in weight), the Brazilian longline index (in weight, with cluster for targeting and area 2 and 3), the US longline index (dealers sales data, in weight) and the Azores bait boat index (for detail of combined CPUE see Section 4) for the base case run (see **Table 6**). In addition to that the five CPUE indices listed above, additional combinations of indices were also applied including separate abundance indices for ASPIC and BSP (see **Table 5b**). Several methods of weighting of each index when they are applied separately were explored as follows:

- ✓ Equal weight
- ✓ Weighted by average proportion of landing when all five indices were overlapped (1982-2005)
- ✓ Weighted by proportion of landings by each year, see BSP model section for implementation details.

Not all the weighting methods were applied to all the software (see **Table 11**). Total catch was estimated during the meeting from the 1950 to 2005 from the Task I data available at the meeting. For ASPIC both the generalized production (Pella-Tomlinson) model and logistic (Schaefer) model were used. Prodfit used the Fox model as well, while BSP used the Schaefer model only. Since ASPIC requires a separate catch series for each index, for the Azores bait boat fleet the catch series from 1950 to 2005 of this fleet was supplied by a Portuguese scientist in attendance. In the ASPIC run, the ratio between the biomass size in the beginning of 1950 to K ($B1/K$) was fixed to 1 unless it was specified differently in a specific run. For BSP it is necessary to define prior distribution for key parameters (K , r , $B1950/K$). The Working Group decided to continue to use same prior distribution used in the last stock assessments in 2004 (see 5.2.2 BSP section). The Working Group also

identified several sensitivity runs. The sensitivity analyses covered:

- use of a composite index without the Chinese Taipei longline index
- use the Chinese Taipei longline index only
- use the Chinese Taipei longline index only and population dynamics starting from 1978
- use the Chinese Taipei longline index only truncating 2004 and 2005 data points
- use a composite index without Azores bait boat index
- use a composite index excluding Brazil LL index
- use a composite index and B1/K was estimated

5.2.1 Prodfit Model

For the PRODFIT, effort was estimated as the ratio of the total catch divided by the combined catch per unit of effort (see section 3.3). Three indices were used for the analysis: AI-1 (combined, not weighted), AI-2 (combined, weighted on annual landings) and AI-3 (combined without Chinese Taipei, weighted on annual landings).

For each index, runs included the Fox ($m=1$), Schaefer ($m=2$) and Generalized (m estimated) models on the whole period, 1961-2005. All assumed an effort averaging k (i.e. the number of age groups contributing to the fishery) of 5, as well as 8 in the case of the Generalized model.

5.2.2 Bayesian Surplus Production (BSP) model (based on Schaefer type model)

A Bayesian approach (BSP Version 1.0₁) was used to fit a continuous time formulation of the Schaefer surplus production model (McAllister and Babcock, 2003). Nine total runs representing a continuity case, four base model runs and four sensitivity analyses were evaluated. Sensitivity runs were primarily motivated by the discrepancies between the various indices and uncertainty in how to weight the indices.

The inputs for each run are summarized in **Table 11**. Technical inputs for all runs were the same as the 2004 Bigeye tuna assessment. Following the 2004 assessment, r was constrained with an informative lognormal ($\mu=0.6$, $SD(\ln(x))=0.3$) prior k was constrained with a uniform prior with limits between $1.5E5$ and $2.5E6$, and B_0/K was constrained close to 1.0 (lognormal, $\mu=1.0$, $SD(\ln(x))=0.01$). Tables of the parameter estimates and input files are found in **Table 12** and **Table 13**. For runs in which separate indices were used, the number of indices (indicated as *nind*) matched the number of indices. For equal weighting, option 10 was used and for unequal weighting of indices option 6 was used with the weights input as the inverse of the square root of the percentage of the catch ratio (E. Babcock, *pers. comm.*). For unknown reasons the BSP model did not run with fractional weights so that each weight was rounded to the nearest integer value (i.d. 1.2 becomes 1). **Table 14** describes the weighting procedure to input weighted landings as coefficients of variation in the model and **Table 15** lists the weight for each index.

5.2.3 ASPIC

The ASPIC software version 5.16 was used to fit generalized (Pella-Tomlinson) and logistic (Schaefer) production models. The combined index or separated indices from five fisheries (see section 4) were used as base case analyses. When separated CPUE was used, the statistical weight of each fishery was based on the proportion of average catch amount in overlapping years (1982-2005) or equal weighting. Also, several scenarios shown below based on both generalized and logistic models were used as sensitivity analyses.

- 1) Composite CPUE without the Chinese Taipei index
- 2) Chinese Taipei CPUE only
- 3) Composite CPUE without the Azores index
- 4) Catch and CPUE data only up to 2002

Bootstrapping (1,000 times) was applied for all base case runs (two with combined indices and two with separated indices) and sensitivity analyses if the deterministic run was successful (converged), but bootstrapping was not completed for some of the runs probably due to high residual values (poor fits) in a high proportion of the bootstrap trials for those cases.

5.3 VPA-2BOX

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

Natural mortality (M) = Ages 0-1 = 0.8, Ages 2-7+ = 0.4

The biological parameters used for the VPA are the same as those used during the 2004 BET assessment. The Von Bertalanffy growth parameters of Hallier *et al.* (SCRS/2004/039): $k=0.180$ yr⁻¹, $L_{\infty} = 217.3$ cm and $t_0 = -0.709$ year, and the weight-length equation of Parks *et al.* (SCRS/1981/059): $\text{Weight (kg)} = 2.396 \times 10^{-5} \times \text{FL(cm)}^{2.9774}$ were used to estimate the age of the plus-group.

Fecundity was estimated using a proxy, %Maturity*Weight-at-Age (on January 1). For 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

Of the available indices of abundance (**Table 5**), the VPA base run used four: the Japanese LL (CATl), Chinese Taipei LL, US Pelagic LL and EU PS FAD. 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 17**. Two indices were specified in biomass (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 18**).

A constraint (Std Dev = 0.4) was applied to recruitment during 2003-2005. Terminal year F-Ratios were estimated using a random walk. 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.

VPA-2BOX parameter estimation settings are summarized in **Table 19**. A constraint (Std Dev = 0.4) was applied to recruitment during 2003-2005 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 0.97 times the age-1 estimate. The age 2 and age 3 terminal-Fs were fixed at 0.46 and 0.72 times the age-4 estimate, respectively. 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.

6. Stock status results

Several types of assessment models, including production models, VPA, and a statistical integrated model (Multifan-CL) were applied to the available data. There was a range of stock status evaluations from the various model formulations applied, not all of which were judged to be equally likely. Results of the various assessment model applications to the available data are summarized below.

In addition, document SCRS/2007/062 presented the results of a stock assessment of the Atlantic bigeye tuna made using the Verhulst logistic growth model. The Working Group indicated interest in application of this type of approach, which relies only on catch for model fitting. Nevertheless, the Working Group considered that results would not be fully comparable with those obtained during the meeting because data used did not take into account the species composition correction made by the Working Group. The results of this assessment are included in **Appendix 4**.

¹ Version 3.01, Porch, ICCAT software catalog.

6.1 Production models

6.1.1 Prodfit

Results according to the various assumptions made on the shape parameter (m) and effort averaging (k) are reported in **Table 20**. These estimates are very consistent regardless of the range of values of m and k used: MSY are ranging from 110 to 120,000 tons, relative F at MSY from 0.8 to 1.6, with a current catch (2005) being 60-65% of MSY. These results are close to those obtained at the last assessment in 2004: MSY from 106 to 110,000 tons, F/MSY from 0.98 to 1.30.

As an example, results from the Fox model with $k=5$ based on the combined index not weighted is shown in **Figure 11**.

6.1.2 Bayesian Surplus Production model

Posterior distributions for r , K , B/B_{MSY} and F/F_{MSY} indicate clear differences between the models (**Figure 12**). In particular, the posterior distributions for r and K display a clear bi-modality and, in the extreme, case of only fitting the Chinese Taipei longline index show a flat posterior distribution and which results in a much higher and less well-defined K value. There appears to be an evolution of the posterior distributions from a lower modal value for r and K for indices that weight equally to a higher r and higher but less well-defined K for indices that weight the Chinese Taipei longline high or use only that index. This modal progression and the presence of two clear modes in the posterior distributions highlight the contradictory nature of the CPUE input series and the fact that differential weighting of the indices give two very different insights into the nature of the productivity of the bigeye population. Further investigation of alternative priors for r should be conducted.

The fits to the indices further illustrate the competitive interaction between fitting to the Japanese longline index and the Chinese Taipei (**Figure 13**). Contrasting the fits between the Base3 (equal weights) case against the fits for the Base2 indices (separate weights) for the Japanese and Chinese Taipei indices show how the equal weight has the model fits diverge from the Chinese Taipei index. Weighting according to landings fits the Chinese Taipei index and indicates a stable or upturn in the index. These two differences, though slight, drive the conclusions from the BSP model.

Results of the main effect of the sensitivity analyses illustrate the variable status of the stock with different assumptions regarding weighting of indices (**Figure 14**, **Table 21**). While each of the two shown base cases and the two shown sensitivity analyses indicate similar trends regarding a reduction in fishing mortality in 1999, the indices which weight the Chinese Taipei longline according to landings indicate that current F/F_{MSY} is greater than the target value of one and B/B_{MSY} is less than one (**Figure 15**). The BSP base model estimate of F/F_{MSY} for 2005 is 0.798 and for B/B_{MSY} , 0.973 indicating that overfishing is not occurring and that the stock is slightly overfished. In contrast, the base case 2 (all indices weighted equally) indicates a F/F_{MSY} of 1.436 and a B/B_{MSY} of 0.599 indicating that the stock is experiencing overfishing and is overfished (**Table 21**). Though the two cases have divergent views of the stock status, MSY estimates are not greatly divergent at 93,275 and 86,194 for base 1 and 2, respectively.

6.1.3 ASPIC

Input parameters for all the cases are shown in **Table 22** and catch data are shown in **Table 23**. Combined and separated CPUE indices used for analyses are shown in **Tables 6** and **5.b**, respectively. Summary results of base case are shown in **Table 24**. A likelihood ratio test between generalized production model and Schaefer model was conducted for base case runs (run01 and run02, respectively). It turns out that for the composite index, the Schaefer model (run02) production function hypothesis was not be rejected although the generalized production model run (run01) fits slightly better with an additional parameter. For the separate indices model runs, generalized production model fits (run04 and run06) were worse than Schaefer models (run05 and run07) and consequently Schaefer model was favored, but the analyses with Schaefer model (run05 and run07) could not be solved. Base case runs with generalized model and separate indices (run04 and run06) could be solved only for point estimate, but bootstrapping was unsuccessful, again probably due to high residuals and poor fits for a high frequency of bootstrap trials. Therefore, the base case with composite CPUE and Schaefer model (run02) was selected as the final base case model (thereafter 'the base case').

The results based on the base case analysis (run02) suggest that the exploitation level in recent years is slightly below the level that produces MSY (current B/B_{MSY} ratio is 0.918 and current F/F_{MSY} ratio is 0.871, **Figure 16**

and **Table 24**) but the stock is showing signs of slight recovery. These are probably due to declining trend of catch in recent years. MSY is estimated to be 90,820 t (80% C.L. 68,080 – 98,940 t) (**Tables 24** and **25**), which is higher than 2005 catch (71,020 t).

Among other scenarios examined, several cases could not be successfully converged and/or bootstrap analysis failed (**Tables 26** and **27**). Estimates of MSY, B-ratio and F-ratio ranged between 87,230 and 119,300t, between 0.653 and 1.462 and between 0.412 and 1.504, respectively. These are close to or a bit worse than the results of the last assessment. Comparison of historical trend of B-ratio and F-ratio for each case is shown in **Figure 17**. Several differences were observed among them (**Tables 26** and **27**, **Figure 17**). The sensitivity case with only Chinese Taipei CPUE (run11) showed higher MSY and B-ratio and lower F-ratio than the other cases, and the cases without the Chinese Taipei CPUE (run08 and run09) could not be solved both for generalized and logistic production models. These are probably due to recent increasing trend of the Chinese Taipei longline index. B-ratio was estimated to be lower during the early period if B_1/K was not fixed in the model (run03). The case without Azores CPUE (run12) does not have remarkable change from others, which is probably because CPUE of Azores bait boat was not so much different from longline CPUEs and catch amount of Azores bait boat was small. MSY was estimated to be higher if catch and CPUE only up to 2002 were used both for generalized and logistic models (run14 and run15). This is probably because of simultaneous decline of CPUE and catch in recent years. Slight differences were observed if model with different shape parameter (logistic versus generalized production model) was applied for the same CPUE index (for example, base case combined index, run01 and run02). **Figure 18** shows the equilibrium yield curve of the base case and the yearly catches. Catch and fishing mortality are estimated to be less than MSY level in recent years.

6.2 Multifan-CL

Comparison with analyses conducted in 2004. The analyses were insensitive to the changes in the assumed relative distribution of recruitment by region and of relative region sizes, as indicated by the runs made with the 2004 data (see **Figure 19**). In terms of comparing with the results obtained in 2004, a larger effect is observed in terms of using the dataset updated in 2007 (see **Figure 20**). Given similar assumptions and model options, the new dataset results in historically higher recruitment and lower biomass estimates.

Summary of results. **Table 28** 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 and some recommendations were made for intersessional work. Comments on various model options are provided below.

Spatial structure and tagging. The single region model (Run 6) resulted in lower recruitment and biomass estimates and was slightly more pessimistic (**Table 28** and **Figure 21**). MSY was about 25% lower with the single-region model, and more similar in magnitude to the MSY estimated with production models and VPAs.

Effect of M. In Runs 3 and 6, the pattern of M by age was estimated. In Runs 4, 5 and 12, where M was fixed, the results generally showed lower biomass and recruitment estimates. This was particularly the case for Runs 4 and 12 which used the VPA pattern assumed by the Working Group for several assessments (**Figure 22**). The patterns in M estimated in Run 3 (3 regions) and Run 6 (single region) were similar, and in turn also similar to the pattern developed by IATTC (**Figure 23**).

Estimating unreported catches. Run 7 did not achieve convergence. Because of the software's potential as a means to estimate unreported catches for some fisheries, the Working Group recommended that scientists continue to work intersessionally to obtain results for the selected model option.

Initial population size. In 2004 and most of the runs explored in 2007, the Working Group assumed that the initial (1961, first quarter) stock size would be computed assuming equilibrium with a constant F equal to the level estimated for the first 10 quarters (1961 to 1962.5). Run 8 was made to see the effect of using natural mortality only to estimate the initial stock size. Using M only, the results were considerably more pessimistic (**Figure 24**). The Working Group was concerned that the impact could be so large, given that the 1961 catches were relatively small, and that the fisheries for bigeye started only a few years before. The Working Group recommended that this issue be studied intersessionally, perhaps by making another run that includes catches since the beginning of the fisheries.

Exact catch solution. One run was made to test an experimental version of the software which assumed the catches were estimated without error and thus should be faster computationally. After running it, however, it

became evident that the underlying method for estimating catchability trends was different from that assumed by the Working Group for other runs, so that the results were not quite comparable (**Figure 25**).

Other options. Other runs were explored such as giving slightly less weight to the Japanese longline series (Runs 13 and 14) or having fewer selectivity groups and tag-reporting-rate groups as well as different weighting options (Run 11). These gave similar results to those of Run3. The Working Group recommended that scientists continue to investigate alternative modeling options in preparation for the next assessment.

The time-series trends in F/F_{MSY} and B/B_{MSY} estimated by each of the Multifan-CL runs is shown in **Figure 26**. These ratios were computed with respect to the overall selectivity for the fisheries from the past 2 years. Different perceptions could result if reference points for the realized selectivities over time were used. The Working Group used the Multifan-CL results (Run 3) to calculate how MSY would have changed through time if selectivity had remained constant at the values estimated every year. The resulting MSY estimates are shown in **Figure 27**, together with the average selectivity patterns by decade. MSY was highest in the 1960s when the longline and northern baitboat fisheries targeted mostly large bigeye. Then, as new baitboat and purse seine fisheries increasingly caught a larger proportion of small bigeye, MSY declined until about 1990. The potential appears to have remained constant or increased somewhat since 1990.

6.3 VPA

6.3.1 VPA base model results

The VPA model may be sensitive to assumptions regarding F-Ratios and Terminal-Fs. Therefore, the working group recommended that further evaluation of the specifications and implications of these parameters be conducted before the 2007 SCRS Species Group meeting.

The results of the VPA base-run indicate declining abundance, beginning during the mid-1980s (**Figure 28**). Recently, abundance has increased slightly, although this may be an artifact of the VPA estimation procedure.

Fishing mortality at all ages has increased substantially since 1990 (**Figure 29**). Fishing mortality is particularly high on Ages 0 and 1, which are selected by the purse seine gear, and Age 5 which is fully selected by the longline. Apical fishing mortality (the maximum of F -at-age in a given year) has strongly increased during the time series (**Figure 30**). The trajectory of Apical F/F_{MSY} indicates that overfishing began to occur after 1993, and that fishing mortality has exceeded the overfishing threshold ($F/F_{MSY} = 1$) several times since that time. In 2005, $F/F_{MSY} = 0.99$, indicating that fishing mortality is at or near the overfishing threshold.

The spawning stock biomass was generally stable during 1975-1989, then began a sharp decline from 1990-2000. Since 2000, the stock has been stable at a level close to SSB/SSB_{MSY} (**Figure 31**). In 2005, $SSB/SSB_{MSY} = 0.92$.

The spawner-recruit relationship is shown in **Figure 32**. A Beverton and Holt function was fit to the data. The parameters of this equation were $\alpha = 7.109E+07$, $\beta = 2.122E+05$. Unfished spawning stock biomass (S_0) was $1.38E+06$. The steepness (h) of the base run was 0.65. The estimated recruitments are shown in **Figure 32b**.

The stock status trajectory of the base run (**Figure 33**) indicates that the stock was not overfished ($SSB/SSB_{MSY} > 1$), and the overfishing was not occurring ($F/F_{MSY} < 1$) before 1994. After that time, overfishing occurred in several years. However, SSB/SSB_{MSY} remains near SSB_{MSY} .

The VPA-2BOX base run was bootstrapped ($n=250$) to characterize the uncertainty of the parameter estimates. The stock status estimates resulting from the 250 bootstrap runs are illustrated in **Figure 34**. Of the 251 total runs (including the deterministic run), 72% indicate overfishing in 2005, 75% indicate a stock biomass below SSB_{MSY} in 2005 and 58% indicate that overfishing is occurring and stock biomass is below SSB_{MSY} in 2005.

The Working Group discussed the possibility that the assumed ratio of F on the last true age in the analysis compared to the plus group might be influencing the overall assessment results, especially absolute estimates of spawning stock size and recruitment levels, which would influence the corresponding stock recruitment relationship. The Working Group recommended further evaluation of the specifications and implications of the VPA F -ratio (assumed ratio of fishing mortality in the plus group to the nearest true age) should be conducted.

6.3.2 VPA sensitivity analyses

Three VPA sensitivity runs were performed. The structure and inputs of these runs are summarized in **Table 29**. Except where noted, all sensitivity runs used identical input data and parameter estimation settings. One sensitivity run was intended to replicate the model structure of the Multifan-CL runs. This run (VPA-MFCL) used the same catch-at-age matrix as the VPA base run (**Table 16**) but the catch is divided amongst 15 fleets with corresponding partial catches (**Table 30**) and indices of abundance (**Table 7**). The indices were equally weighted with an annual CV=0.2 for all sensitivity runs.

During the preparation of the VPA run intended to replicate the structure of Multifan-CL, it was assumed that the indices were provided in numbers. Later, it became evident that they more accurately reflect changes in biomass. Therefore, the working group recommended that the MFCL-VPA be revised with updated indices and resubmitted for review by the Working Group during the September 2007 Species Group Meeting.

The VPA base and sensitivity runs share similar trends in SSB/SSB_{MSY}, F/F_{MSY} and recruitment (**Figure 35**). The “Base” and “Base-w/o Chinese Taipei LL Index” runs are very similar. However, the “MFCL” and “All Indices” runs are significantly more pessimistic, and both indicate that bigeye are undergoing overfishing and below SSB_{MSY} levels in 2005. To facilitate comparison of the VPA model runs, the results are summarized in a phase plot (**Figure 36**). Important benchmarks and reference points are summarized in (**Table 31**).

The large difference in the status estimates from the “Base” and “Base-w/o Chinese Taipei LL Index” runs versus the “MFCL” and “All Indices” runs is most likely the result of differences in the estimated steepness. The “Base” and “Base-w/o Chinese Taipei LL Index” runs have estimated steepness of about 0.6, while the other runs have an estimated steepness of roughly 0.4. This has important implications for stock status.

6.4 Summary of overall results and state of the stocks evaluation

The 2007 stock assessment was conducted by various types of models. In general, data availability was improved but there is still some lack of information regarding detailed fishing and size data from certain fleets, in addition to the past catch and fishing activities of IUU fleets (e.g., size, location and total catch), leading to the need to assume catch-at-size for an important part of the overall catch. Species composition of Ghanaian fisheries was reconstructed from 1997 on based on improved sampling and catch-at-size estimated in recent years as part of the data improvement projects of ICCAT.

This year, two new indices of relative abundance and updated indices of those previously used were made available to the Committee for use in the assessment. In total, six indices (**Figure 8**) were provided, of which four were from longline fisheries from Japan, Chinese Taipei, United States and Brazil. The other two were from a purse seine fishery operated by EC and another from baitboat fishery located in Azores. While the Japanese indices have the longest duration and represent roughly 20-40% of the total catch, the other indices are shorter and generally account for a smaller fraction of the catch than the Japanese fishery except for Chinese Taipei’s longline index whose catch is now as large as the Japanese catch. These longline indices primarily relate to medium and large-size fish. The purse seine index was developed from the FADs operation, so this index represents the stock trend in recruitment. The Azorean baitboat index represents large size components.

Several types of assessment models including production models, VPA and a statistical integrated model (Multifan-CL) were applied to the available data. There was a range of stock status evaluations from the various model formulations applied, not all of which were judged to be equally likely.

Consistent with previous assessments, 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 two types of production models was about 90,000 t and 93,000 t, 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 (**Figure 27**).

The estimated stock trajectory is shown in **Figure 16**. The biomass at the beginning of 2006 was estimated to be nearly 92% of the biomass at MSY and the 2005 fishing mortality rate was estimated to be about 13% below the fishing mortality rate at MSY. The replacement yield for the year 2006 was estimated to be slightly below MSY. The uncertainty in our estimates of current stock status is characterized by the range shown in the lower right-most panel in **Figure 16**. While the Working Group feels this characterization best represents the current status of bigeye in the Atlantic, there are other model formulations which would admit both more optimistic and more pessimistic stock status evaluations (**Table 32** and **Figure 37**).

7. Projections

7.1 ASPIC

Bootstrapped population projections were run using the ASPIC model (see section 6.1.x) with the Base Case combined index logistic fit. The catch in 2006 was set as the reported catch in 2005 (71,020 t) and thereafter (2007-2016) constant harvest policies of catches of 60,000, 70,000, 80,000, 85,000, 90,000, 100,000, 110,000 and 120,000 t were carried out (**Table 33**). The median biomass trajectories as well as 80% confidence limits for each constant harvest policy were shown in **Figure 38**. These demonstrate progressively more uncertainty in the projected population trajectory as they were projected longer. Point estimates show that the stock should recover if future constant catch is less than 85,000 t (a bit lower than estimated MSY by ASPIC base case run). As sensitivity analyses, the median biomass trajectories with different assumption of catch level in 2006 (MSY level (90,820 t) and potential quota (120,000 t)) with similar assumption of thereafter (2007-2016) constant harvest level (60,000, 80,000, 100,000 and 120,000 t) were examined and the results are shown in **Figure 39**. The trajectory of each future projection is almost identical to the case (2006 catch = 2005 catch), but the future B-ratio becomes lower if catch in 2006 is higher.

7.2 Bayesian surplus production model projections

Projections of the base model 1 for eight fixed catch levels ranging from 60,000 t to 120,000 t and at the estimated MSY, 93,275 t are shown in **Figure 40**. The projection on the left assumes a catch in 2006 equal to the 2005 value (71,000 t) and the projection on the right assumes a 2006 catch of 120,000 t. B/B_{MSY} was projected through 2015 using the Base case 1 (combined indices weighted by landings) run. The values shown represent the median values from a subsample (5,000) of the importance draws (>20,000). The projections do not include process error. In general, catches $\leq 90,000$ t allow the population to increase while catches $>100,000$ t cause the population to decline.

7.3 VPA

VPA projection methods. For the VPA “Base” and “MFCL” model runs, projections were made to 2015 using the projection software PRO-2BOX². To estimate the variance, 100 bootstraps were run. This method takes into account the inherent variability in the parameter estimates. The stock recruitment parameters were estimated during the projection as deviations from a Beverton and Holt stock recruitment function ($\alpha = 2.2E5$, $\beta = 1.6E4$; standard error = 0.4). Fourteen projections were made from the VPA runs. They are as follows:

1) Project 2006 yield at the 2005 level (68,300 t):

a) Project 60,000 t	2007-2015
b) Project 70,000 t	2007-2015
c) Project 80,000 t	2007-2015
d) Project 90,000 t	2007-2015
e) Project 100,000 t	2007-2015
f) Project 110,000 t	2007-2015
g) Project 120,000 t	2007-2015

2) Project 2006 yield at 120,000 t

a) Project 60,000 t	2007-2015
b) Project 70,000 t	2007-2015
c) Project 80,000 t	2007-2015
d) Project 90,000 t	2007-2015
e) Project 100,000 t	2007-2015
f) Project 110,000 t	2007-2015
g) Project 120,000 t	2007-2015

7.4 VPA projection results

Projections from the “Base” run indicate that MSY = 78,900 t, and that the population is sustainable at catch

² Version 2.01, Porch, ICCAT software catalog.

levels lower than approximately 80,000 t (**Figure 41** and **Figure 42**). Catches $\geq 90,000$ t cause the population to decline.

Projections from the “MFCL” run suggest that MSY could be substantially lower than that estimated for the base run, $MSY=66,000$ t, and that the population is not sustainable at any of the projected catch levels (**Figure 43** and **Figure 44**). Instead, the population declines, even at catch levels of 60,000 t. This run suggests that catches would have to be reduced substantially to allow the bigeye stock to recover to SSB_{MSY} , and prevent further overfishing.

7.5 Summary outlook

Stock projections were conducted, assuming a catch of 71,000 t in 2006 and varying levels of the constant catch thereafter. It should be noted that [Rec. 04-01] potentially allows for substantially more catch than either the assumed 2006 catch level or the estimated MSY. The projection results suggest that the biomass of the stock would likely decline further with constant catches of 90,000 t or more. Some increase in biomass, leading to rebuilding to B_{MSY} is expected with catches of less than 85,000 t (**Figure 38**).

8. Recommendations

Coordination amongst the tuna RFMOs should be encouraged with an eye to, among other objectives, examining the possibility of ‘fish laundering’ for bigeye and other species, as the stock assessment and management recommendations of Atlantic bigeye are conditional upon the estimated and reported catch data. The Working Group is concerned that unreported catches from the Atlantic might have been poorly estimated and maybe continuing, but available statistical data collection mechanisms are insufficient to fully investigate this possibility. An informative example of the potential political/social/fishery impacts of failure in tracking total human-induced mortality and fishing effort resulting in that mortality is the recent activity resulting from the discovery of previously unaccounted for catch of SBT.

8.1 Research and statistics

Efforts should be undertaken to revise the length-weight relationship used for estimating bigeye weights at length. In such an effort, it will be necessary to use common metrics (whole weight) and so, it will also be necessary to review and reevaluate conversions from processed to round weights. A study making use of fish sampled from surface and from longline fisheries would be most beneficial in providing a revised relationship across the range of fish taken in the fisheries. It is recommended that scientists who have collected or have access to such data should collaborate on this research. For future data collection activities it is recommended that whole and processed weights and fork and pre-dorsal lengths be recorded.

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 design and implement, experiments to estimate tag reporting rates for the fisheries taking bigeye.

An investigation into the implications of alternative priors used for the intrinsic rate of increase (r) for the Bayesian Surplus Production model is warranted.

Further evaluation of the specifications and implications of the VPA F-ratio (assumed ratio of fishing mortality in the plus group to the nearest true age) should be conducted.

One approach to estimating unreported catch (see above General Recommendation) within the Multifan-CL structure was initiated by the Working Group. At the meeting, this work was not completed, and the Working Group recommended that scientists continue to work intersessionally to obtain results for the selected model option.

The Working Group recommended continued improvement in catch estimates by species for Ghana through the sampling program assisted by ICCAT.

Considering that the national scientists have a better knowledge of their fisheries and consequently can define procedures to obtain catch at size more accurately than those defined by the Secretariat, the Working Group recommended that catch at size should be provided by national scientists. Together with catch at size, scientists should provide raw size data and detailed information on the procedure followed to estimate catch at size data.

8.2 Management

This assessment indicated that the stock declined rapidly during the 1990s due to the large catches made then, and that in recent years the stock has stabilized at around or below the level that produces MSY in response to a large reduction in reported catches. Estimated fishing mortality exceeded F_{MSY} for several years since the mid-1990s and has declined rapidly since 1999 (**Figure 8**). Projections indicate that catches of 85,000 t or less will permit the stock to rebuild in the future. The Commission should be aware that if major countries were to take the entire catch limit set under Recommendation [Rec. 04-01] and other countries were to maintain recent catch levels, then the total catch could exceed 100,000 t. The Working Group recommends that the total catch should not exceed 85,000 t.

The assessment and subsequent management recommendations are conditional on the reported and estimated history of catch for bigeye in the Atlantic. The Working Group reiterates its concern that unreported catches from the Atlantic might have been poorly estimated and maybe continuing, but available statistical data collection mechanisms are insufficient to fully investigate this possibility.

9. Other matters

9.1 Time area closure

In 2004, the Commission approved a *Recommendation by ICCAT for a Multi-year Conservation and Management Program for Bigeye Tuna* [Rec. 04-01], replacing [Rec. 99-01]. This new recommendation included closure of the area: – Southern limit: parallel 0° South latitude, – Northern limit: parallel 5° North latitude, – Western limit: meridian 20° West longitude, – Eastern limit: meridian 10° West longitude, to the purse seine and baitboat fleets during the month of November. The recommendation also includes the request to the SCRS of examining in 2005 the impact on stocks of this measure.

Considering that the measure entered into force in 2005, available data did not allow the SCRS to provide any advice to the Commission in 2005. Some data for 2005 are now available to the Working Group related to the closure and an evaluation of these data was undertaken at the meeting.

The present analysis has been conducted using the total catch at size data (all gear included) from 1975 to 2005.

Figure 45 shows the percentage in number, of small bigeye (fish less 3.2 kg) in the catch both annually and for quarters, 1 and 4, which were affected by [Rec. 99-01]. From this figure it seems that the first time-area closure stopped the increasing trend in the proportion of small bigeye in the catch, which started in early 1990s coincident with the extension of fishing on FADs. However, the new time-area closure, which is much shorter in duration and much smaller in size than the first closure, appears to reverse the outcome of the first closure and results in higher percentage of small bigeye in the catch, although only one year of data are available.

Figure 46 shows the average percentage in number of small bigeye in the catch for four periods: (1) before the extension of fishing with FADs (1980-90), (2) prior to the first time-area closure and during the extension of FAD fishing (1991-1996), (3) during the first time-area closure (1997-2004), and (4) under new time-area closure (2005). Comparing the percentage of small bigeye in 2005 with the average of the previous time-area closure an increase of close to 15% is found.

Nevertheless, looking the number of small bigeye (**Figure 47**) we can see a decrease in 2005 due to the reduction of the catch of fleets which have a significant component of small fish in their bigeye catches (PS and Ghanaian BB). Differences in the trends of the number and percentage of small bigeye can be explained by the fact that the number of small fishes in the catch is only affected by the purse seine and Ghanaian baitboat catch trends while the trend in the percentage of small fish is a balance between the catch of gears fishing small and big fishes (**Figure 48**). However, if we consider the differences by quarter we can see that although the overall reduction in the number of small bigeye in 2005, related to the average first time-area closure period, is close to 15%, the decrease during the last quarter (affected by the old and new measures) has been of only 2%.

10. Adoption of the report and closure

The report was adopted and the meeting adjourned.

Literature cited

- HALLIER, J.P., B. Stequert, O. Maury, and F.X. Bard. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 57(1): 181-194.
- PARKS, W., F.X. Bard, P. Cayré, S. Kume, Al. Santos Guerra. 1982. Length-weight relations for bigeye tuna captured in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. 17(1): 214-225.
- MCALLISTER, M.K. and E.A. Babcock. 2003. Bayesian surplus production model with the Sampling Importance Resampling algorithm (BSP): a user's guide. Available from www.iccat.int.
- OKAMOTO, H., N. Miyabe and K. Satoh. 2005. Abundance indices of Atlantic bigeye caught by the Japanese longline fishery and related information updated as of 2002. Collect. Vol. Sci. Pap. 58(1): 119-136.

RAPPORT DE LA SESSION D'ÉVALUATION DU STOCK DE THON OBÈSE DE 2007 DE L'ICCAT

(Madrid, Espagne – 5-12 juin 2007)

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

La réunion s'est tenue au Secrétariat de l'ICCAT à Madrid, du 5 au 12 juin 2007. M. Driss Meski, Secrétaire exécutif de l'ICCAT, a ouvert la réunion et a souhaité la bienvenue aux participants (« le Groupe de travail »).

Dr. N. Miyabe (Japon), Président de la réunion, a souhaité la bienvenue aux participants de la réunion et a remercié le Secrétariat pour tous les efforts déployés en vue de la préparation de cette réunion. Dr Miyabe a passé en revue l'ordre du jour qui a été adopté sans changement (**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:

Section	Rapporteurs
Sections 1, 9 et 10	P. Pallarés
Section 2	R. Pianet
Section 3	P. Kebe
Section 4	C. Brown
Sections 5.1, 6.1 et 7.1 J.	Walter, Y. Takeuchi, T. Matsumoto et F. Hazin
Sections 5.2, 6.2 et 7.2	V. Restrepo et N. Miyabe
Sections 5.3, 6.3 et 7.3	S. Cass-Calay
Sections 6.4 et 8	G. Scott

2. Données biologiques, y compris information sur le marquage

Seul un nouveau document sur les données biologiques a été présenté au Groupe de travail. Le dernier rapport d'évaluation (2004) fait état de davantage d'informations à ce titre et les résumés des informations biologiques et d'autre nature, notamment sur les pêcheries, le marquage, les études génétiques et la modélisation du stock, figurent dans les éditions spéciales de l'ICCAT du Programme d'Année Thon Obèse (*Recueil de Documents scientifiques ICCAT, Vol. 57 (1)*), de la Seconde Réunion Mondiale sur le Thon Obèse (*Recueil de Documents scientifiques ICCAT, Vol. 57 (2)*) et dans le Chapitre 2 du Manuel d'opérations de l'ICCAT.

Le **Tableau 1** présente les divers paramètres et coefficients de conversion actuellement postulés par l'ICCAT en ce qui concerne le thon obèse de l'Atlantique. Sauf indication contraire dans les sections ci-après, ceux-ci ont été utilisés dans la préparation des données et les passages du modèle.

Le SCRS/2007/088 présente un nouveau rapport taille-poids pour le thon obèse, d'après les données des observateurs collectées à bord de palangriers du Taïpei chinois. L'un des principaux objectifs du programme visait à collecter les données de taille des principales espèces ciblées mais un grand nombre de poissons a également été pesé. Des analyses ont été réalisées sur deux jeux de données (le premier couvrant 2002-05 et le second avec les données additionnelles de 2006) ; malgré la grande différence dans la taille des échantillons, il existait très peu de différence entre les deux jeux de données. Le rapport taille-poids estimé pour le thon obèse d'après l'ensemble du jeu est le suivant :

$$W = 2,373 \times 10^{-5} \times L^{2,932} (R^2 = 0,932 ; n = 54.173)$$

Il faut toutefois prêter attention au fait que ce rapport se base sur le poids manipulé (éviscéré et sans branchie) et non sur le poids vif. Il convient de tenir compte de cela lorsque l'on compare ces résultats avec des résultats plus anciens (*cf. Figure 1*). Un autre élément à prendre en considération est la grande différence dans la taille des échantillons (130 à 54.000), les gammes de taille et la zone de pêche. Cette étude est de loin la plus complète mais se base malheureusement sur le poids manipulé. Des efforts devraient être déployés afin d'obtenir, dans la mesure, du possible le poids vif. Il est aussi recommandé de collecter des données sur le sex-ratio de ces grands poissons.

La comparaison de cette courbe avec le rapport taille-poids « officiel » de l'ICCAT permet de calculer un coefficient de conversion par taille (**Figure 2**) pour les palangriers du Taïpei chinois.

Le ratio de conversion moyen obtenu (1,25) est bien plus élevé que celui communiqué dans le manuel (ancienne version: 1.13) ainsi que dans le nouveau manuel (1.16). Cependant, cette comparaison n'est pas la meilleure façon d'estimer une conversion de poids vif en poids manipulé, qui peut varier considérablement entre les pêcheries. Une étude utilisant des poissons échantillonnés de pêcheries de surface et de pêcheries palangrières serait plus utile aux fins de l'obtention d'un rapport taille-poids révisé de la gamme des poissons capturés dans les pêcheries. Il est recommandé que les scientifiques qui ont collecté ces données ou qui y ont accès collaborent dans ces programmes de recherche. Pour les futures activités de collecte de données, il est recommandé que les poids vifs et manipulés et les longueurs à la fourche et prédorsales soient enregistrés et que les conversions de poids manipulé en poids vif soient estimées sur cette base afin de tenir compte des variations entre les pêcheries.

3. Données de capture, y compris fréquences de taille et tendances des pêcheries

3.1 Prises estimées

Le Secrétariat a présenté les données de prise de thon obèse pour 1950-2005. Seules des données limitées ont été déclarées pour 2006 et le groupe de travail a décidé d'utiliser uniquement les données de prise jusqu'en 2005.

Le groupe de travail a examiné le tableau de capture et a noté que ces dernières années (1997-2005) le ratio des prises ghanéennes des trois espèces tropicales déclarées au Secrétariat ne coïncidait pas avec la composition par tailles calculée d'après l'échantillonnage de tailles (**Figure 3**). Le Secrétariat a aussi présenté la prise et la composition par tailles du Ghana pour 2006, estimées avec le logiciel AVDTH récemment utilisé pour cette pêche (**Figure 4**). D'après les informations présentées ci-dessus, le groupe de travail a décidé de réestimer les prises du Ghana pour les années 1997-2004 à l'aide des ratios de composition par tailles calculés d'après l'échantillonnage des tailles et le ratio de 2006 calculé à l'aide de AVDTH jusqu'aux prises de 2005.

La distribution spatiale des prises du Taïpei chinois pour 2004 et 2005 a également été révisée (**Tableau 3**) sur la base de l'information actualisée soumise par les scientifiques présents et le groupe de travail a convenu d'inclure ces changements à la base de données du Secrétariat.

Tous les changements recommandés par le groupe de travail ont été inclus dans la base de données du Secrétariat et un tableau de prise actualisé (**Tableau 2**) a été présenté et accepté par le groupe de travail.

Le groupe de travail a noté l'absence de la prise des Antilles néerlandaises pour 2005. D'après l'information reçue par le groupe de travail, la prise zéro de cette pêche est due au fait que des navires qui opéraient auparavant comme partie intégrante de la flotte ont abandonné ou changé de pavillon. On a également signalé la forte diminution de la prise dénommée "IUU" (**Figure 5**). Le groupe de travail s'est dit préoccupé par le fait que les prises non déclarées dans l'Atlantique pourraient être médiocrement estimées et pourraient continuer mais les mécanismes de collecte de données statistiques disponibles sont insuffisants pour explorer totalement cette possibilité. Les activités menées récemment, à la suite de la découverte de prises de thon rouge du sud inexploitées jusqu'ici, sont un exemple informatif des potentiels impacts politiques/sociaux/des pêcheries de l'absence de suivi de l'ensemble de la mortalité provoquée par l'homme et de l'effort de pêche donnant lieu à cette mortalité.

La question du suivi des "faux poissons" en Côte d'Ivoire a été soulevée aux cours des discussions et le groupe de travail a approuvé la recommandation formulée à Recife durant la réunion intersession du Groupe d'espèces de thonidés tropicaux visant à tenter de développer des estimations de ces prises par espèce afin de les inclure dans les futures évaluations des espèces tropicales.

3.2 Fréquences de tailles

Les informations relatives aux fréquences de tailles ont été diffusées aux participants potentiels avant la réunion et certains diagnostics ont été évalués. Les procédures de contrôle et d'assurance de la qualité utilisées et les décisions du groupe de travail en résultant sur les données de fréquence de tailles sont documentées dans le SCRS/2007/089. Les résumés des fréquences de tailles utilisées dans l'analyse MULTIFAN-CL sont représentés à la **Figure 6**. Le graphique du haut montre, pour chaque pêche définie pour MULTIFAN-CL, la moyenne des

10^{ème}, 50^{ème} et 90^{ème} centiles des distributions des fréquences de tailles relatives. Le graphique du bas illustre, à l'échelle logarithmique, l'échantillon de taille moyen de chaque pêcherie.

3.3 Prise par taille

Le Secrétariat a présenté les données actualisées de prise par taille du thon obèse pour la période 1975-2005 avec l'inclusion de données révisées et de nouvelles informations sur l'échantillon de taille ou la prise par taille disponible après la dernière évaluation du thon obèse tenue en 2004. Ces changements affectent les flottilles suivantes :

Prise par taille de la palangre japonaise pour la totalité de la période, 1975-2005.
Pêcheries de surface de tropicaux européens (France, Espagne et NEI), 1991-2005.
Madère, Portugal, pour la période 1975-2005.
Açores, Portugal, pour la période 1991-2005.
Palangre Brésil 1983-1995.
Espagne (Mer Cantabrique) 1998-2002.
Taïpei chinois 1996-2005.

Toutes les informations de la base de données de prise par taille ont également été ventilées par flottille, conformément à la classification définie à la réunion de Recife (*cf.* Rapport de la réunion intersession du Groupe d'espèces de thonidés tropicaux de 2007, *Recife, Brésil 11-16 avril 2007*). Le **Tableau 4** fait état des données récapitulatives de prise par taille.

4. Indices d'abondance relative

Palangre

Les indices standardisés d'abondance ont été présentés pour quatre pêcheries palangrières capturant le thon obèse. Les indices d'abondance du thon obèse de l'Atlantique capturé par la pêcherie palangrière japonaise ont été présentés (SCRS/2007/067). Les indices ont été élaborés avec un Modèle Linéaire Généralisé (GLM) à l'aide des dernières données de prise et d'effort et de prise par taille disponibles. L'effet de la température de surface de la mer classifiée par rectangles de 5° et par mois a été examiné mais les protocoles de standardisation n'ont pas pris en considération les informations sur la profondeur de la thermocline incluses pour les indices présentés à l'évaluation précédente (SCRS/2004/132), compte tenu des données disponibles. Les indices numériques et de biomasse annuels ont été inclus pour la principale zone de pêche de la flottille japonaise ainsi que pour la totalité de l'Atlantique ; des indices trimestriels ont été présentés pour ces zones ainsi que pour les trois zones prises en considération dans l'analyse MULTIFAN-CL (région tropicale et zones subtropicales du nord et du sud). Les indices n'ont pas été présentés par classe d'âge. Les effets incorporés dans ces indices incluaient également l'année, la zone (ou latitude et longitude), le nombre d'hameçons entre les flotteurs, la température de surface de la mer et le matériel de la ligne principale et de l'avançon, comme variables explicatives. Les indices annuels présentaient une tendance quelque peu à la hausse jusqu'au début des années 1970, suivie d'une tendance généralement descendante jusqu'en 2005. Le Groupe de travail s'est dit préoccupé par l'application des fonctions polynomiales de latitude et de longitude et leurs interactions d'ordre supérieur car il est plus difficile d'appréhender leur rapport biologique avec les taux de capture du thon obèse. Au cours de la discussion, il a été fait observer qu'il existait une tendance à la hausse du nombre d'hameçons par panier alors qu'elle se stabilisait. Le groupe de travail a suggéré d'étudier à l'avenir les différences présentes dans le nombre d'hameçons par panier entre les zones. Les indices de cette pêcherie ont été inclus dans les passages du cas de base pour tous les modèles.

La CPUE standardisée du thon obèse capturé par la flottille palangrière du Taïpei chinois dans l'océan Atlantique a été présentée dans le document SCRS/2007/063. La méthode utilisée pour la standardisation était un GLM postulant une distribution d'erreur delta binomiale-lognormale. Les variables explicatives incluaient l'année, la zone, le ciblage du germon, le ciblage de l'albacore (les variables de ciblage décrivent le ratio de germon ou d'albacore par rapport à la prise de thon obèse) et une interaction année-zone. Les auteurs ont noté que pour 2006, l'indice standardisé pourrait être biaisé par un taux de déclaration plus élevé de la part des navires ciblant le thon obèse (demandé par les réglementations). Les indices numériques ont été développés séparément à partir de deux jeux de données, des carnets de bord afin de représenter l'effort quotidien et des données regroupées par mois issues des carnets de bord. Le groupe de travail a décidé d'utiliser les données regroupées par mois étant donné que de nombreux carnets de bord reflétaient l'effort sur plusieurs jours. Un

indice de biomasse a été développé durant la réunion, en appliquant un poids moyen annuel à l'indice numérique. Le groupe de travail a averti que le résultat pourrait différer de celui qui pourrait être obtenu en convertissant à la biomasse au niveau basé sur l'observation. Le groupe de travail a noté que les indices palangriers du Taïpei chinois divergeaient des autres indices disponibles en 2004-2005, dégagant une forte tendance à la hausse. Ces indices ont été inclus dans les passages du cas de base pour tous les modèles. Par ailleurs, les analyses de sensibilité recommandées consistaient en l'exclusion de ces indices puis en l'inclusion de ces indices uniquement dans le but d'étudier l'influence de la tendance différente pour 2004-2005.

Le document SCRS/2007/065 faisait état des indices d'abondance annuels et trimestriels de la pêche palangrière brésilienne. Les regroupements ont été identifiés dans les données des carnets de bord disponibles lesquels reflètent la composition spécifique de la capture et ils ont été inclus en tant que mesures des espèces ciblées par les opérations de pêche. D'autres facteurs incluaient les interactions suivantes : année, trimestre, sous-zone et année*trimestre. Le groupe de travail a décidé d'utiliser les indices élaborés en incluant l'effet de regroupement car les changements du ciblage pourraient être ainsi pris en compte. Le groupe de travail a cependant indiqué qu'il serait peut-être préférable d'analyser les données de regroupement du thon obèse de façon séparée plutôt que de considérer le regroupement comme facteur et il a recommandé d'étudier cette approche à l'avenir. Il a été noté que le facteur de regroupement, tel qu'appliqué actuellement, attribue la principale raison du changement des taux de capture au changement de ciblage et pourrait réduire les tendances si ce n'est pas le cas. On a suggéré de recourir à une modélisation de la simulation en vue de chercher à déterminer cela. Tout comme pour l'indice palangrier du Taïpei chinois, un indice de biomasse a été développé au cours de la réunion en appliquant un poids moyen annuel à l'indice numérique. Les indices palangriers brésiliens ont été inclus dans les passages de base de tous les modèles à l'exception de la VPA, qui incluait ces indices dans un passage de sensibilité.

Le document SCRS/2007/069 présente les indices de la CPUE standardisée de la pêche palangrière pélagique des Etats-Unis dans l'Atlantique nord-ouest et le Golfe du Mexique. Deux autres indices ont été présentés pour la même pêche : a) un indice de biomasse basé sur les débarquements de thon obèse récapitulés par sortie ; et b) un indice numérique basé sur les données récapitulées par opération. Pour l'indice de biomasse, le manque d'observations après 1996, qui avait donné lieu à son exclusion de l'évaluation précédente, a été résolu en actualisant la variable de classification des bateaux par rapport aux opérations des bateaux ; le nombre des observations s'est accru sensiblement après 1996. La standardisation a utilisé un modèle linéaire généralisé mixte postulant une distribution d'erreur delta binomiale lognormale. Les variables explicatives incluaient l'année, la zone, une classification des bateaux selon leur catégorie, le trimestre et la classification des zones de gestion ; la densité des baguettes lumineuses par hameçon a également été prise en considération mais n'a pas été incluse dans les modèles finaux. Le groupe de travail a discuté de la tendance à la hausse qui se dégage en 2004-2006 et qui semble provoquée par un accroissement dans une zone déterminée (côte orientale de la Floride). Les analyses réalisées durant la réunion ont suggéré que l'accroissement des taux de capture de la côte orientale de la Floride ces dernières années pourraient être influencé par le déplacement de l'effort plus à l'est dans cette zone en raison des fermetures de gestion dans les parties occidentales de cette zone. Toutefois, les taux de capture dans ces zones présentaient déjà une tendance ascendante avant le déplacement de l'effort, ce qui n'explique donc pas complètement cet accroissement. Les indices de cette pêche ont été inclus dans les passages du cas de base pour tous les modèles.

Canne

Faisant suite aux recommandations issues de l'évaluation antérieure visant à l'application de méthodes adéquates aux fins de la standardisation des taux de capture pour les pêcheries de canneurs, la CPUE standardisée de la flottille des canneurs des Açores a été calculée dans le SCRS/2007/087. La standardisation a utilisé un modèle linéaire généralisé mixte postulant une distribution d'erreur delta binomiale lognormale. Les variables explicatives incluaient l'année, le trimestre, une classification des bateaux selon leur catégorie basée sur la taille des navires et leurs opérations habituelles et les interactions entre le trimestre et la classe du navire ainsi qu'entre l'année et le trimestre. Le groupe de travail a fait observer que la tendance descendante générale était d'une échelle similaire aux tendances descendantes observées dans les indices palangriers du Japon et des Etats-Unis mais que de fortes fluctuations au début de la période pourraient refléter la disponibilité locale pour cette pêche qui n'est que d'un carré de 5 degrés environ. Le groupe de travail a également envisagé la possibilité que les années plus récentes pourraient refléter un déclin à long terme de la disponibilité locale en raison de facteurs environnementaux. Ces indices ont été inclus dans les passages de base de tous les modèles à l'exception de la VPA, qui incluait ces indices dans un passage de sensibilité.

Senne

Lors de l'évaluation précédente, il a également été recommandé d'appliquer des méthodes adéquates aux fins de la standardisation des taux de capture pour les pêcheries de senneurs. L'élaboration de ces indices s'est avérée problématique pour les thonidés tropicaux, compte tenu des difficultés à définir les unités d'effort pertinentes pour une pêcherie qui a connu des améliorations technologiques et des changements dans le temps de recherche et d'opérations de pêche fructueuses compte tenu d'une plus grande utilisation progressive des dispositifs de concentration de poissons (DCP). Deux documents décrivant un processus visant à résoudre ces problèmes ont été présentés. Le document SCRS/2007/066 décrivait la procédure utilisée afin de séparer la totalité de l'effort des jours de pêche des flottilles de senneurs européens et associés en deux stratégies de pêche distinctes (pêche sous DCP ou sur bancs libres) qui ont été développées par ces flottilles depuis le début des années 1990. La méthode de séparation utilise les données des observateurs et prend en considération le pourcentage d'effort de recherche consacré à chaque modalité de pêche ainsi que le temps passé à installer l'engin. Le document SCRS/2007/064 présentait un indice d'abondance du thon obèse juvénile, sur la base des données de CPUE des senneurs, limitant l'analyse aux DCP seulement (qui représentent plus de 80% de la prise). L'analyse s'est également restreinte à la prise de thon obèse de moins de 10 kg, c'est-à-dire aux juvéniles de thons obèses. L'unité d'effort de base utilisée était le nombre d'opérations de pêche (les enregistrements de CPUE étaient en prise par opération de pêche) et un GLM postulant une distribution d'erreur binomiale négative a été employé pour la standardisation. Le modèle incluait les facteurs année, flottille, trimestre, zone et ciblage. Le groupe de travail a cependant fait part de ses préoccupations quant au fait que l'inclusion du facteur de ciblage, qui se base sur le pourcentage de thon obèse dans chaque opération de pêche, pourrait réduire la tendance. Le groupe de travail a recommandé de recalculer les indices sans inclure le facteur de ciblage et en postulant une distribution d'erreur lognormale et non une distribution d'erreur binomiale négative. Les indices ont été recalculés conformément à ces recommandations (**Figure 7**). Le groupe de travail a reconnu qu'il subsistait des problèmes liés à l'indice ; il s'est notamment dit préoccupé par le fait que l'unité d'effort (opération sous DCP) pourrait ne pas être cohérente dans le temps et que la composition spécifique (et donc la prise de thon obèse) n'est pas réellement connue mais est plutôt estimée (par année/trimestre/zone). Néanmoins, ces indices des senneurs ont été utilisés dans les modèles de la VPA étant donné que ce sont les seuls indices disponibles pour les âges 0 et 1 et que l'approche de standardisation semblait présenter une amélioration par rapport aux indices des senneurs disponibles auparavant. Les indices des senneurs ne reflétant que les âges 0 et 1, il n'a pas été jugé approprié de les inclure dans les analyses du modèle de production.

Elaboration d'indices combinés

Le **Tableau 5** et la **Figure 8** présentent les indices numériques (**a**) et de biomasse (**b**) sélectionnés à une échelle commune (chaque série est échelonnée à sa moyenne respective pour les années de chevauchement 1982-2007). Pour les analyses des modèles de production, le Groupe de travail a décidé de générer un indice combiné d'abondance, en se fondant sur les indices de biomasse disponibles. Durant la réunion, un indice combiné de base a été créé en utilisant les indices de biomasse de a) l'indice japonais limité à la zone de pêche principale pour les années 1961-2005, b) le version regroupée par mois de l'indice du Taïpei chinois pour 1981- 2005, converti en biomasse en utilisant les poids moyens annuels, c) l'indice de biomasse des Etats-Unis pour 1982-2005, d) l'indice palangrier brésilien pour 1978-2005, converti en biomasse en utilisant les poids moyens annuels et e) l'indice de biomasse des canneurs des Açores pour 1970-2005 (**Tableau 6** et **Figure 9**). L'indice combiné a été calculé d'après la moyenne annuelle des indices relatifs, chaque indice étant pondéré par la proportion annuelle de la prise de chaque pêcherie par rapport à la prise annuelle totale. Cette approche diffère légèrement de celle utilisée lors de l'évaluation précédente. En 2004, l'indice combiné avait été estimé à l'aide d'un GLM avec un facteur de pondération basé sur la proportion annuelle de la capture de chaque pêcherie par rapport à la prise palangrière totale. Outre l'indice combiné de base, le Groupe de travail a suggéré d'utiliser des indices combinés alternatifs pour les évaluations de sensibilité : un indice composé qui n'incluait pas l'indice des canneurs des Açores, un indice composé qui n'incluait pas l'indice des palangriers brésiliens et un indice composé qui n'incluait pas l'indice des palangriers du Taïpei chinois.

Indices de CPUE pour l'analyse VPA structurée de la même façon que MULTIFAN-CL

Les indicateurs des taux de capture à utiliser dans une analyse VPA structurée avec 15 pêcheries, telles que définies pour les analyses MULTIFAN-CL, ont été élaborés d'après les séries d'effort standardisées utilisées dans les analyses MULTIFAN-CL (SCRS/2007/089). La CPUE a été supposée être l'effort standardisé divisé par la prise correspondante pour la strate concernée. Afin de mettre les indicateurs à une échelle temporelle

annuelle (MULTIFAN-CL a été structuré avec une échelle temporelle trimestrielle), on a utilisé un GLM avec les variables nominales trimestre et année. Les valeurs annuelles ont été supposées être la moyenne des moindres carrés de l'effet année pour le GLM de chaque pêcherie. Le **Tableau 7** présente les valeurs annualisées en biomasse, calculées de cette façon.

5. Méthodes et autres données pertinentes pour l'évaluation

5.1 MULTIFAN-CL

Le document SCRS/2007/089 faisait état d'informations détaillées sur la préparation de données pour le passage de MULTIFAN-CL à la réunion d'évaluation de 2007. La présente section détaille les options et les postulats de modélisation.

Pour cette évaluation, le groupe de travail a apporté des modifications à la définition des pêcheries à inclure dans le modèle (**Tableau 8**). La **Figure 10** illustre la prise, l'effort et les séries de CPUE pour ces pêcheries. Par rapport aux passages du modèle de 2004, les principaux changements ont consisté en (a) la séparation de l'effort des senneurs après 1990 en opérations de pêche sous DCP et sur bancs libres et (b) la combinaison de la canne et de la senne ghanéenne en une seule pêcherie.

En 2004, le groupe de travail a exploré diverses formulations du modèle et divers jeux de données pour l'application de MULTIFAN-CL au stock de thon obèse de l'Atlantique. Parmi les divers passages explorés, le groupe de travail a accordé une certaine préférence à ce qui a été défini comme le Passage3 du rapport d'évaluation de 2004. Cette formulation avait les caractéristiques suivantes :

Croissance : établie aux valeurs estimées par Hallier *et al.* (2005), sauf pour les 8 premiers trimestres d'âge pour lesquels les tailles moyennes ont été estimées.

Mortalité naturelle: estimée.

Echange des marques: on a postulé que les poissons marqués se sont complètement mélangés avec la population non marquée après deux trimestres.

Taille initiale du stock : utilise la valeur F moyenne pour les 10 premiers trimestres.

Taille relative de la région: 1,00; 1,69; 1,47 pour les régions 1, 2 et 3.

Distribution du recrutement: .125, 75, 125 pour les régions 1, 2 et 3.

Pour la configuration actuelle le groupe de travail a décidé de changer la taille relative des trois régions sur la base du nombre de carrés de 5x5 avec des prises de thon obèse au cours de la période 2000-2005. Les tailles des régions en résultant par rapport à la région 1 (nord) ont été les suivantes : 1,00 ; 1,61 ; 0,81, pour les régions 1, 2 et 3. En outre, le groupe de travail a décidé de changer le postulat sur le mode de partage du recrutement dans les trois régions comme suit : 0,05 ; 0,90 et 0,05 pour les régions 1, 2 et 3.

Le groupe de travail a exploré les formulations du **Tableau 9**. Sauf autrement indiqué, les postulats de base sont ceux décrits ci-dessus et les données d'entrée sont celles générées en 2007. Le **Tableau 10** donne certaines options du modèle pour les différentes pêcheries.

5.2 Modèles de production

Dans la dernière évaluation de stock (2004), le Groupe de travail a utilisé trois différents logiciels de modèle de production (ASPIC 5, Prodfit et modèle bayésien de production excédentaire (BSP)), en appliquant un indice composite estimé à partir de l'indice palangrier japonais dans la zone centrale (en poids), l'indice palangrier du Taïpei chinois (sans ratio, en poids) et l'indice palangrier des Etats-Unis (en poids). Le Groupe de travail a continué à utiliser le même logiciel avec la toute dernière version (ASPIC 5.16, Prodfit, BSP 1.0) pour cette évaluation de stock. Pour l'indice d'abondance, l'indice combiné a été actualisé afin d'inclure l'indice palangrier du Taïpei chinois (mensuel), l'indice palangrier japonais dans la zone centrale (en poids), l'indice palangrier brésilien (en poids, avec des grappes pour le ciblage et zones 2 et 3), l'indice palangrier des Etats-Unis (données des mareyeurs, en poids) et l'indice des canneurs des Açores (pour obtenir des détails sur la CPUE combinée, il convient de se reporter à la Section 4) pour le passage du cas de base (**Tableau 6**). Outre les cinq indices de CPUE énumérés ci-dessus, d'autres combinaisons d'indices ont également été appliquées, y compris des indices d'abondance distincts pour ASPIC et BSP (**Tableau 5b**). On a exploré plusieurs méthodes de pondération de chaque indice lorsqu'ils sont appliqués séparément, comme suit :

- Pondération égale.
- Pondéré par la proportion moyenne des débarquements lorsque tous les cinq indices sont superposés (1982-2005).
- Pondéré par la proportion des débarquements par chaque année ; se reporter à la section relative au modèle BSP pour obtenir des informations sur la mise en œuvre.

Les méthodes de pondération n'ont pas été toutes appliquées à tous les logiciels (**Tableau 11**). La prise totale a été estimée pendant la réunion de 1950 à 2005, à partir des données disponibles de la Tâche I à la réunion. Pour ASPIC, on a utilisé à la fois le modèle de production généralisé (Pella-Tomlinson) et le modèle logistique (Schaefer). Prodfit a également employé le modèle Fox, tandis que BSP n'a eu recours qu'au modèle Schaefer. Etant donné qu'ASPIC nécessite une série de capture distincte pour chaque indice, un scientifique portugais assistant à la réunion a fourni la série de capture de la flottille de canneurs des Açores de 1950 à 2005. Dans le passage ASPIC, le ratio entre la taille de la biomasse au début de 1950 à K (B_1/K) a été fixé à 1, à moins qu'une spécification différente ait été prévue dans le passage. Pour BSP, il est nécessaire de définir la distribution *a priori* pour les paramètres clefs (K , r , B_{1950}/K). Le Groupe de travail a décidé de continuer à utiliser la même distribution *a priori* que celle qui avait été employée dans la dernière évaluation de stock de 2004 (voir la Section 5.2.2 sur le BSP). Le Groupe de travail a également identifié plusieurs passages de sensibilité. Les analyses de sensibilité couvraient ce qui suit :

- Utilisation d'un indice composite sans l'indice palangrier du Taïpei chinois.
- Utilisation de l'indice palangrier du Taïpei chinois uniquement.
- Utilisation de l'indice palangrier du Taïpei chinois uniquement et de la dynamique des populations à partir de 1978.
- Utilisation de l'indice palangrier du Taïpei chinois uniquement, en tronquant les valeurs de 2004 et 2005.
- Utilisation d'un indice composite sans l'indice des canneurs des Açores.
- Utilisation d'un indice composite excluant l'indice palangrier brésilien.
- Utilisation d'un indice composite et estimation de B_1/K .

5.2.1 Modèle Prodfit

Pour le PRODFIT, l'effort a été estimé comme étant le ratio de la prise totale divisée par la capture par unité d'effort combinée (cf. section 3.3). Trois indices ont été utilisés pour l'analyse : AI-1 (combiné, non pondéré), AI-2 (combiné, pondéré sur les débarquements annuels) et AI-3 (combiné sans le Taïpei chinois, pondéré sur les débarquements annuels).

Pour chaque indice, les passages incluaient les modèles Fox ($m=1$), Schaefer ($m=2$) et généralisé (m estimé) pour l'ensemble de la période, 1961-2005. Tous ont postulé un effort atteignant la moyenne de K (soit le nombre des groupes d'âge contribuant à la pêche) de 5, ainsi que de 8 dans le cas du modèle généralisé.

5.2.2 Modèle bayésien de production excédentaire (BSP) (basé sur le modèle de type Schaefer)

Une approche bayésienne (BSP version 1.0) a été utilisée pour ajuster une formulation temporelle continue du modèle de Schaefer de production excédentaire (McAllister et Babcock, 2003). Au total, neuf passages représentant un cas de continuité, quatre passages du modèle de base et quatre analyses de sensibilité ont été évalués. Les passages de sensibilité ont été essentiellement motivés par les divergences existant entre les divers indices et l'incertitude quant à la façon de pondérer les indices.

Les valeurs d'entrée pour chaque passage sont résumées au **Tableau 11**. Les valeurs d'entrée techniques pour tous les passages étaient les mêmes que celles de l'évaluation sur le thon obèse de 2004. D'après l'évaluation de 2004, r était assujéti à une distribution lognormale informative ($\mu=0,6$; $SD(\ln(x))=0,3$) la valeur de référence *a priori* de K était assujéti à une distribution uniforme avec des limites entre 1.5^{E5} et 2.5^{E6} , et B_0/K était assujéti à près de 1,0 (lognormal, $\mu=1,0$, $SD(\ln(x))=0,01$). Les tableaux des estimations des paramètres et les fichiers des valeurs d'entrée se trouvent aux **Tableaux 12** et **13**. Pour les passages où des indices distincts ont été utilisés, le nombre d'indices (indiqués comme « nind ») correspondait au nombre d'indices. Pour la pondération égale, l'option 10 a été utilisée et pour la pondération inégale des indices, l'option 6 a été utilisée avec les valeurs d'entrée des pondérations comme étant l'inverse de la racine carré du pourcentage du ratio de capture (E. Babcock, *comm. pers.*). Pour des raisons inconnues, le modèle BSP n'a pas réalisé de passage avec des pondérations fractionnelles, de telle façon que chaque pondération a été arrondie à la plus proche valeur entière (c.-à-d. 1,2 devient 1). Le **Tableau 14** décrit la procédure de pondération pour saisir les débarquements pondérés

comme des coefficients de variation dans le modèle et le **Tableau 15** énumère la pondération pour chaque indice.

5.2.3 ASPIC

La version 5.16 du logiciel ASPIC a été utilisée pour ajuster des modèles de production généralisés (Pella-Tomlinson) et des modèles logistiques (Schaefer). L'indice combiné ou les indices séparés de cinq pêcheries (*cf.* Section 4) ont été employés comme analyses de cas de base. Lorsqu'une CPUE distincte était utilisée, la pondération statistique de chaque pêcherie se basait sur la proportion du volume de capture moyen dans les années de chevauchement (1982-2005) ou sur la pondération égale. On a également utilisé, comme analyses de la sensibilité, plusieurs scénarios fondés à la fois sur des modèles généralisés et sur des modèles logistiques, comme suit :

- 1) CPUE composite sans l'indice du Taïpei chinois.
- 2) CPUE du Taïpei chinois uniquement.
- 3) CPUE composite sans l'indice des Açores.
- 4) Données de prise et de CPUE seulement jusqu'à 2002.

Le bootstrap (1.000 fois) a été appliqué pour tous les passages du cas de base (deux avec des indices combinés et deux avec des indices distincts) et les analyses de sensibilité si le passage déterministe était réussi (convergeant), mais le bootstrap n'a pas été achevé pour certains passages, probablement en raison des valeurs résiduelles élevées (ajustements insuffisants) dans une forte proportion d'essais de bootstrap pour ces cas.

5.3 VPA-2BOX

Le Groupe de travail a examiné quatre passages du modèle de VPA. Tous ont utilisé le logiciel VPA-2BOX (Version 3.01³). Tous les passages de VPA ont utilisé les données de prise par âge spécifiées au **Tableau 16**. Les postulats biologiques utilisés pour tous les passages étaient les suivants :

Mortalité naturelle (M) = Ages 0-1 = 0,8, 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 2004. Les paramètres de croissance Von Bertalanffy d'Hallier *et al.* (SCRS/2004/039) : $k=0,180$ yr⁻¹, $L_{\infty} = 217,3$ cm et $t_0 = -0,709$ année, et l'équation poids-longueur de Parks *et al.* (SCRS/81/59) : Poids (kg) = $2,396 E^{-5} * FL(cm)^{2,9774}$ ont été utilisés pour estimer l'âge du groupe-plus.

La fécondité a été estimée à l'aide d'un indice approchant, %Maturité * Poids à l'âge (le 1^{er} janvier). Pour le groupe-plus, on a 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+
% mature	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

Parmi les indices d'abondance disponibles (**Tableau 5**), le passage du cas de base de la VPA en a utilisé quatre : l'indice palangrier japonais (CATI), l'indice palangrier du Taïpei chinois, l'indice palangrier pélagique des Etats-Unis et l'indice DCP des senneurs de l'Union européenne. Les indices ont été pareillement pondérés et l'on a assigné à chaque estimation d'abondance annuelle un CV = 0,2. La vulnérabilité a été estimée à l'aide des prises partielles spécifiques aux flottilles. Celles-ci sont récapitulées au **Tableau 17**. Deux indices ont été spécifiés en biomasse (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 18**).

Une contrainte a été appliquée (Dév. Std = 0,4) au recrutement au cours de 2003-2005. Les F-Ratios de l'année terminale ont été estimés à l'aide d'une marche aléatoire. Cette option donne une certaine flexibilité au modèle lui permettant de mieux s'ajuster aux données, mais elle ne nécessite pas l'estimation de tous les F-ratios comme valeurs indépendantes, ce qui entraînerait probablement un sur-paramétrage.

³ Version 3.01, Porch, catalogue de logiciels ICCAT.

Les spécifications de l'estimation des paramètres VPA-2BOX sont résumées au **Tableau 19**. Une contrainte (Dév. Std = 0,4) a été appliquée au recrutement au cours de 2003-2005 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. F terminal d'âge 0 a été fixé à 0,97 fois l'estimation de l'âge 1. F terminal d'âge 2 et d'âge 3 ont été fixés à 0,46 et 0,72 fois l'estimation d'âge 4, respectivement. 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 sur-paramétrage.

6. Résultats de l'état du stock

Plusieurs types de modèles d'évaluation, y compris des modèles de production, VPA et un modèle statistique intégré (MULTIFAN-CL) ont été appliqués aux données disponibles. Une gamme d'évaluations de l'état du stock à partir de diverses formulations de modèles a été appliquée, qui n'ont pas toutes été jugées également probables. Les résultats des diverses applications des modèles d'évaluation aux données disponibles sont résumés ci-dessous.

En outre, le document SCRS/2007/062 a présenté les résultats d'une évaluation du stock de thon obèse de l'Atlantique réalisée à l'aide du modèle de croissance logistique Verhulst. Le Groupe de travail a indiqué qu'il souhaitait appliquer ce type de démarche, qui ne fait appel qu'à la capture pour l'ajustement du modèle. Néanmoins, le Groupe de travail a estimé que les résultats ne seraient pas complètement comparables avec ceux obtenus lors de la réunion, étant donné que les données utilisées ne tenaient pas compte de la correction de la composition spécifique effectuée par le Groupe de travail. Les résultats de cette évaluation se trouvent à l'**Appendice 4**.

6.1 Modèles de production

6.1.1 Prodfit

Les résultats selon les divers postulats formulés sur le paramètre de forme (m) et la moyenne de l'effort (k) sont signalés au **Tableau 20**. Ces estimations sont très cohérentes quelle que soit la gamme de valeurs de m et k utilisées : la PME oscille entre 110.000 et 120.000 t, F relatif à PME entre 0,8 et 1,6, avec une prise actuelle (2005) de 60-65% de la PME. Ces résultats sont proches de ceux obtenus lors de la dernière évaluation en 2004 : PME de 106.000 à 110.000 t, F/PME de 0,98 à 1,30.

A titre d'exemple, les résultats du modèle Fox avec k=5 basé sur l'indice combiné non pondéré sont indiqués à la **Figure 11**.

6.1.2 Modèle bayésien de production excédentaire

Les distributions postérieures pour r, K, B/B_{PME} et F/F_{PME} indiquent des différences marquées entre les modèles (**Figure 12**). En particulier, les distributions postérieures pour r et K affichent une claire bi-modalité et, dans le cas extrême où seul s'ajuste l'indice palangrier du Taïpei chinois, affichent une distribution postérieure plane ; les résultats montrent une valeur de K plus élevée et moins bien définie. Il semble y avoir une évolution des distributions postérieures à partir d'une valeur modale plus faible pour r et K pour des indices qui ont une pondération égale à une valeur de r plus élevée et à une valeur de K plus élevée et moins bien définie lorsqu'il y a une pondération supérieure à l'indice palangrier du Taïpei chinois ou lorsqu'on utilise seulement cet indice. Cette progression modale et la présence de deux modes clairs dans les distributions postérieures mettent en lumière la nature contradictoire des séries d'entrée de la CPUE et le fait que la pondération différentielle des indices donne deux idées très différentes de la nature de la productivité de la population de thon obèse. Il conviendrait de réaliser davantage de recherches sur les distributions *a priori* alternatives.

Les ajustements des indices illustrent en outre l'interaction compétitive entre l'ajustement de l'indice palangrier japonais et celui du Taïpei chinois (**Figure 13**). Si l'on contraste les ajustements entre le cas de Base 3 (pondérations égales) et les ajustements pour les indices du cas de Base 2 (pondérations distinctes) pour les indices japonais et du Taïpei chinois, on constate comment la pondération égale fait diverger les ajustements du modèle de l'indice du Taïpei chinois. La pondération en fonction des débarquements s'ajuste à l'indice du Taïpei chinois et indique une stabilité ou une amélioration dans l'indice. Ces deux différences, bien que faibles, conditionnent les conclusions du Modèle de Production Excédentaire Bayésienne (BSP).

Les résultats du principal effet des analyses de sensibilité illustrent l'état variable du stock avec différents postulats concernant la pondération des indices (**Figure 14, Tableau 21**). Tandis que chacun des deux cas de base signalés et des deux analyses de sensibilité signalées indiquent des tendances similaires au niveau d'une réduction de la mortalité par pêche en 1999, les indices qui pondèrent la palangre du Taïpei chinois en fonction des débarquements indiquent que la F/F_{PME} actuelle est supérieure à la valeur cible d'un et que B/B_{PME} est inférieur à un (**Figure 15**). L'estimation du modèle de base BSP de F/F_{PME} au titre de 2005 est 0,798 et pour B/B_{PME} , 0,973, ce qui indique qu'il n'y a pas de surpêche et que le stock est légèrement surexploité. En revanche, le cas de base 2 (tous les indices pondérés de la même manière) indique une F/F_{PME} de 1,436 et une B/B_{PME} de 0,599, ce qui indique que le stock connaît une surpêche et est surexploité (**Tableau 21**). Bien que les deux cas aient des opinions divergentes au sujet de l'état du stock, les estimations de la PME ne divergent pas énormément, se situant à 93.275 et 86.194 pour le cas de base 1 et 2, respectivement.

6.1.3 ASPIC

Les paramètres des valeurs d'entrée pour tous les cas sont illustrés au **Tableau 22** et les données de capture figurent au **Tableau 23**. Les indices de CPUE combinés et distincts utilisés pour les analyses se trouvent aux **Tableaux 6 et 5.b**, respectivement. Les résultats récapitulatifs du cas de base sont indiqués au **Tableau 24**. On a réalisé un test du rapport des vraisemblances entre le modèle de production généralisé et le modèle Schaefer pour les passages des cas de base (passage 1 et passage 2, respectivement). Il s'est avéré que pour l'indice composite, l'hypothèse de la fonction de production du modèle Schaefer (passage 2) ne devait pas être rejetée, bien que le passage du modèle de production généralisé (passage 1) s'ajuste légèrement mieux avec un paramètre supplémentaire. Pour les passages du modèle d'indices distincts, les ajustements du modèle de production généralisé (passage 4 et passage 6) étaient pires que les modèles Schaefer (passage 5 et passage 7) et l'on a donc donné la préférence au modèle Schaefer, mais les analyses avec le modèle Schaefer (passage 5 et passage 7) n'ont pas pu être solutionnées. Les passages de cas de base avec modèle généralisé et indices distincts (passage 4 et passage 6) n'ont pu être solutionnés que pour une estimation ponctuelle, mais le bootstrap n'a pas réussi, à cause probablement de valeurs résiduelles élevées et de mauvais ajustements pour une forte fréquence d'essais de bootstrap. C'est pourquoi le cas de base avec une CPUE composite et un modèle Schaefer (passage 2) a été sélectionné comme le modèle de cas de base final (dénommé ci-après « le cas de base »).

Les résultats fondés sur l'analyse du cas de base (passage 2) suggèrent que le niveau d'exploitation ces dernières années est légèrement en-deçà du niveau qui produit la PME (le ratio actuel de B/B_{PME} est 0,918 et le ratio actuel de F/F_{PME} est 0,871, **Figure 16 et Tableau 24**) mais le stock manifeste des signes d'un léger rétablissement. Ceux-ci sont probablement dus à la tendance à la baisse des captures au cours de ces dernières années. La PME est estimée à 90.820 t (80% C.L. 68.080 – 98.940 t) (**Tableaux 24 et 25**), laquelle est plus élevée que les prises de 2005 (71.020 t).

Parmi les autres scénarios examinés, plusieurs cas n'ont pas pu être convergés avec succès et/ou les analyses par bootstrap ont échoué (**Tableaux 26 et 27**). Les estimations de la PME, du B-ratio et F-ratio ont oscillé entre 87.230 t et 119.300 t, entre 0,653 et 1,462 et entre 0,412 et 1,504, respectivement. Ces résultats sont proches ou un peu pires que ceux de la dernière évaluation. La comparaison de la tendance historique de B-ratio et F-ratio pour chaque cas se trouve à la **Figure 17**. Plusieurs différences ont été observées parmi elles (**Tableaux 26 et 27, Figure 17**). Le cas de sensibilité avec uniquement la CPUE du Taïpei chinois (passage 11) a montré une PME et un B-ratio plus élevés et un F-ratio inférieur que les autres cas, et les cas sans la CPUE du Taïpei chinois (passage 8 et passage 9) n'ont pas pu être solutionnés pour les modèles généralisés et les modèles de production logistique. C'est probablement en raison de la récente tendance ascendante de l'indice palangrier du Taïpei chinois. Le B-ratio a été estimé plus faible au cours de la période précoce si B_1/K n'était pas fixé dans le modèle (passage 3). Le cas sans la CPUE des Açores (passage 12) ne présente pas de grands changements par rapport aux autres, ce qui s'explique probablement par le fait que la CPUE des canneurs des Açores ne différerait guère des CPUE palangrières et que le volume des captures des canneurs des Açores était faible. On a estimé que la PME était plus forte si l'on utilisait la prise et la CPUE seulement jusqu'à 2002 à la fois pour les modèles généralisés et logistiques (passage 14 et passage 15). Cela s'explique probablement par la chute simultanée de la CPUE et de la capture ces dernières années. De légères différences ont été observées si le modèle avec un paramètre de forme différent (modèle logistique par opposition à modèle de production généralisée) était appliqué pour le même indice de CPUE (par exemple, indice combiné du cas de base, passage 1 et passage 2). La **Figure 18** montre la courbe de production en conditions d'équilibre du cas de base et les prises annuelles. Les prises et la mortalité par pêche sont estimées être inférieures au niveau de la PME de ces dernières années.

6.2 MULTIFAN-CL

Comparaison avec les analyses effectuées en 2004. Les analyses ont été insensibles aux changements dans la distribution relative postulée du recrutement par région et des tailles relatives des régions, comme indiqué par les passages réalisés avec les données de 2004 (**Figure 19**). En termes de comparaison avec les résultats obtenus en 2004, un plus grand effet est observé en termes d'utilisation des jeux de données actualisés en 2007 (**Figure 20**). Compte tenu de postulats et d'options de modèle similaires, le nouveau jeu de données entraîne des estimations de recrutement historiquement plus fortes et des estimations de biomasse plus faibles.

Résumé des résultats. Le **Tableau 28** résume les résultats obtenus des divers passages réalisés pendant la réunion. Le Groupe de travail n'a pas choisi un cas de base pour élaborer des avis de gestion. Toutefois, il a été convenu que les résultats étaient utiles et quelques recommandations ont été formulées pour les travaux intersessions. Des commentaires sur diverses options de modèles sont fournis ci-dessous.

Structure spatiale et marquage. Le modèle de région unique (passage 6) a donné lieu à des estimations plus faibles de recrutement et de biomasse, et s'est avéré légèrement plus pessimiste (**Tableau 28** et **Figure 21**). La PME était d'environ 25% plus faible avec le modèle de région unique et d'une ampleur plus similaire à la PME estimée avec des modèles de production et des VPA.

Effet de M. Dans les passages 3 et 6, le schéma de M par âge a été estimé. Dans les passages 4, 5 et 12, où M a été fixé, les résultats ont généralement signalé des estimations de biomasse et de recrutement plus faibles. C'était notamment le cas des Passages 4 et 12 qui ont utilisé le schéma de VPA postulé par le Groupe de travail pour plusieurs évaluations (**Figure 22**). Les schémas de M estimés dans le Passage 3 (3 régions) et le Passage 6 (région unique) étaient similaires, et à son tour similaires au schéma élaboré par la CIATTC (**Figure 23**).

Estimation des prises non déclarées. Le Passage 7 n'est pas parvenu à la convergence. En raison du potentiel du logiciel comme moyen d'estimer des prises non déclarées pour certaines pêcheries, le Groupe de travail a recommandé que les scientifiques continuent de travailler pendant la période intersession afin d'obtenir les résultats pour l'option du modèle sélectionné.

Taille initiale de la population. En 2004 et pour la plupart des passages explorés en 2007, le Groupe de travail a postulé que la taille initiale du stock (1961, premier trimestre) serait calculée en postulant un équilibre avec un F constant égal au niveau estimé pour les 10 premiers trimestres (1961 à 1962,5). Le Passage 8 devait vérifier l'effet de l'utilisation de la mortalité naturelle seulement pour estimer la taille initiale du stock. En utilisant seulement M, les résultats ont été considérablement plus pessimistes (**Figure 24**). Le Groupe de travail était préoccupé par l'ampleur de l'impact, étant donné que les captures de 1961 étaient relativement réduites et que les pêcheries de thon obèse n'avaient démarré que quelques années auparavant. Le Groupe de travail a recommandé que cette question soit étudiée pendant la période intersession, peut-être en réalisant une autre passage qui inclue les prises depuis le début des pêcheries.

Solution de capture exacte. Un passage a été exécuté afin de tester une version expérimentale du logiciel qui postulait que les prises étaient estimées sans erreur et devraient donc être plus rapides à calculer. Après le passage, il s'est toutefois avéré que la méthode sous-jacente pour estimer les tendances de la capturabilité était différente de celle postulée par le Groupe de travail pour d'autres passages, de telle façon que les résultats n'étaient pas comparables (**Figure 25**).

Autres options. D'autres passages ont été explorés, tels que celui de donner légèrement moins de pondération aux séries palangrières japonaises (Passages 13 et 14) ou de disposer de moins de groupes de sélectivité et de groupes de taux de déclaration des marques, ainsi que différentes options de pondération (Passage 11). Ceux-ci ont fourni des résultats similaires à ceux du Passage 3. Le Groupe de travail a recommandé que les scientifiques continuent à rechercher des options de modélisation alternatives en vue de la préparation de la prochaine évaluation.

Les tendances des séries temporelles dans F/F_{PME} et B/B_{PME} estimées par chacun des passages de MULTIFAN-CL sont indiquées à la **Figure 26**. Ces ratios ont été calculés par rapport à la sélectivité globale des pêcheries au cours de ces 2 dernières années. Des perceptions différentes pourraient être obtenues si l'on utilisait des points de référence pour les sélectivités réalisées dans le temps. Le Groupe de travail a utilisé les résultats du MULTIFAN-CL (Passage 3) pour calculer comment la PME aurait changé dans le temps si la sélectivité était demeurée constante aux valeurs estimées tous les ans. Les estimations résultantes de la PME sont signalées à la **Figure 27**, ainsi que les schémas de sélectivité moyenne par décennie. La PME était à son maximum dans les

années 1960 lorsque les pêcheries de palangriers et de canneurs du nord ciblaient principalement les grands thons obèses. Puis, comme les nouvelles pêcheries de canneurs et de senneurs capturaient une proportion de plus en plus grande de petits thons obèses, la PME a chuté jusqu'à environ 1990. Le potentiel semble être demeuré constant ou avoir quelque peu augmenté depuis 1990.

6.3 VPA

6.3.1 Résultats du modèle du cas de base de la VPA

Le modèle de VPA peut être sensible à des postulats concernant F-Ratios et Terminal-F. C'est pourquoi le Groupe de travail a recommandé que soient réalisées, avant la réunion de 2007 du Groupe d'espèces du SCRS, de plus amples recherches sur les spécifications et les implications de ces paramètres.

Les résultats du passage du cas de base de la VPA indiquent une abondance en déclin, depuis le milieu des années 1980 (**Figure 28**). Récemment, l'abondance a légèrement augmenté, bien que ceci puisse être un artéfact de la procédure d'estimation de la VPA.

La mortalité par pêche de tous les âges a considérablement augmenté depuis 1990 (**Figure 29**). 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 -à-l'âge dans une année donnée) a fortement augmenté au cours de la série temporelle (**Figure 30**). La trajectoire de F/F_{PME} apicale indique que la surpêche a commencé à se produire après 1993, et que la mortalité par pêche a dépassé le seuil de la surpêche ($F/F_{PME} = 1$) plusieurs fois depuis lors. En 2005, $F/F_{PME} = 0,99$, indiquant que la mortalité par pêche est au seuil de la surpêche ou s'en rapproche.

La biomasse du stock reproducteur a été généralement stable entre 1975 et 1989, puis elle a accusé une forte chute de 1990 à 2000. Depuis 2000, le stock est stable, s'établissant à un niveau proche de SSB/SSB_{PME} (**Figure 31**). En 2005, $SSB/SSB_{PME} = 0,92$.

La relation géniteur-recrutement est illustrée à la **Figure 32**. Une fonction Beverton et Holt a été ajustée aux données. Les paramètres de cette équation étaient $\alpha = 7,109E+07$, $\beta = 2,122E+05$. La biomasse non exploitée du stock reproducteur (S_0) s'élevait à $1,38E+06$. L'inclinaison (h) du passage du cas de base était de 0,65. Les recrutements estimés se trouvent à la **Figure 32b**.

La trajectoire de l'état du stock du passage du cas de base (**Figure 33**) indique que le stock n'était pas surexploité ($SSB/SSB_{PME} > 1$), et qu'il n'y avait pas de situation de surpêche ($F/F_{PME} < 1$) avant 1994. Après cette date, une surpêche a eu lieu pendant plusieurs années. Toutefois, SSB/SSB_{PME} demeure proche de SSB_{PME} .

Le passage du cas de base VPA-2BOX a été bootstrappé ($n=250$) afin de caractériser l'incertitude des estimations de paramètre. Les estimations de l'état du stock résultant des 250 passages de bootstrap sont illustrées à la **Figure 34**. Sur les 251 passages (y compris le passage déterministe), 72% indiquent une surpêche en 2005, 75% indiquent une biomasse du stock en-dessous de SSB_{PME} en 2005 et 58% indiquent qu'il y a surpêche et que la biomasse du stock est en-dessous de SSB_{PME} en 2005.

Le Groupe de travail a discuté de la possibilité que le ratio postulé de F au dernier âge réel dans l'analyse par rapport au groupe plus puisse influencer les résultats globaux de l'évaluation, notamment les estimations absolues de la taille du stock reproducteur et des niveaux du recrutement, ce qui influencerait la relation correspondante stock recrutement. Le Groupe de travail a recommandé d'évaluer plus avant les spécifications et les implications du VPA F-ratio (ratio postulé de la mortalité par pêche dans le groupe plus à l'âge réel le plus proche).

6.3.2 Analyses de sensibilité de la VPA

Trois passages de sensibilité de la VPA ont été réalisés. La structure et les valeurs d'entrée de ces passages sont résumées au **Tableau 29**. Sauf où cela est noté, tous les passages de sensibilité ont eu recours à des données d'entrée et à des spécifications d'estimation des paramètres identiques. Un passage de sensibilité tentait de reproduire la structure du modèle des passages MULTIFAN-CL. Ce passage (VPA-MFCL) utilisait la même matrice de prise par âge que le passage du cas de base de la VPA (**Tableau 16**), mais la capture se divise entre 15 flottilles avec des prises partielles (**Tableau 30**) et des indices d'abondance correspondants (**Tableau 7**). Les indices ont été pondérés en parts égales avec un CV annuel = 0,2 pour tous les passages de sensibilité.

Lors de la préparation du passage de la VPA prévu pour reproduire la structure de Multifan-CL, on a postulé que les indices étaient fournis en nombre. Ultérieurement, il est ressorti qu'ils reflètent plus précisément des changements dans la biomasse. C'est pourquoi le Groupe de travail a recommandé que le MFCL-VPA soit révisé avec des indices actualisés et que le Groupe de travail l'examine à nouveau en septembre 2007 au cours de la réunion du Groupe d'espèces.

Les passages de sensibilité et du cas de base de la VPA ont en commun des tendances similaires de SSB/SSB_{PME} et de recrutement (**Figure 35**). Les passages de « base » et de l'indice palangrier du Taïpei chinois de base-w/o sont très similaires. Toutefois, les passages « MFCL » et « tous indices » sont considérablement plus pessimistes, et les deux indiquent que le thon obèse est surexploité en se trouvant en dessous des niveaux de 2005 de SSB_{PME} . Afin de faciliter la comparaison des passages du modèle de VPA, les résultats sont récapitulés dans un diagramme (**Figure 36**). Les paramètres et points de référence importants sont résumés au **Tableau 31**.

La forte différence dans les estimations de l'état du stock réalisées par les passages de « base » et de « l'indice palangrier du Taïpei chinois de base-w/o » par opposition aux passages « MFCL » et « tous indices » est très certainement due aux différences dans l'inclinaison estimée. Les passages de « base » et de « l'indice palangrier du Taïpei chinois de base-w/o » ont estimé l'inclinaison à environ 0,6, tandis que les autres passages ont une inclinaison estimée à approximativement 0,4. Ceci a d'importantes implications pour l'état du stock.

6.4 Résumé des résultats globaux et état de l'évaluation du stock

L'évaluation du stock de 2007 a été réalisée par divers types de modèles. En général, la disponibilité des données s'est améliorée, mais on manque encore d'information en ce qui concerne les données détaillées de pêche et de taille de certaines flottilles, outre les anciennes activités de capture et de pêche des flottilles IUU (p.ex. taille, emplacement et prise totale), ce qui entraîne la nécessité de postuler la prise par taille pour une part importante de la prise globale. La composition spécifique des pêcheries ghanéennes a été reconstruite à partir de 1997 en se fondant sur un échantillonnage amélioré et une prise par taille estimée ces dernières années dans le cadre des projets d'amélioration des données de l'ICCAT.

Cette année, deux nouveaux indices d'abondance relative et des indices actualisés de ceux précédemment utilisés ont été mis à la disposition du Comité afin d'être utilisés dans l'évaluation. Au total, six indices (**Figure 8**) ont été fournis, dont quatre provenaient des pêcheries palangrières du Japon, du Taïpei chinois, des Etats-Unis et du Brésil. Les deux autres émanaient d'une pêcherie de senneurs opérée par la CE et d'une pêcherie de canneurs située aux Açores. Si les indices japonais présentent la plus longue durée et représentent grosso modo 20-40% de la prise totale, les autres indices sont d'une durée plus courte et représentent en général une proportion plus réduite de la prise par rapport à la pêcherie japonaise, exception faite de l'indice palangrier du Taïpei chinois dont la prise est désormais aussi grande que la capture japonaise. Ces indices palangriers ont essentiellement rapport aux poissons de taille moyenne et grande. L'indice des senneurs a été élaboré à partir d'opérations avec DCP, cet indice représente donc la tendance du stock dans le recrutement. L'indice des canneurs des Açores représente des composantes de grande taille.

Plusieurs types de modèles d'évaluation, y compris des modèles de production, VPA et un modèle statistique intégré (MULTIFAN-CL) ont été appliqués aux données disponibles. Une gamme d'évaluations de l'état du stock a vu le jour à partir des diverses formulations de modèles ; elles n'ont pas toutes été jugées probables à parts égales.

En accord avec les évaluations précédentes, 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 deux types de modèles de production s'élevait à environ 90.000 t et 93.000 t, bien que l'incertitude planant sur les estimations élargisse la 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 (**Figure 27**).

La trajectoire estimée du stock est illustrée à la **Figure 16**. Au début de 2006, la biomasse était estimée se situer à presque 92% de la biomasse correspondant à la PME et le taux de mortalité par pêche de 2005 était estimé se situer à environ 13% en dessous du taux de mortalité par pêche correspondant à la PME. La production de remplacement pour 2006 était estimée se situer légèrement en dessous de la PME. L'incertitude dans nos estimations de l'état actuel du stock est caractérisée par la gamme signalée dans le panneau inférieur droit de la **Figure 16**. Même si le Groupe de travail estime que cette caractérisation représente au mieux l'état actuel du

thon obèse de l'Atlantique, d'autres formulations de modèles admettraient des évaluations de l'état du stock à la fois plus optimistes et plus pessimistes (**Tableau 32** et **Figure 37**).

7. Projections

7.1 ASPIC

Des projections de population par bootstrap ont été réalisées à l'aide du modèle ASPIC (*cf.* section 6.1.3) d'après le cas de base avec l'ajustement logistique de l'indice combiné. La prise de 2006 a été établie comme la prise déclarée de 2005 (71.020 t) et par la suite, (2007-2016) des politiques de capture constante de 60.000 t, 70.000 t, 80.000 t, 85.000 t, 90.000 t, 100.000 t, 110.000 t et 120.000 t ont été menées (**Tableau 33**). Les trajectoires de la médiane de la biomasse et les limites de confiance de 80% pour chaque politique de capture constante sont illustrées à la **Figure 38**. Celles-ci démontrent progressivement davantage d'incertitude dans la trajectoire projetée de la population étant donné qu'elles ont été projetées pour plus longtemps. Des estimations ponctuelles indiquent que le stock devrait se rétablir si la prise constante future est inférieure à 85.000 t (légèrement inférieure à la PME estimée par le passage du cas de base ASPIC). Comme analyses de sensibilité, on a examiné les trajectoires de la médiane de la biomasse avec un postulat différent de niveau de capture en 2006 (niveau de la PME (90.820 t) et quota potentiel (120.000 t)) avec un postulat similaire du niveau de capture constante par la suite (2007-2016) (60.000 t, 80.000 t, 100.000 t et 120.000 t) et les résultats se trouvent à la **Figure 39**. La trajectoire de chaque future projection est pratiquement identique au cas de base (prise de 2006 = prise de 2005), mais le futur B-ratio devient plus faible si la prise de 2006 est supérieure.

7.2 Projections du modèle bayésien de production excédentaire

Les projections du modèle de base 1 pour huit niveaux de capture fixes fluctuant entre 60.000 t et 120.000 t, avec une PME estimée à 93.275 t, sont indiquées à la **Figure 40**. La projection sur la gauche postule une prise en 2006 égale à la valeur de 2005 (71.000 t) et la projection sur la droite postule une prise en 2006 de 120.000 t. B/B_{PME} a été projeté jusqu'en 2015 à l'aide du passage du cas de base 1 (indices combinés pondérés par les débarquements). Les valeurs illustrées représentent les valeurs médianes à partir d'un sous-échantillon (5.000) de tirages au sort d'importance (>20.000). Les projections n'incluent pas l'erreur de processus. En général, les captures ≤ 90.000 t permettent à la population d'augmenter tandis que les captures >100.000 t entraînent la chute de la population.

7.3 VPA

Méthodes de projection de la VPA. Pour les passages du modèle de VPA de « base » et « MFCL », des projections ont été effectuées jusqu'en 2015 en utilisant le logiciel de projection PRO-2BOX⁴. Afin d'estimer la variance, 100 bootstraps ont été réalisés. Cette méthode tient compte de la variabilité inhérente aux estimations des paramètres. 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 ($\alpha = 2,2E5$, $\beta = 1,6E4$; erreur standard = 0,4). Quatorze projections ont été réalisées à partir des passages de la VPA, comme suit :

1) Projection de la production de 2006 au niveau de 2005 (68.300 t) :

a) Projection 60.000 t	2007-2015
b) Projection 70.000 t	2007-2015
c) Projection 80.000 t	2007-2015
d) Projection 90.000 t	2007-2015
e) Projection 100.000 t	2007-2015
f) Projection 110.000 t	2007-2015
g) Projection 120.000 t	2007-2015

2) Projection de la production de 2006 à 120.000 t

a) Projection 60.000 t	2007-2015
b) Projection 70.000 t	2007-2015
c) Projection 80.000 t	2007-2015
d) Projection 90.000 t	2007-2015

⁴ Version 2.01, Porch, catalogue de logiciels ICCAT.

e) Projection 100.000 t	2007-2015
f) Projection 110.000 t	2007-2015
g) Projection 120.000 t	2007-2015

7.4 Résultats des projections de la VPA

Les projections du passage du cas de « base » indiquent que $PME = 78.900$ t, et que la population est soutenable à des niveaux de capture inférieurs à environ 80.000 t (**Figures 41 et 42**). Des prises ≥ 90.000 entraînent le déclin de la population.

Des projections du passage « MFCL » suggèrent que la PME pourrait être considérablement plus faible que celle estimée pour le passage du cas de base, $PME = 66.000$ t, et que la population n'est pas soutenable quel que soit le niveau de capture projeté (**Figures 43 et 44**). Au lieu de cela, la population diminue, même à des niveaux de capture de 60.000 t. Ce passage suggère que les prises devraient être considérablement réduites pour permettre au stock de thon obèse de se rétablir à SSB_{PME} , et empêcher une plus grande surpêche.

7.5 Résumé des perspectives

Des projections de stock ont été réalisées, postulant une capture de 71.000 t en 2006 et différents niveaux de prise constante par la suite. Il convient de noter que la [Rec.04-01] permet potentiellement des captures considérablement plus grandes que le niveau de capture postulé pour 2006, ou que la PME estimée. Les résultats des projections suggèrent que la biomasse du stock continuerait probablement à diminuer avec des prises constantes de 90.000 t ou plus. On pourrait s'attendre à une certaine augmentation de la biomasse, entraînant son rétablissement à B_{PME} , avec des captures de moins de 85.000 t (**Figure 38**).

8. Recommandations

Il convient d'encourager la coordination parmi les ORGP, dans l'objectif, entre autres, d'examiner la possibilité de « blanchiment du poisson » pour le thon obèse et d'autres espèces, étant donné que l'évaluation du stock et les recommandations de gestion sur le thon obèse de l'Atlantique dépendent des données de capture estimées et déclarées. Le Groupe de travail est préoccupé par le fait que les prises non déclarées de l'Atlantique pourraient avoir été mal estimées et pourraient se poursuivre, mais les mécanismes disponibles de collecte des données statistiques sont insuffisants pour examiner totalement cette possibilité. Un exemple informatif des impacts politiques/sociaux/halieutiques potentiels de la non localisation de la mortalité totale provoquée par l'homme et l'effort de pêche entraînant cette mortalité est la récente activité découlant de la découverte de prises de SBT jusqu'alors inconnues.

8.1 Recherche et Statistiques

Des efforts devraient être entrepris pour réviser la relation longueur-poids utilisée pour estimer les poids du thon obèse par longueur. Dans ces efforts, il sera nécessaire d'avoir recours à des métriques communes (poids vif) et il sera donc nécessaire également d'examiner et de réévaluer les conversions des poids manipulés en poids vifs. Une étude employant les poissons échantillonnés des pêcheries de surface et palangrières serait extrêmement utile pour fournir une relation révisée en ce qui concerne la gamme de poissons capturés dans les pêcheries. Il est recommandé que les scientifiques qui ont recueilli ou ont accès à ces données collaborent à cette recherche. Pour les futures activités de collecte des données, il est recommandé d'enregistrer les poids vifs et manipulés et les longueurs à la fourche et pré-dorsales.

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 précis. Pour cette raison, il serait souhaitable de concevoir et de mettre en œuvre des expérimentations visant à estimer les taux de transmission des marques pour les pêcheries capturant le thon obèse.

Il est justifié de réaliser une enquête sur les implications des distributions *a priori* alternatives utilisées pour le taux intrinsèque d'augmentation (r) pour le modèle bayésien de production excédentaire.

Il conviendrait d'effectuer de nouvelles évaluations des spécifications et implications du F-ratio VPA (ratio postulé de la mortalité par pêche dans le groupe plus le plus proche de l'âge réel).

Le Groupe de travail a élaboré une approche destinée à estimer la prise non déclarée (se reporter aux Recommandations générales ci-dessus) au sein de la structure MULTIFAN-CL. Ce travail n'a pas été achevé à la réunion et le Groupe de travail a recommandé que les scientifiques poursuivent les travaux au cours de la période intersession afin d'obtenir des résultats pour l'option du modèle sélectionné.

Le Groupe de travail a recommandé de continuer à améliorer les estimations de capture par espèces pour le Ghana par le biais du programme d'échantillonnage, avec l'aide de l'ICCAT.

Etant donné que les scientifiques nationaux connaissent mieux leurs pêcheries et peuvent par conséquent définir des procédures visant à obtenir la prise par taille de façon plus précise que celle définie par le Secrétariat, le Groupe de travail a recommandé que les scientifiques nationaux fournissent la prise par taille. 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.

8.2 Gestion

Cette évaluation a indiqué que le stock avait rapidement chuté au cours des années 1990 en raison des fortes captures réalisées à cette époque, et qu'il s'était récemment stabilisé à environ le niveau ou en deçà du niveau permettant la PME en réponse à une forte réduction des captures déclarées. Depuis le milieu des années 1990, la mortalité par pêche estimée dépassait F_{PME} pendant plusieurs années, chutant rapidement depuis 1999 (**Figure 8**). Des projections indiquent que des prises de 85.000 t ou moins permettront au stock de se rétablir à l'avenir. La Commission devrait savoir que si les principaux pays capturaient la limite de capture totale fixée en vertu de la Recommandation [Rec. 04-01], et si d'autres pays maintenaient les récents niveaux de captures, la prise totale pourrait alors dépasser 100.000 t. Le Groupe de travail recommande que la prise totale ne dépasse pas 85.000 t.

L'évaluation et les recommandations de gestion ultérieures dépendent de l'historique déclaré et estimé des captures de thon obèse dans l'Atlantique. Le Groupe de travail réitère sa préoccupation devant le fait que des prises atlantiques non déclarées pourraient avoir été incorrectement estimées et encore se poursuivre, mais que les mécanismes disponibles de collecte des données statistiques sont insuffisants pour enquêter pleinement sur cette possibilité.

9. Autres questions

9.1 Fermeture spatio-temporelle

En 2004, la Commission a approuvé la *Recommandation de l'ICCAT sur un programme de conservation et de gestion pluriannuel pour le thon obèse* [Rec. 04-01], remplaçant la [Rec. 99-01]. Cette nouvelle recommandation prévoyait la fermeture des zones suivantes : - limite sud : parallèle 0° latitude Sud, - limite nord : parallèle 5° latitude Nord ; - limite ouest : méridien 20° longitude Ouest ; - limite est : méridien 10° longitude Ouest, aux flottilles de senneurs et de canneurs au cours du mois de novembre. La Recommandation prévoit également que le SCRS examine, en 2005, l'impact de cette mesure sur les stocks.

Compte tenu du fait que la mesure est entrée en vigueur en 2005, les données disponibles n'ont pas permis au SCRS de fournir un avis à la Commission en 2005. Le Groupe de travail dispose désormais de certaines données au titre de 2005 relatives à la fermeture et ces données ont été évaluées pendant la réunion.

L'analyse actuelle a été réalisée en utilisant les données totales de prise par taille (tous engins confondus) de 1975 à 2005.

La **Figure 45** montre le pourcentage numérique des petits thons obèses (poissons de moins de 3,2 kg) dans la capture, à la fois annuellement et pour le 1^{er} et 4^{ème} trimestres, qui ont été affectés par la [Rec. 99-01]. D'après cette figure, il semble que la première fermeture spatio-temporelle a stoppé la tendance ascendante de la proportion des petits thons obèses dans la capture, qui avait démarré au début des années 1990, coïncidant avec l'expansion de la pêche avec DCP. Toutefois, la nouvelle fermeture spatio-temporelle, d'une durée et étendue plus réduites que la première, semble renverser les résultats de la première fermeture et fait état d'un pourcentage plus élevé de petits thons obèses dans la capture, bien que seule une année de données soit disponible.

La **Figure 46** montre le pourcentage numérique moyen des petits thons obèses dans la prise pour quatre périodes : 1) avant l'expansion de la pêche avec DCP (1980-1990) ; 2) avant la première fermeture spatio-temporelle et pendant l'expansion de la pêche avec DCP (1991-1996) ; 3) pendant la première fermeture spatio-temporelle (1997-2004) ; et 4) au cours de la nouvelle fermeture spatio-temporelle (2005). Si l'on compare le pourcentage des petits thons obèses en 2005 avec la moyenne obtenue de la fermeture spatio-temporelle antérieure, on constate une augmentation proche de 15%.

Néanmoins, si l'on regarde le nombre de petits thons obèses (**Figure 47**), nous pouvons constater une diminution en 2005 due à la baisse des captures des flottilles qui ont une importante composante de petits poissons dans leurs prises de thons obèses (senneurs et canneurs ghanéens). Les différences dans les tendances du nombre et pourcentage de petits thons obèses peuvent s'expliquer par le fait que le nombre de petits poissons dans la prise est seulement affecté par les tendances des captures des senneurs et des canneurs ghanéens, tandis que la tendance du pourcentage de petits poissons est un équilibre entre la prise des engins capturant des petits et gros poissons (**Figure 48**). Toutefois, si nous examinons les différences par trimestre, nous pouvons voir que même si la réduction globale du nombre de petits thons obèses en 2005, rattachée à la période de la première fermeture spatio-temporelle, est proche de 15%, la baisse au cours du dernier trimestre (affecté par les anciennes et nouvelles mesures) n'a été que de 2%.

10. Adoption du rapport et clôture

Le rapport a été adopté et la réunion a été levée.

Références

- HALLIER, J.P., B. Stequert, O. Maury, and F.X. Bard. (2005). Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 57(1): 181-194.
- PARKS, W., F.X. Bard, P. Cayré, S. Kume, Al. Santos Guerra. 1982. Length-weight relations for bigeye tuna captured in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. 17(1): 214-225.
- MCALLISTER, M.K. and E.A. Babcock. 2003. Bayesian surplus production model with the Sampling Importance Resampling algorithm (BSP): a user's guide. Available from www.iccat.int.
- OKAMOTO, H., N. Miyabe and K. Satoh. 2005. Abundance indices of Atlantic bigeye caught by the Japanese longline fishery and related information updated as of 2002. Collect. Vol. Sci. Pap. 58(1): 119-136.

INFORME DE LA SESIÓN DE EVALUACIÓN DE ICCAT DE 2007 DEL STOCK DE PATUDO (Madrid, 5 a 12 de junio de 2007)

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

La reunión se celebró en la Secretaría de ICCAT en Madrid, del 5 al 12 de junio de 2007. El Sr. Driss Meski, Secretario Ejecutivo de ICCAT, inauguró la reunión y dio la bienvenida a los participantes (“el Grupo de trabajo”).

El Dr. N. Miyabe (Japón), Presidente de la reunión, dio la bienvenida a los participantes y dio las gracias a la Secretaría por los esfuerzos realizados en la preparación de la reunión. El Dr. Miyabe procedió a revisar el Orden del día, que fue adoptado sin cambios (**Apéndice 1**).

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

<i>Sección</i>	<i>Relatores</i>
Puntos 1, 9 y 10	P. Pallarés
Punto 2	R. Pianet
Punto 3	P. Kebe
Punto 4	C. Brown
Puntos 5.1, 6.1 y 7.1	J. Walter, Y. Takeuchi, T. Matsumoto y F. Hazin
Puntos 5.2, 6.2 y 7.2	V. Restrepo y N. Miyabe
Puntos 5.3, 6.3 y 7.3	S. Cass-Calay
Puntos 6.4 y 8	G. Scott

2. Datos biológicos, incluyendo información de marcado

Sólo se presentó al Grupo de trabajo un documento nuevo sobre datos biológicos. En el informe de la última evaluación (2004) se incluye más información, y los resúmenes de la información biológica y de otro tipo disponible, incluyendo pesquerías, marcado, estudios genéticos y modelación del stock pueden encontrarse en las ediciones especiales de ICCAT del Programa Año del Patudo (*Colección de Documentos Científicos ICCAT, Vol. 57 (1)*), de la Segunda Reunión Mundial de Patudo (*Colección de Documentos Científicos ICCAT, Vol. 57 (2)*) y en el Capítulo 2 del Manual de Operaciones de ICCAT.

La **Tabla 1** muestra los diversos parámetros y factores de conversión asumidos actualmente por ICCAT para el patudo del Atlántico. A menos que se indique lo contrario en las secciones siguientes, estos son los utilizados en la preparación de datos y en los ensayos del modelo.

El SCRS/2007/088 presenta una nueva relación talla-peso para el patudo, calculada a partir de los datos de observadores embarcados en palangreros de Taipei Chino. Uno de los principales objetivos del programa era recopilar datos de talla de las principales especies objetivo, pero también se pesó un gran número de peces. Se llevaron a cabo análisis sobre dos conjuntos de datos (uno cubría 2002-2005 y el otro con los datos adicionales de 2006); a pesar de la gran diferencia en los tamaños de las muestras, había muy poca diferencia entre los dos conjuntos de datos. La relación talla-peso estimada para el patudo a partir de todo el conjunto es la siguiente:

$$W = 2,373 \times 10^{-5} \times L^{2,932} \quad (R^2 = 0,932; n = 54.173)$$

No obstante, debe prestarse atención al hecho de que esta relación se basa en el peso procesado (eviscerado y sin agallas), no en el peso vivo. Esto debe tenerse en cuenta al comparar estos resultados con otros más antiguos (ver **Figura 1**). Otro punto a tener en cuenta es la gran diferencia en los tamaños de la muestra (130 a 54.000), los rangos de tallas y la zona de pesca. Este estudio es, con diferencia, mucho más completo, pero lamentablemente se basa en el peso procesado; deben hacerse todos los esfuerzos posibles para obtener, en la medida de lo posible, el peso vivo. Se recomienda también recopilar datos sobre la sex-ratio de estos grandes peces.

La comparación de esta curva con la relación talla-peso “oficial” de ICCAT permite calcular un factor de conversión por talla (**Figura 2**) para los palangreros de Taipei Chino.

La ratio de conversión media obtenida (1,25) es bastante mayor que las comunicadas en el manual (versión antigua: 1,13), así como en el nuevo (1,16). Sin embargo, esta comparación no es la mejor forma de estimar una conversión de peso vivo a peso procesado, que probablemente varíe considerablemente entre las pesquerías. Un estudio que utilice peces muestreados de las pesquerías de superficie y de palangre sería más beneficioso a la hora de proporcionar una relación talla-peso revisada en todo el rango de peces capturados en las pesquerías. Se recomienda que los científicos que han recopilado o tienen acceso a tales datos colaboren en esta investigación. En cuanto a las futuras actividades de recopilación de datos, se recomienda registrar los pesos vivos y procesados y las longitudes a la horquilla y predorsales, y que, basándose en esto, se estimen las conversiones de peso procesado a peso vivo para tener en cuenta la variación entre las pesquerías.

3. Datos de captura, incluyendo frecuencias de talla y tendencias de la pesquería

3.1 Capturas estimadas

La Secretaría presentó los datos de captura de patudo para los años 1950-2005. Para 2006 sólo se habían comunicado datos limitados y el Grupo de trabajo decidió utilizar sólo los datos de captura hasta 2005.

El Grupo de trabajo revisó la tabla de captura y señaló que durante años recientes (1997-2005) la ratio de las capturas ghanesas para las tres especies tropicales comunicadas a la Secretaría no coincide con la composición por tallas calculada a partir del muestreo de tallas (**Figura 3**). La Secretaría presentó también la captura y la composición por tallas ghanesa para el año 2006, estimada mediante el programa AVDTH recientemente utilizado para esta pesquería (**Figura 4**). De acuerdo con la información presentada más arriba, el Grupo de trabajo decidió reestimar las capturas de Ghana para los años 1997-2004 utilizando las ratios de composición por tallas calculadas a partir del muestreo de tallas y la ratio de 2006 calculada a partir de AVDTH para las capturas de 2005.

Se revisó también la distribución espacial de las capturas de Taipei Chino para 2004 y 2005 (**Tabla 3**) basándose en información actualizada de los científicos asistentes y el Grupo de trabajo decidió incorporar estos cambios a la base de datos de la Secretaría.

Todos los cambios recomendados por el Grupo de trabajo fueron incluidos en la base de datos de la Secretaría y se presentó una tabla de captura actualizada (**Tabla 2**) que fue aprobada por el Grupo de trabajo.

El Grupo resaltó la falta de la captura de Antillas Holandesas para 2005. De acuerdo con la información recibida por el GT, la captura cero de esta pesquería se debe a que los buques que operaban previamente como parte de la flota han abandonado la actividad o han cambiado de pabellón. Se indicó también el fuerte descenso de la llamada captura “IUU” (**Figura 5**). El Grupo de trabajo se mostró preocupado por que las capturas no declaradas del Atlántico podrían haber sido pobremente estimadas y pueden continuar, pero los mecanismos disponibles de recopilación de datos estadísticos son insuficientes para investigar plenamente esta posibilidad. Un ejemplo informativo de los posibles impactos políticos/sociales/pesqueros del fallo en el seguimiento de la mortalidad total inducida por el hombre y del esfuerzo pesquero resultante en esta mortalidad es la reciente actividad provocada por el descubrimiento de capturas no contabilizadas previamente de atún rojo del Sur.

Durante la discusión se planteó el seguimiento del “falso pescado” en Côte d’Ivoire, y el Grupo de trabajo aprobó la recomendación hecha en Recife durante la reunión intersesiones del Grupo de especies tropicales de intentar desarrollar estimaciones de estas capturas por especie para incorporarlas a futuras evaluaciones de especies tropicales.

3.2 Frecuencias de talla

La información sobre datos de frecuencia de tallas fue circulada antes de la reunión a los posibles participantes y se evaluaron algunos diagnósticos. Los procedimientos de examen y garantía de calidad utilizados y las decisiones resultantes del Grupo de trabajo sobre los datos de frecuencia de tallas se describen en el SCRS/2007/089. La **Figura 6** muestra los resúmenes de las frecuencias de tallas utilizadas en el análisis de MULTIFAN-CL. El gráfico superior muestra, para cada pesquería definida por MULTIFAN-CL, la media de los

percentiles 10, 50 y 90 de las distribuciones relativas de frecuencia de tallas. El gráfico inferior muestra, a escala logarítmica, la talla media de la muestra para cada pesquería.

3.3 Captura por talla

La Secretaría presentó los datos actualizados de captura por talla del patudo para el periodo de 1975 a 2005, con la inclusión de la información nueva y revisada sobre las muestras de talla o la captura por talla disponible después de la última evaluación de patudo celebrada en 2004. Estos cambios afectan a las siguientes flotas:

- Captura por talla del palangre japonés para todo el periodo 1975-2005.
- Pesquerías tropicales de superficie europeas (CE-Francia, CE-España y NEI) para 1991-2005.
- Portugal, Madeira para el periodo 1975-2005.
- Portugal, Azores para los años 1991-2005.
- Palangre de Brasil 1983-1995.
- España (Cantábrico) 1998-2002.
- Taipei Chino 1996-2005.

Toda la información incluida en la base de datos de captura por talla fue también disgregada por flotas de acuerdo con la clasificación definida en la reunión de Recife (ver Informe de la Reunión intersesiones de 2007 del Grupo de especies de túnidos tropicales (*Recife, Brasil, 11 a 16 de abril de 2007*)). Los datos resumidos de captura por talla se presentan en la **Tabla 4**.

4. Índices de abundancia relativa

4.1 Palangre

Se presentaron índices estandarizados de abundancia para cuatro pesquerías de palangre que capturan patudo. Se presentaron los índices de abundancia del patudo del Atlántico capturado por la pesquería de palangre japonesa (SCRS/2007/067). Los índices se construyeron con un Modelo lineal generalizado (GLM) utilizando los últimos datos disponibles de captura y esfuerzo. Se examinó el efecto de la temperatura de la superficie del mar clasificada por rectángulos de 5° y mes, pero los protocolos de estandarización no consideraron la información sobre profundidad de la capa mixta incluida para los índices presentados en la evaluación previa (SCRS/2004/132) debido a la disponibilidad de datos. Se incluyeron los índices anuales en número y biomasa para la zona principal de pesca de la flota japonesa, así como para el total del Atlántico; se presentaron índices trimestrales para estas zonas y también para las tres zonas consideradas para su uso en MULTIFAN-CL (región tropical, y zonas subtropicales norte y sur). Los índices no se presentaron por clase de edad. Los efectos incorporados en los índices incluían también año, trimestre, área (o latitud y longitud), número de anzuelos entre flotadores, temperatura de la superficie del mar y material de la línea madre y la brazolada como variables explicativas. Los índices anuales mostraron una tendencia algo ascendente hasta principios de los 70, seguida de una tendencia generalmente descendente hasta 2005. El Grupo de trabajo manifestó su inquietud respecto a la implementación de funciones polinomiales de latitud y longitud y sus interacciones de mayor orden, ya que es más difícil comprender su relación biológica con las tasas de captura del patudo. Durante las discusiones, se indicó que se ha producido una tendencia creciente en el número de anzuelos por cesta, aunque se ha ido estabilizando. El Grupo de trabajo sugirió que las diferencias entre las zonas en el número de anzuelos por cesta sean examinadas en el futuro. Los índices de esta pesquería fueron incorporados en los ensayos del caso base para todos los modelos.

La CPUE estandarizada del patudo capturado por la flota palangrera de Taipei Chino en el Océano Atlántico fue presentada en el documento SCRS/2007/063. El método utilizado para la estandarización fue un GLM asumiendo una distribución de error delta binomial-lognormal. Las variables explicativas incluían año, zona, atún blanco como objetivo, rabil como objetivo (las variables de objetivo describen la ratio de atún blanco o rabil respecto a la captura de patudo), e interacción año-zona. Los autores indicaron que, para 2006, el índice estandarizado podría estar sesgado por una mayor tasa de comunicación por parte de los buques que se dirigen al patudo (a causa de las regulaciones). Los índices en número fueron desarrollados por separado a partir de dos conjuntos de datos: de los cuadernos de pesca que intentan representar el esfuerzo diario y de los datos agregados mensualmente de los cuadernos de pesca. El Grupo de trabajo decidió utilizar los datos agregados por mes ya que muchos de los cuadernos de pesca reflejaban el esfuerzo de múltiples días. Durante la reunión se desarrolló un índice de biomasa aplicando un peso medio anual al índice en números. El Grupo de trabajo advirtió de que esto podría producir un resultado diferente al que podría obtenerse usando los datos en biomasa. El Grupo de trabajo señaló que los índices de palangre de Taipei Chino eran diferentes a los demás índices

disponibles durante 2004-2005, y presentaban una fuerte tendencia ascendente. Estos índices fueron incorporados en los ensayos del caso base para todos los modelos. Además, los análisis de sensibilidad recomendados incluían la exclusión de estos índices así como la incorporación de sólo estos índices, con el fin de examinar la influencia de la tendencia diferente para 2004-2005.

En el documento SCRS/2007/065 se desarrollaron índices de abundancia anuales y trimestrales para la pesquería de palangre brasileño. En los datos disponibles de los cuadernos de pesca se identificaron conglomerados que reflejaban la composición por especie de la captura, y fueron incorporados como medidas de las especies objetivo de los lances. Otros factores incluían año, trimestre, subárea e interacciones año*trimestre. El Grupo de trabajo decidió utilizar los índices construidos incorporando el efecto de conglomerado ya que esto podría solucionar los cambios en el objetivo de la pesca. Sin embargo, el Grupo de trabajo señaló que podría ser mejor analizar los datos de conglomerados de patudo por separado, en lugar de tratar el conglomerado como un factor, y recomendó que este enfoque sea considerado en el futuro. Se indicó que el factor conglomerado, tal y como se aplica actualmente, atribuye la razón principal del cambio en las tasas de captura al cambio en el objetivo de la pesca y podría reducir las tendencias si no es así; se sugirió la modelación de simulación como medio de investigar este tema. Al igual que ocurría con el índice de palangre de Taipei Chino, se desarrolló un índice de biomasa durante la reunión aplicando un peso medio anual al índice en números. Los índices del palangre brasileño se incorporaron a los ensayos del caso base para todos los modelos excepto el VPA, que incorporó estos índices en un ensayo de sensibilidad.

Se presentaron los índices de CPUE estandarizada para la pesquería de palangre pelágico estadounidense en el Atlántico noroccidental y el Golfo de México (SCRS/2007/069). Se presentaron dos índices alternativos para la misma pesquería; a) un índice en biomasa basado en los desembarques de patudo resumidos por marea y b) un índice en números basado en datos resumidos por lance. Para el índice de biomasa, la falta de observaciones después de 1996, que había producido su exclusión durante la evaluación previa, fue abordada actualizando una variable de clasificación de buques relacionada con las operaciones de los buques; el número de observaciones después de 1996 ha aumentado significativamente. La estandarización utilizaba un modelo lineal mixto generalizado asumiendo una distribución de error delta binomial-lognormal. Las variables explicativas incluían año, área, categoría de clasificación del buque, trimestre y clasificación de las zonas de ordenación; se consideró también la densidad de bastones de luz por anzuelo pero no se incluyó en los modelos finales. El Grupo de trabajo discutió una tendencia creciente en 2004-2006 que parecía estar producida por aumentos en una zona (zona costera oriental de Florida). Los análisis realizados durante la reunión sugerían que el aumento en las tasas de captura de la costa Este de Florida en años recientes podría estar influido por el movimiento del esfuerzo más hacia el Este dentro de esta zona, provocado por las vedas de ordenación en las partes occidentales de dicha zona. Sin embargo, las tasas de captura en estas zonas habían ido ya aumentando antes del desplazamiento del esfuerzo, por lo que esta no parece ser toda la explicación. Los índices de esta pesquería fueron incorporados en los ensayos del caso base para todos los modelos.

4.2 Cebo vivo

En respuesta a las recomendaciones de la evaluación previa acerca de los métodos adecuados que deben aplicarse para estandarizar las tasas de capturas de las pesquerías de cebo vivo, en el SCRS/2007/087 se calcula la CPUE estandarizada de la flota de cebo vivo de las Azores. La estandarización utilizó un modelo lineal mixto generalizado asumiendo una distribución de error delta binomial-lognormal. Las variables explicativas incluían año, trimestre, categoría de clasificación del buque basada en el tamaño del buque y sus operaciones típicas, e interacciones entre el trimestre y la clase de buque así como entre año y trimestre. El Grupo de trabajo indicó que la tendencia general descendente era de una escala similar a las tendencias descendentes observadas en los índices de palangre de Japón y Estados Unidos, pero que las amplias fluctuaciones en el periodo inicial pueden reflejar disponibilidad local para esta pesquería que es sólo un cuadrado de unos 5 grados. El Grupo de trabajo consideró también la posibilidad de que años más recientes puedan reflejar un descenso a largo plazo en la disponibilidad local debido a factores medioambientales. Estos índices se incorporaron a los ensayos del caso base para todos los modelos excepto en el VPA, que incorporó estos índices en un ensayo de sensibilidad.

4.3 Cerco

Durante la evaluación previa, se recomendó también aplicar métodos adecuados para estandarizar las tasas de captura de las pesquerías de cerco. La construcción de dichos índices ha sido problemática para los túnidos tropicales, dadas las dificultades de definir unidades de esfuerzo apropiadas para una pesquería en la que ha habido mejoras tecnológicas así como cambios en el tiempo de búsqueda y en el éxito de los lances causados por un cambio hacia un mayor uso de dispositivos de concentración de peces (DCP). Se presentaron dos documentos que describen un proceso para abordar estos problemas. El documento SCRS/2007/066 presentaba un

procedimiento utilizado para separar el esfuerzo global en días de pesca de las flotas de cerco europea y asociadas en dos estrategias de pesca diferentes (lances sobre DCP o lances sobre banco libre) que han sido desarrolladas por estas flotas desde principios de los 90. El método de separación utiliza datos de observadores y tiene en cuenta el porcentaje de esfuerzo de búsqueda dedicado a cada modo de pesca así como el tiempo pasado en calar el arte. El documento SCRS/2007/064 presenta un índice de abundancia de patudo juvenil basado en los datos de CPUE del cerco, restringiendo el análisis a los lances sobre DCP (que representan más del 80% de la captura). El análisis se restringió también a la captura de patudo inferior a 10 kg, correspondiente al patudo juvenil. La unidad básica de esfuerzo utilizada fue el número de lances (los registros de CPUE estaban en captura por lance), y para la estandarización se usó un GLM que asumía una distribución de error binomial negativa. El modelo incorporaba los factores año, flota, trimestre, área y objetivo. Sin embargo, el Grupo de trabajo expresó su inquietud acerca de que la incorporación del factor objetivo, que se basa en el porcentaje de patudo en cada lance, podría quitar variabilidad a la tendencia. El Grupo de trabajo recomendó que los índices fueran recalculados sin incorporar el factor objetivo y asumiendo una distribución de error lognormal en lugar de una distribución de error binomial negativa. Los índices fueron recalculados siguiendo las recomendaciones (**Figura 7**). El Grupo de trabajo reconoció que sigue habiendo problemas con el índice, incluyendo inquietudes acerca de que la unidad de esfuerzo (lance sobre DCP) puede no ser coherente en el tiempo y al hecho de que no se conoce verdaderamente la composición por especies (y por lo tanto la captura de patudo), sino que se estima basándose en año/trimestre/área. Sin embargo, estos índices de cerco fueron utilizados en los modelos VPA dado que eran los únicos índices disponibles de edades 0 y 1, y que el enfoque de estandarización parecía representar una mejora respecto a los índices de cerco previamente disponibles. Dado que los índices de cerco sólo reflejaban las edades 0 y 1, no se consideraron adecuados para su uso en los análisis del modelo de producción.

4.4 Creación de índices combinados

La **Tabla 5** y la **Figura 8** muestran los índices seleccionados en número (a) y en biomasa (b) en una escala común (cada serie hecha relativa respecto a sus medias respectivas para los años de solapamiento 1982-2007). Para los análisis de los modelos de producción, el Grupo de trabajo decidió generar un índice combinado de abundancia basado en los índices de biomasa disponibles. Durante la reunión se construyó un índice base combinado utilizando índices de biomasa de a) el índice de Japón restringido al principal caladero durante los años 1961-2005, b) la versión agregada mensualmente del índice de Taipei Chino para los años 1981 a 2005, convertido a biomasa utilizando pesos anuales medios, c) el índice de biomasa de Estados Unidos para los años 1982-2005, d) el índice brasileño de palangre para los años 1978 a 2005 convertido a biomasa utilizando pesos anuales medios y e) el índice de biomasa de cebo vivo de las Azores para los años 1970-2005 (**Tabla 6** y **Figura 9**). El índice combinado se calculó a partir del promedio anual de los índices relativos, con cada índice ponderado por la proporción anual de la captura de cada pesquería respecto a la captura anual global. Este enfoque difiere un poco del utilizado durante la evaluación previa. En 2004, el índice combinado se estimó utilizando un GLM con un factor de ponderación basado en la proporción anual de la captura de cada pesquería en relación con la captura total de palangre. Además del índice base combinado, el Grupo de trabajo sugirió índices combinados alternativos para usarlos en evaluaciones de sensibilidad: un índice compuesto que no incluya los índices de cebo vivo de las Azores, un índice compuesto sin los índices de palangre brasileño, y un índice compuesto sin los índices de palangre de Taipei Chino.

4.5 Índices de CPUE para el análisis VPA estructurados de forma similar a MULTIFAN-CL

A partir de series de esfuerzo estandarizadas utilizadas en los análisis de MULTIFAN-CL (SCRS/2007/089), se construyeron indicadores de tasa de captura para usarlos en un VPA estructurado con 15 pesquerías como las definidas para los análisis de MULTIFAN-CL. La CPUE se tomó como el esfuerzo estandarizado dividido entre la captura correspondiente para el estrato de interés. Para colocar los indicadores en una fase anual (MULTIFAN-CL estaba estructurado con una fase trimestral), se usó un GLM con variables categóricas de trimestre y año. Los valores anuales se tomaron como las medias de mínimos cuadrados del efecto año para el GLM de cada pesquería. Los valores anualizados, en biomasa, calculados de esta forma se muestran en la **Tabla 7**.

5. Métodos y otros datos relevantes para la evaluación

5.1 MULTIFAN-CL

El documento SCRS/2007/089 proporciona detalles de la preparación de los datos para ejecutar MULTIFAN-CL en la reunión de evaluación de 2007. Esta sección facilita detalles acerca de las opciones y supuestos de modelación.

Para esta evaluación, el Grupo de trabajo hizo algunos cambios a la definición de pesquerías que debían ser incluidas en el modelo (**Tabla 8**). La captura, esfuerzo y series de CPUE para estas pesquerías aparecen en la **Figura 10**. En comparación con los ensayos del modelo de 2004, los principales cambios fueron (a) separar el esfuerzo de cerco después de 1990 en DCP y banco libre, y (b) combinar el cebo vivo y el cerco de Ghana en una única pesquería.

En 2004, el Grupo de trabajo exploró diversas formulaciones del modelo y conjuntos de datos para aplicar MULTIFAN-CL al stock de patudo del Atlántico. De los diversos ensayos explorados, el Grupo de trabajo dio cierta preferencia a lo que se definió como Ensayo 3 en el informe de la evaluación de 2004. Esta formulación tenía las siguientes características:

- Crecimiento: Fijado en los valores estimados por Hallier *et al.* (2005) excepto para los 8 primeros trimestres de edad, para los que se estimaron las tallas medias.
- Mortalidad natural: estimada.
- Mezcla de marcas: Asumía que los peces marcados se mezclan plenamente con la población no marcada después de dos trimestres.
- Tamaño inicial del stock: Utiliza una F media para los 10 trimestres iniciales.
- Tamaño relativo de la región: 1,00, 1,69 y 1,47 para las regiones 1, 2 y 3.
- Distribución del reclutamiento: 0,125, 0,75 y 0,125 para las regiones 1, 2 y 3.

Para el actual desarrollo, el Grupo de trabajo decidió cambiar el tamaño relativo de las tres regiones basándose en el número de cuadrículas de 5x5 con capturas de patudo para el periodo 2000-2005. Los tamaños de región resultantes relativos a la Región 1 (norte) fueron: 1,00, 1,61, y 0,81 para las regiones 1, 2 y 3. Además, el Grupo de trabajo decidió cambiar el supuesto sobre cómo se divide el reclutamiento en las tres regiones a 0,05, 0,90 y 0,05 para las regiones 1, 2 y 3.

El Grupo de trabajo exploró las formulaciones en la **Tabla 9**. A menos que se indique lo contrario, los supuestos básicos son los descritos anteriormente y las entradas de datos son las generadas en 2007. La **Tabla 10** muestra algunas de las opciones de modelo para las diferentes pesquerías.

5.2 Modelos de producción

En la última evaluación de stock (2004), el Grupo de trabajo utilizó tres paquetes de software diferentes de modelos de producción (ASPIC 5, Prodfit y modelo de producción excedente bayesiano (BSP)), aplicando un índice compuesto estimado a partir del índice de palangre japonés en la zona central (en peso), del índice de palangre de Taipei Chino (sin ratio, en peso) y del índice de palangre estadounidense (en peso). El Grupo de trabajo continuó utilizando el mismo software con la última versión (ASPIC 5.16, Prodfit, BSP1.0) para esta evaluación de stock. Para el índice de abundancia, se actualizó el índice combinado para incluir el índice de palangre de Taipei Chino (mensual), el índice de palangre japonés en la zona central (en peso), el índice de palangre brasileño (en peso, con análisis de conglomerados para definir la especie objetivo y las zonas 2 y 3), el índice de palangre de Estados Unidos (datos de ventas de los comerciantes, en peso) y el índice de cebo vivo de las Azores (para más detalles de la CPUE combinada consultar la sección 4), para el ensayo del caso base (**Tabla 6**). Además de estos cinco índices de CPUE enumerados más arriba, se aplicaron también combinaciones adicionales de índices incluyendo índices de abundancia separados para ASPIC y BSP (ver **Tabla 5b**). Se exploraron varios métodos de ponderación de cada índice cuando se aplican por separado:

- Ponderación igual
- Ponderado por la proporción media de desembarques cuando los cinco índices se solapan (1982-2005)
- Ponderado por la proporción de desembarques de cada año, consultar la sección del modelo BSP para más detalles acerca de su implementación.

No todos los métodos de ponderación se aplicaron a todo el software (**Tabla 11**). Durante la reunión se estimó la captura total desde 1950 hasta 2005 a partir de los datos de Tarea I disponibles en la reunión. Para ASPIC se utilizaron tanto el modelo de producción generalizado (Pella-Tomlinson) como el modelo logístico (Schaefer). Prodfit utilizó también el modelo Fox, mientras que BSP utilizó sólo el modelo Schaefer. Dado que ASPIC requiere una serie de captura separada para cada índice, para la flota de cebo vivo de las Azores la serie de captura desde 1950 hasta 2005 fue proporcionada por un científico portugués que participaba en la reunión. En el ensayo de ASPIC, la ratio entre el tamaño de la biomasa a comienzos de 1950 respecto a K ($B1/K$) se fijó en 1 a menos que se especificara otra cosa en un ensayo específico. Para BSP es necesario definir la distribución previa para los parámetros clave (K , r , $B1950/K$). El Grupo de trabajo decidió continuar utilizando la misma

distribución previa usada en la última evaluación de stock en 2004 (véase Sección 5.2.2 BSP). El Grupo de trabajo identificó también diversos ensayos de sensibilidad. Los ensayos de sensibilidad cubrían:

- el uso de un índice compuesto sin el índice de palangre de Taipei Chino
- el uso únicamente del índice de palangre de Taipei Chino
- el uso únicamente del índice de palangre de Taipei Chino y la dinámica de población desde 1978
- el uso únicamente del índice de palangre de Taipei Chino suprimiendo los puntos de datos de 2004 y 2005
- el uso de un índice compuesto sin el índice de cebo vivo de las Azores
- el uso de un índice compuesto excluyendo el índice de palangre de Brasil
- el uso de un índice compuesto y se estimó B1/K

5.2.1 Modelo Prodfit

Para el PRODFIT, el esfuerzo se estimó como la ratio de la captura total dividida entre la captura por unidad de esfuerzo combinada (ver sección 3.3). Se utilizaron tres índices para el análisis: AI-1 (combinado, no ponderado), AI-2 (combinado, ponderado sobre los desembarques anuales) y AI-3 (combinado sin Taipei Chino, ponderado sobre los desembarques anuales).

Para cada índice, los ensayos incluían los modelos Fox ($m=1$), Schaefer ($m=2$) y generalizado (m estimada) para todo el periodo 1961-2005. Todos asumían un factor para promediar el esfuerzo “ k ” (es decir, el número de grupos de edad que contribuye a la pesquería) de 5, y de 8 en el caso del modelo generalizado.

5.2.2 Modelo de producción excedente bayesiano (BSP) (basado en el modelo de tipo Schaefer)

Se usó un enfoque bayesiano (BSP versión 1.0) para ajustar una formulación temporal continua del modelo de producción excedente de Schaefer (McAllister y Babcock, 2003). Se evaluaron nueve ensayos totales representando un caso de continuidad, cuatro ensayos del modelo base y cuatro análisis de sensibilidad. Los ensayos de sensibilidad estaban motivados principalmente por las discrepancias entre los diversos índices y la incertidumbre existente acerca de cómo ponderar los índices.

Las entradas de cada ensayo se resumen en la **Tabla 11**. Las entradas técnicas para todos los ensayos fueron las mismas que en la evaluación de patudo de 2004. Siguiendo la evaluación de 2004, r fue limitada con un lognormal informativo ($\mu=0,6$, $SD(\ln(x))=0,3$), la k previa fue limitada con una distribución previa uniforme con límites entre $1,5E5$ y $2,5E6$, y B_0/K fue limitada hasta casi 1,0 ($\mu=1,0$, $SD(\ln(x))=0,01$). Las tablas de las estimaciones de los parámetros y los archivos de entrada se encuentran en la **Tabla 12** y la **Tabla 13**. Para los ensayos en los que se utilizaron índices separados, el número de índices (indicado como “ $nind$ ”) correspondía al número de índices. Para una ponderación igual, se utilizó la opción 10 y para una ponderación desigual de los índices se usó la opción 6 con ponderaciones que eran el inverso de la raíz cuadrada del porcentaje de la ratio de captura (E. Babcock, *pers. comm.*). Por razones desconocidas, el modelo BSP no funcionaba con ponderaciones fraccionados por lo que cada ponderación se redondeó al valor entero más cercano (es decir, 1.2 se convierte en 1). La **Tabla 14** describe el procedimiento de ponderación para introducir desembarques ponderados como coeficientes de variación en el modelo y la **Tabla 15** enumera la ponderación para cada índice.

5.2.3 ASPIC

El software ASPIC versión 5.16 se utilizó para ajustar los modelos de producción generalizado (Pella-Tomlinson) y logístico (Schaefer). El índice combinado o los índices separados de las cinco pesquerías (consultar la sección 4) se utilizaron como análisis del caso base. Cuando se utilizaba la CPUE separada, la ponderación estadística de cada pesquería se basaba en la proporción de volumen medio de captura en los años de solapamiento (1982-2005) o en la ponderación igual. Además, se usaron como análisis de sensibilidad los diversos escenarios que se muestran a continuación, basados en los modelos logístico y generalizado.

- 1) CPUE compuesta sin el índice de Taipei Chino
- 2) Sólo la CPUE de Taipei Chino
- 3) CPUE compuesta sin el índice de las Azores
- 4) Datos de captura y CPUE sólo hasta 2002

Se aplicó un bootstrap (1.000 veces) a todos los ensayos del caso base (dos con índices combinados y dos con índices separados), además de análisis de sensibilidad si el ensayo determinista tenía éxito (convergía), pero el

bootstrap no se terminó para algunos de los ensayos debido probablemente a los altos valores residuales (ajustes pobres) en una elevada proporción de las pruebas de bootstrap para esos casos.

5.3 VPA-2BOX

El Grupo de trabajo examinó cuatro ensayos del modelo VPA. Todos utilizaron el programa VPA-2BOX (Versión 3.01⁵), Todos los ensayos de VPA utilizaron los datos de captura por edad especificados en la **Tabla 16**. Los supuestos biológicos utilizados para todos los ensayos fueron los siguientes:

Mortalidad natural (M) = Edades 0-1 = 0,8, Edades 2-7+ = 0,4

Los parámetros biológicos utilizados para el VPA son los mismos que los usados durante la evaluación de patudo de 2004. Los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy de Hallier *et al.* (SCRS/2004/039): $k=0,180$ yr⁻¹, $L_{\infty} = 217,3$ cm y $t_0 = -0,709$ años, y la ecuación de talla-peso de Parks *et al.* (SCRS/1981/059): $\text{Peso (kg)} = 2,396 \text{ E}^{-5} * \text{FL(cm)}^{2,9774}$ se utilizaron para estimar la edad del grupo plus.

La fecundidad se estimó utilizando una aproximación, % madurez * peso por edad (el 1 de enero). Para el grupo plus, se asumió que la población estaba compuesta de un 50% de ejemplares de edad 7 y un 50% de edad 8.

	Edad 0	Edad 1	Edad 2	Edad 3	Edad 4	Edad 5	Edad 6	Edad 7+
% 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

De los índices de abundancia disponibles (**Tabla 5**), el ensayo del caso base del VPA utilizaba cuatro: LL de Japón (CATl), LL de Taipei Chino, LL pelágico de Estados Unidos, y PS DCP de la CE. Los índices fueron ponderados igualmente, y se asignó un CV = 0,2 a cada estimación de abundancia anual. La vulnerabilidad se estimó utilizando las capturas parciales específicas de cada flota que se resumen en la **Tabla 17**. En la biomasa se especificaron dos índices (BB de Azores y PS DCP de la CE). Para estos, 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 la Tarea II (**Tabla 18**).

Se aplicó una limitación (Std. Dev = 0,4) al reclutamiento durante 2003-2005. Las F-ratios del año terminal fueron estimadas utilizando un desarrollo aleatorio. Esta opción permite alguna flexibilidad al modelo para que ajuste mejor los datos pero no requiere la estimación de todas las F-ratios como valores independientes, lo que probablemente provocaría una sobre-parametrización.

La **Tabla 19** resume las especificaciones de estimación de parámetros de VPA-2BOX. Se aplicó una limitación (Std. Dev = 0,4) al reclutamiento durante 2003-2005 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 0,97 veces la estimación de la edad 1. Las F-terminales de las edades 2 y 3 se fijaron en 0,46 y 0,72 veces la estimación de la edad 4, respectivamente. Las F-ratios (Edad 7+ relativa a la edad 6) fueron modeladas estimando la ratio en 1975, y permitiendo posteriormente 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 F-ratios como valores independientes, lo que probablemente provocaría una sobre-parametrización.

6. Resultados sobre la situación del stock

Se aplicaron varios tipos de modelos de evaluación a los datos disponibles, incluyendo modelos de producción, VPA y un modelo estadístico integrado (MULTIFAN-CL). Existía un rango de evaluaciones de la situación del stock a partir de las diversas formulaciones de modelo aplicadas, y no todas se consideraron igualmente verosímiles. Los resultados de las diversas aplicaciones del modelo de evaluación a los datos disponibles se resumen a continuación.

Además, el documento SCRS/2007/062 presentaba los resultados de una evaluación del stock de patudo del Atlántico utilizando el modelo de crecimiento logístico de Verhulst. El Grupo de trabajo indicó su interés en la aplicación de este tipo de enfoque, que depende únicamente de la captura para el ajuste del modelo. No obstante, el Grupo de trabajo consideró que los resultados no serían plenamente comparables con los obtenidos durante la

⁵ Versión 3.01, Porch, catálogo de programas de ICCAT.

reunión porque los datos utilizados no tenían en cuenta la corrección de la composición por especies realizada por el Grupo de trabajo. Los resultados de esta evaluación se incluyen en el **Apéndice 4**.

6.1 Modelos de producción

6.1.1 Prodfit

En la **Tabla 20** se comunican los resultados de acuerdo con los diversos supuestos realizados sobre el parámetro forma (m) y la factor para promediar el esfuerzo (k). Estas estimaciones son muy coherentes independientemente del rango de valores de m y de k utilizados: el RMS oscila entre 110 y 120.000 t, la F relativa en RMS oscila entre 0,8 y 1,6 con una captura actual (2005) de entre el 60 y 65% del RMS. Estos resultados se acercan a los obtenidos en la última evaluación de 2004: RMS de 106 a 110.000 t, F/RMS de 0,98 a 1,30.

Como ejemplo, los resultados del modelo Fox con $k=5$ basado en el índice combinado no ponderado se muestran en la **Figura 11**.

6.1.2 Modelo de producción excedente bayesiano (BSP)

Las distribuciones posteriores para r , K , B/B_{RMS} y F/F_{RMS} indican claras diferencias entre los modelos (**Figura 12**). En particular, las distribuciones posteriores para r y K presentan una bimodalidad clara y, en el caso extremo de ajustar solo el índice de palangre de Taipei Chino, muestran una distribución posterior plana y que produce un valor de K mucho más elevado y peor definido. Parece haber una evolución de las distribuciones posteriores a partir de un valor modal inferior para r y K cuando los índices se ponderan igualmente, hacia un r más elevada y a una K más elevada pero peor definida cuando al índice de palangre de Taipei Chino se le asigna una ponderación elevada o cuando se utiliza sólo este índice. Esta progresión modal y la presencia de dos modos claros en las distribuciones posteriores resaltan la naturaleza contradictoria de las series de entrada de CPUE y el hecho de que la ponderación diferencial de los índices proporciona dos ideas diferentes de la naturaleza de la productividad de la población de patudo. Deberían llevarse a cabo más investigaciones acerca de distribuciones previas alternativas para r .

Los ajustes a los índices ilustran además la interacción competitiva entre los ajustes al índice de palangre japonés y el de Taipei Chino (**Figura 13**). Contrastar los ajustes del caso base 3 (ponderaciones iguales) con los ajustes para los índices del Caso base 2 (ponderaciones separadas) para los índices de Japón y de Taipei Chino muestra como la ponderación igual hace que los ajustes del modelo se separen del índice de Taipei Chino. La ponderación de acuerdo con los desembarques ajusta el índice de Taipei Chino e indica una estabilidad o mejora en el índice. Estas dos diferencias, aunque pequeñas, determinan las conclusiones del modelo BSP.

Los resultados del principal efecto de los análisis de sensibilidad ilustran la situación variable del stock con diferentes supuestos respecto a la ponderación de los índices (**Figura 14, Tabla 21**). Aunque cada uno de los dos casos base y los dos análisis de sensibilidad mostrados indican tendencias similares respecto a la reducción en la mortalidad por pesca en 1999, los índices que ponderan el palangre de Taipei Chino según los desembarques indican que la actual F/F_{RMS} es mayor que el valor objetivo de uno y que B/B_{RMS} es inferior a uno (**Figura 15**). La estimación del caso base del modelo BSP de F/F_{RMS} para 2005 es 0,798 y para B/B_{RMS} es 0,973, lo que indica que no se está produciendo sobrepesca y que el stock está ligeramente sobrepescado. Por el contrario, el caso base 2 (todos los índices ponderados de forma igual) indica una F/F_{RMS} de 1,436 y una B/B_{RMS} de 0,599 lo que indica que el stock está experimentando sobrepesca y está sobrepescado (**Tabla 21**). Aunque los dos casos aportan perspectivas divergentes sobre la situación del stock, las estimaciones de RMS no son muy divergentes en 93.275 y 86.194 para los casos base 1 y 2 respectivamente.

6.1.3 ASPIC

Los parámetros de entrada para todos los casos se muestran en la **Tabla 22** y los datos de captura aparecen en la **Tabla 23**. Los índices de CPUE combinados y separados utilizados para los análisis se muestran en las **Tablas 6 y 5b** respectivamente. Los resultados resumidos del caso base se muestran en la **Tabla 24**. Se llevó a cabo una prueba de la ratio de verosimilitud entre el modelo de producción generalizado y el modelo Schaefer para los ensayos del caso base (ensayo 1 y ensayo 2, respectivamente). Resultó que para el índice compuesto, la hipótesis de la función de producción del modelo Schaefer (ensayo 2) no era rechazada, aunque el ensayo del modelo de producción generalizado (ensayo 1) se ajusta ligeramente mejor con un parámetro adicional. Para los ensayos del modelo de índices separados, los ajustes del modelo de producción generalizado (ensayo 4 y ensayo 6) eran peores que los modelos Schaefer (ensayo 5 y ensayo 7) y por consiguiente se prefirió el modelo Schaefer, pero

los análisis con el modelo Schaefer (ensayo 5 y ensayo 7) no pudieron resolverse. Los ensayos del caso base con el modelo generalizado y los índices separados (ensayo 4 y ensayo 6) pudieron resolverse sólo para la estimación puntual, pero el bootstrap no tuvo éxito, debido probablemente a los elevados valores residuales y a los pobres ajustes para una elevada frecuencia de intentos de bootstrap. Por lo tanto, el caso base con la CPUE compuesta y el modelo Schaefer (ensayo 2) fueron seleccionados como caso base final (denominado en lo sucesivo “el caso base”).

Los resultados basados en el análisis del caso base (ensayo 2) sugieren que el nivel de explotación en años recientes es ligeramente inferior al nivel que produce el RMS (la ratio actual de B/B_{RMS} es 0,918 y la ratio actual de F/F_{RMS} es 0,871, **Figura 16** y **Tabla 24**) pero el stock está mostrando signos de una ligera recuperación. Estos signos se deben probablemente a la tendencia descendente de captura de los años recientes. El RMS se estima en 90.820 t (80% C.L. 68.080-98.940 t) (**Tablas 24** y **25**), cifra superior a la captura de 2005 (71.020 t).

Entre otros escenarios examinados, varios casos no pudieron hacerse convergir con éxito y/o los análisis de bootstrap fallaron (**Tablas 26** y **27**). Las estimaciones de RMS, B-ratio y F-ratio oscilaban entre 87.230 y 119.300 t, entre 0,653 y 1,462, y entre 0,412 y 1,504 respectivamente. Estas estimaciones son cercanas o un poco peores que los resultados de la última evaluación. La comparación de la tendencia histórica de B-ratio y F-ratio para cada caso se muestra en la **Figura 17**. Se observaron varias diferencias entre ellas (**Tablas 26** y **27** y **Figura 17**). El caso de sensibilidad con sólo la CPUE de Taipei Chino (ensayo 11) mostraba un mayor RMS y B-ratio y una menor F-ratio que los otros casos, y los casos sin la CPUE de Taipei Chino (ensayo 8 y ensayo 9) no pudieron ser resueltos ni para el modelo de producción generalizada ni para el modelo de producción logística. Esto se debió probablemente a la reciente tendencia creciente del índice de palangre de Taipei Chino. La B-ratio se estimó como menor durante el periodo inicial si B_1/K no se fijaba en el modelo (ensayo 3). El caso sin la CPUE de las Azores (ensayo 12) no presenta ningún cambio remarcable respecto a los otros, lo que se debe probablemente a que la CPUE del cebo vivo de las Azores no era muy diferente a las CPUE de palangre y a que el volumen de captura del cebo vivo de las Azores era pequeño. Se estimó que el RMS era mayor si se utilizaban la captura y la CPUE sólo hasta 2002 tanto para los modelos generalizados como logísticos (ensayo 14 y ensayo 15). Esto se debe probablemente al descenso simultáneo de la CPUE y la captura en años recientes. Se observaron pequeñas diferencias si el modelo con diferente parámetro forma (logístico frente a modelo de producción generalizado) se aplicaba para el mismo índice de CPUE (por ejemplo índice combinado del caso base, ensayo 1 y ensayo 2). La **Figura 18** muestra la curva del rendimiento en equilibrio del caso base y las capturas anuales. Se estimó que la captura y la mortalidad por pesca eran inferiores al nivel de RMS en años recientes.

6.2 MULTIFAN-CL

Comparación con los análisis llevados a cabo en 2004. Los análisis eran insensibles a los cambios en la distribución relativa asumida del reclutamiento por región y de los tamaños de región relativos, como indicaban los ensayos realizados con los datos de 2004 (véase **Figura 19**). En términos de comparación con los resultados obtenidos en 2004, se observa un mayor efecto a la hora de usar el conjunto de datos actualizado en 2007 (véase **Figura 20**). Con supuestos y opciones de modelo similares, el nuevo conjunto de datos produce un reclutamiento históricamente mayor y menores estimaciones de biomasa.

Resumen de los resultados. La **Tabla 28** resume los resultados obtenidos en los diversos ensayos hechos durante la reunión. El Grupo de trabajo no eligió un caso base para elaborar el asesoramiento en cuanto a ordenación. Sin embargo, se acordó que los resultados eran útiles y se hicieron algunas recomendaciones para el trabajo intersecciones. A continuación se facilitan comentarios sobre varias opciones de modelo.

Estructura espacial y marcado. El modelo de región única (ensayo 6) produjo menores estimaciones de reclutamiento y biomasa y era ligeramente más pesimista (**Tabla 28** y **Figura 21**). El RMS era aproximadamente un 25% menor con el modelo de región única y más similar, en cuanto a magnitud, al RMS estimado con modelos de producción y VPA.

Efecto de M. En los Ensayos 3 y 6, se estimó el patrón de M por edad. En los ensayos 4, 5 y 12, en los que M estaba fijada, los resultados mostraban por lo general menores estimaciones de biomasa y reclutamiento. Este era particularmente el caso de los ensayos 4 y 12 que utilizaron el patrón de VPA asumido por el Grupo de trabajo para varias evaluaciones (**Figura 22**). Los patrones en la M estimada en el ensayo 3 (3 regiones) y el ensayo 6 (región única) eran similares, y a su vez eran similares al patrón desarrollado por la IATTC (**Figura 23**).

Estimación de las capturas no declaradas. El ensayo 7 no alcanzó la convergencia. A causa del potencial del programa informático como medio de estimar las capturas no declaradas para algunas pesquerías, el Grupo de trabajo recomendó que los científicos continúen trabajando entre sesiones para obtener resultados para la opción de modelo seleccionada.

Tamaño inicial de la población. En 2004 y en la mayoría de los ensayos realizados en 2007, el Grupo de trabajo asumió que el tamaño inicial del stock (1961, primer trimestre) se calcularía asumiendo el equilibrio con una F constante igual al nivel estimado para los 10 primeros trimestres (1961 a 1962.5). Se llevó a cabo el ensayo 8 para ver el efecto de utilizar la mortalidad natural solo para estimar el tamaño inicial del stock. Utilizando solo M , los resultados eran considerablemente más pesimistas (**Figura 24**). El Grupo de trabajo se mostró preocupado por que el impacto pudiera ser tan grande, dado que las capturas de 1961 eran relativamente pequeñas, y que las pesquerías dirigidas al patudo se habían iniciado sólo unos pocos años antes. El Grupo de trabajo recomendó que este tema fuera estudiado inter sesiones, quizás realizando otro ensayo que incluya las capturas desde el inicio de las pesquerías.

Solución de captura exacta. Se llevó a cabo un ensayo para probar una versión experimental del programa informático que asumía que las capturas eran estimadas sin error y por tanto debería ser más rápido a nivel computacional. Después de realizarlo, sin embargo, fue evidente que el método subyacente para estimar las tendencias en la capturabilidad era diferente del asumido por el Grupo de trabajo para otros ensayos, por lo que los resultados no eran muy comparables (**Figura 25**).

Otras opciones. Se exploraron otros ensayos como por ejemplo dar una ponderación ligeramente inferior a la serie de palangre japonés (ensayos 13 y 14), o tener menos grupos de selectividad y grupos de tasas de declaración de marcas, así como diferentes opciones de ponderación (ensayo 11). Estos produjeron los mismos resultados que los del ensayo 3. El Grupo de trabajo recomendó que los científicos continúen investigando opciones alternativas de modelación en preparación para la próxima evaluación.

Las tendencias de la serie temporal en F/F_{RMS} y en B/B_{RMS} estimadas por cada uno de los ensayos de MULTIFAN-CL se muestran en la **Figura 26**. Estas ratios se calcularon con respecto a la selectividad global para las pesquerías a partir de los 2 últimos años. Podrían producirse diferentes percepciones si se utilizaran los puntos de referencia para las selectividades realizadas a lo largo del tiempo. El Grupo de trabajo utilizó los resultados de MULTIFAN-CL (ensayo 3) para calcular cómo podría haber cambiado el RMS en el tiempo si la selectividad hubiera permanecido constante en los valores estimados cada año. Las estimaciones de RMS resultantes se muestran en la **Figura 27**, junto con los patrones de selectividad media por década. El RMS era el máximo en los 60, cuando las pesquerías de palangre y de cebo vivo septentrionales se dirigían en su mayoría al patudo grande. Luego, a medida que nuevas pesquerías de cebo vivo y de cerco capturaban cada vez más una mayor proporción de patudo pequeño, el RMS descendió hasta aproximadamente 1990. El potencial parece haber permanecido constante o haber aumentado un poco desde 1990.

6.3 VPA

6.3.1 Resultados del modelo del caso base del VPA

El modelo VPA puede ser sensible a los supuestos respecto a las F -ratios y a las F_s -terminales. Por lo tanto, el Grupo de trabajo recomendó que antes de la reunión del Grupo de especies del SCRS de 2007 se lleven a cabo más evaluaciones de las especificaciones e implicaciones de estos parámetros.

Los resultados del ensayo del caso base del VPA indican una abundancia descendente desde mediados de los 80 (**Figura 28**). Recientemente, la abundancia ha aumentado ligeramente, aunque esto podría ser un efecto secundario del procedimiento de estimación del VPA.

La mortalidad por pesca en todas las edades ha aumentado sustancialmente desde 1990 (**Figura 29**). La mortalidad por pesca es especialmente elevada en las edades 0 y 1, que son seleccionadas por el arte de cerco, y en la edad 5, que es totalmente seleccionada por el palangre. La mortalidad por pesca apical (el máximo de F -por edad en un año determinado) ha aumentado enormemente durante la serie temporal (**Figura 30**). La trayectoria de la F/F_{RMS} apical indica que la sobrepesca empezó a ocurrir después de 1993, y que la mortalidad por pesca ha superado el umbral de la sobrepesca ($F/F_{RMS} = 1$) varias veces desde entonces. En 2005, $F/F_{RMS} = 0,99$, lo que indica que la mortalidad por pesca está en el umbral de la sobrepesca o cerca.

La biomasa del stock reproductor fue generalmente estable durante 1975-1989, luego se inició un agudo descenso en 1990-2000. Desde 2000, el stock ha estado estable en un nivel cercano a SSB/SSB_{RMS} (**Figura 31**). En 2005, $SSB/SSB_{RMS} = 0,92$.

La relación reproductor-recluta se muestra en la **Figura 32**. Se ajustó una función Beverton y Holt a los datos. Los parámetros de esta ecuación eran $\alpha = 7,109E+07$, $\beta = 2,122E+05$. La biomasa del stock reproductor sin pescar (S_0) era $1,38E+06$. La inclinación (h) del ensayo base era 0,65. Los reclutamientos estimados se muestran en la **Figura 32b**.

La trayectoria del estado del stock del ensayo base (**Figura 33**) indica que el stock no estaba sobrepescado ($SSB/SSB_{RMS} > 1$), y que no se estaba produciendo sobrepesca ($F/F_{RMS} < 1$) antes de 1994. Después de este año se produjo sobrepesca durante varios años. Sin embargo, SSB/SSB_{RMS} permanece cerca de SSB_{RMS} .

Se hizo un bootstrap del ensayo base del VPA-2BOX ($n=250$) para describir la incertidumbre de las estimaciones de parámetros. Las estimaciones de la situación del stock resultantes de los 250 ensayos de bootstrap se ilustran en la **Figura 34**. De los 251 ensayos en total (incluyendo el ensayo determinista), el 72% indicaba sobrepesca en 2005, el 75% indicaba una biomasa del stock inferior a SSB_{RMS} en 2005, y el 58% indicaba que se está produciendo sobrepesca y que la biomasa del stock se encuentra por debajo de SSB_{RMS} en 2005.

El Grupo de trabajo discutió la posibilidad de que la ratio asumida de F en la última edad verdadera en el análisis comparada con el grupo plus podría estar influyendo en los resultados globales de la evaluación, especialmente las estimaciones absolutas del tamaño del stock reproductor y los niveles de reclutamiento, lo que influiría en la correspondiente relación stock-reclutamiento. El Grupo de trabajo recomendó realizar una evaluación más profunda de las especificaciones e implicaciones de la F -ratio del VPA (ratio asumida de mortalidad por pesca en el grupo plus respecto a la siguiente edad verdadera).

6.3.2 Análisis de sensibilidad VPA

Se llevaron a cabo tres ensayos de sensibilidad VPA. La estructura y entradas de estos ensayos se resumen en la **Tabla 29**. Excepto cuando se ha indicado, todos los ensayos de sensibilidad usaban idénticos datos de entrada y especificaciones de la estimación de los parámetros. Uno de los ensayos de sensibilidad tenía como propósito replicar la estructura del modelo de los ensayos de MULTIFAN-CL. Este ensayo (VPA-MFCL) utilizaba la misma matriz de captura por edad que el ensayo base de VPA (**Tabla 16**) pero la captura se dividía entre 15 flotas con sus correspondientes capturas parciales (**Tabla 30**) e índices de abundancia (**Tabla 7**). Los índices estaban ponderados de forma igual con un CV anual = 0,2 para todos los ensayos de sensibilidad.

Durante la preparación del ensayo de VPA que debía replicar la estructura de MULTIFAN-CL, se asumió que los índices se facilitaban en números. Posteriormente, fue evidente que reflejan los cambios en la biomasa de forma más precisa. Por lo tanto, el Grupo de trabajo recomendó que el MFCL-VPA fuera revisado con índices actualizados y presentado de nuevo al Grupo de trabajo para su revisión durante la reunión del Grupo de especies de septiembre de 2007.

Los ensayos de sensibilidad y del caso base VPA comparten tendencias similares en SSB/SSB_{RMS} , F/F_{RMS} , y reclutamiento (**Figura 35**). Los ensayos “base” y “base sin el índice de palangre de Taipei Chino (*Base-w/o Chinese Taipei LL Index*)” son muy similares. Sin embargo los ensayos “MFCL” y “Todos los índices” son significativamente más pesimistas, y ambos indican que el patudo está sufriendo sobrepesca y se encuentra por debajo de los niveles de SSB_{RMS} en 2005. Para facilitar la comparación de los ensayos del modelo VPA, los resultados se resumen en un diagrama por fases (**Figura 36**). La **Tabla 31** resume importantes puntos de referencia y valores objetivo.

La gran diferencia en las estimaciones de la situación realizadas por los ensayos “base” y “base sin el índice de palangre de Taipei Chino (*Base-w/o Chinese Taipei LL Index*)” en comparación con los ensayos “MFCL” y “Todos los índices” es seguramente el resultado de diferencias en la inclinación estimada. Los ensayos “base” e “base sin el índice de palangre de Taipei Chino (*Base-w/o Chinese Taipei LL Index*)” han estimado la inclinación en aproximadamente 0,6, mientras que los demás ensayos tienen una inclinación estimada de aproximadamente 0,4. Esto tiene importantes implicaciones para la situación del stock.

6.4 Resumen de los resultados globales y situación de la evaluación de stock

La evaluación de stock de 2007 se llevó a cabo mediante varios tipos de modelos. En general, mejoró la disponibilidad de datos pero sigue faltando información sobre datos detallados de pesca y talla para ciertas flotas, además de las pasadas actividades de pesca y captura de flotas IUU (por ejemplo, talla, localización y captura total), que han provocado la necesidad de asumir la captura por talla para una parte importante de la captura global. Se reconstruyó la composición por especies de las pesquerías de Ghana a partir de 1997 basándose en un muestreo mejorado y en la captura por tallas estimada en años recientes como parte de los proyectos de mejora de datos de ICCAT.

Este año, se pusieron a disposición del Comité para su uso en la evaluación dos índices nuevos de abundancia relativa e índices actualizados de los usados previamente. En total, se facilitaron seis índices (**Figura 8**), de los cuales cuatro eran de las pesquerías de palangre de Japón, Taipei Chino, Estados Unidos y Brasil. Los otros dos eran de una pesquería de cerco operada por la CE y de una pesquería de cebo vivo ubicada en las Azores. Aunque los índices japoneses son los de mayor duración y representan aproximadamente el 20-40% de la captura total, los otros índices son más cortos y en general representan una fracción más pequeña de la captura que el de Japón, a excepción del índice de palangre de Taipei Chino cuya captura es ahora tan grande como la captura de Japón. Estos índices de palangre se relacionan primordialmente con peces de tamaño mediano y grande. El índice de cerco se desarrolló a partir de la operación con DCP, por lo que este índice representa la tendencia del stock en el reclutamiento. El índice de cebo vivo de las Azores representa a los componentes de gran tamaño.

A los datos disponibles se aplicaron varios tipos de modelos de evaluación incluyendo modelos de producción, VPA y un modelo estadístico integrado (MULTIFAN-CL). Había diversas evaluaciones de la situación del stock a partir de las formulaciones de modelo aplicadas, y no todas ellas fueron juzgadas igualmente verosímiles.

En coherencia con las evaluaciones previas, los resultados de los modelos de producción de no equilibrio se utilizan para proporcionar nuestra mejor representación de la situación del recurso. El RMS actual estimado utilizando dos tipos de modelos de producción era de unas 90.000 t y 93.000 t, aunque la incertidumbre en las estimaciones amplía el rango. Además, estas estimaciones reflejan la mezcla relativa actual de pesquerías que capturan patudo pequeño o grande. El RMS puede cambiar considerablemente con cambios en el esfuerzo pesquero relativo ejercido por las pesquerías de palangre o de superficie (**Figura 27**).

La trayectoria estimada del stock se muestra en la **Figura 16**. La biomasa a principios de 2006 se estimó en cerca del 92% de la biomasa en RMS y la tasa de mortalidad por pesca de 2005 se estimó en aproximadamente un 13% por debajo de la tasa de mortalidad por pesca en RMS. Se estimó que el rendimiento de sustitución para el año 2006 está ligeramente por debajo del RMS. La incertidumbre en nuestras estimaciones de la situación actual del stock está representada por el rango que aparece en el panel inferior derecho de la **Figura 16**. Aunque el Grupo de trabajo cree que esta es la mejor representación de la situación actual del patudo en el Atlántico, hay otras formulaciones de modelo que admitirían evaluaciones de la situación del stock tanto más optimistas como más pesimistas (**Tabla 32** y **Figura 37**).

7. Proyecciones

7.1 ASPIC

Las proyecciones de población mediante bootstrap se realizaron utilizando el modelo ASPIC (véase la sección 6.1.3) con el ajuste logístico del índice combinado del caso base. La captura en 2006 se estableció en la captura declarada en 2005 (71.020 t) y a partir de entonces (2007-2016) se llevaron a cabo políticas de captura constante con cifras de 60.000, 70.000, 80.000, 85.000, 90.000, 100.000, 110.000, y 120.000 t (**Tabla 33**). La **Figura 38** muestra las trayectorias de la mediana de la biomasa así como los límites de confianza del 80% para cada política de captura constante. Estas demostraron progresivamente mayor incertidumbre en la trayectoria proyectada de la población dado que se proyectaban más hacia delante. Las estimaciones puntuales demuestran que el stock debería recuperarse si la captura constante futura es inferior a 85.000 t (un poco inferior al RMS estimado por el ensayo del caso base de ASPIC). Como análisis de sensibilidad, se examinaron las trayectorias de la mediana de la biomasa con diferentes supuestos de nivel de captura en 2006 (nivel de RMS (90.820 t) y cuota potencial (120.000 t)), con un supuesto similar de nivel de captura constante posterior (2007-2016) (60.000, 80.000, 100.000 y 120.000 t), y los resultados se muestran en la **Figura 39**. La trayectoria de cada

proyección futura es casi idéntica al caso (captura 2006 = captura 2005), pero la B-ratio futura se vuelve más baja si la captura en 2006 es mayor.

7.2 Proyecciones del modelo de producción excedente bayesiano

La **Figura 40** muestra las proyecciones del modelo base 1 para ocho niveles de captura fijos que oscilan entre 60.000 t y 120.000 t y en el nivel del RMS estimado, 93.275 t. La proyección de la izquierda asume una captura en 2006 igual al valor de 2005 (71.000 t) y la proyección de la derecha asume una captura en 2006 de 120.000 t. B/B_{RMS} se proyectó hasta 2015 utilizando el ensayo del caso base 1 (índices combinados ponderados por desembarques). Los valores mostrados representan los valores de la mediana a partir de una submuestra (5.000) de los muestreos por importancia (>20.000). Las proyecciones no incluyen error de proceso. En general, las capturas ≤ 90.000 t permiten que la población aumente mientras que las capturas > 100.000 t provocan el descenso de la población.

7.3 VPA

Métodos de proyección del VPA. Para los ensayos del modelo VPA “base” y “MFCL”, se hicieron proyecciones hasta 2015 utilizando el programa informático de proyección PRO-2BOX⁶. Para estimar la varianza, se hicieron 100 bootstraps. Este método tiene en cuenta la variabilidad inherente en las estimaciones de parámetros. Los parámetros de reclutamiento del stock se estimaron durante la proyección como desviaciones de una función de reclutamiento del stock Beverton y Holt ($\alpha = 2,2E5$, $\beta = 1,6E4$; error estándar = 0,4). A partir de los ensayos del VPA se hicieron catorce proyecciones:

1) Proyección del rendimiento de 2006 al nivel de 2005 (68.300 t):

a) Proyección 60.000 t	2007-2015
b) Proyección 70.000 t	2007-2015
c) Proyección 80.000 t	2007-2015
d) Proyección 90.000 t	2007-2015
e) Proyección 100.000 t	2007-2015
f) Proyección 110.000 t	2007-2015
g) Proyección 120.000 t	2007-2015

2) Proyección del rendimiento de 2006 a 120.000 t

a) Proyección 60.000 t	2007-2015
b) Proyección 70.000 t	2007-2015
c) Proyección 80.000 t	2007-2015
d) Proyección 90.000 t	2007-2015
e) Proyección 100.000 t	2007-2015
f) Proyección 110.000 t	2007-2015
g) Proyección 120.000 t	2007-2015

7.4 Resultados de las proyecciones del VPA

Las proyecciones del ensayo “base” indican que el RMS = 78.900 t, y que la población es sostenible a niveles de captura inferiores a aproximadamente 80.000 t (**Figura 41** y **Figura 42**). Las capturas ≤ 90.000 t hacen que la población descienda.

Las proyecciones del ensayo “MFCL” sugieren que el RMS podría ser sustancialmente inferior al estimado para el ensayo base, RMS = 66.000 t, y que la población no es sostenible a ninguno de los niveles de captura proyectados (**Figura 43** y **Figura 44**). En su lugar la población desciende, incluso a niveles de captura de 60.000 t. Este ensayo sugiere que las capturas deberían reducirse de forma sustancial para permitir que el stock de patudo se recupere hasta SSB_{RMS} , y evitar una mayor sobrepesca.

7.5 Resumen de las perspectivas

Se llevaron a cabo proyecciones del stock, asumiendo una captura de 71.000 t en 2006 y distintos niveles de captura constante a partir de entonces. Cabe señalar que la [Rec.04-01] permite potencialmente bastante más captura que el nivel de captura asumido en 2006 o el RMS estimado. Los resultados de la proyección sugieren

⁶ Versión 2.01, Porch, Catálogo de programas informáticos de ICCAT.

que la biomasa del stock probablemente descendería más con capturas constantes de 90.000 t o más. Con capturas de menos de 85.000 t (**Figura 38**) se espera algún aumento en la biomasa que conduciría a la recuperación hasta B_{RMS} .

8. Recomendaciones

Debe fomentarse la coordinación entre las OROP de túnidos con el objetivo de, entre otros, examinar la posibilidad del “blanqueo de pescado” en relación con el patudo y otras especies, ya que las evaluaciones de stock y las recomendaciones en cuanto a ordenación para el patudo del Atlántico dependen de los datos de captura estimados y declarados. El Grupo de trabajo se mostró preocupado porque las capturas no declaradas del Atlántico podrían haber sido mal estimadas y podrían continuar, pero los mecanismos disponibles de recopilación de datos estadísticos son insuficientes para investigar plenamente esta posibilidad. Un ejemplo informativo de los potenciales impactos políticos/sociales/pesqueros de fallar en el seguimiento de la mortalidad total inducida por el hombre y del esfuerzo pesquero que produce esta mortalidad es la reciente actividad resultante del descubrimiento de capturas de SBF que no habían sido tenidas en cuenta anteriormente.

8.1 Investigación y estadísticas

Deben hacerse esfuerzos para revisar la relación talla-peso utilizada para estimar los pesos por talla del patudo. En este esfuerzo, será necesario usar medidas comunes (peso vivo) y por tanto, será necesario revisar y reevaluar las conversiones de peso procesado a peso vivo. Un estudio que utilice los peces muestreados de las pesquerías de superficie y de palangre sería más beneficioso para facilitar una relación revisada en todo el rango de peces capturados en las pesquerías. Se recomienda que los científicos que hayan recopilado o tengan acceso a dichos datos colaboren en esta investigación. Para futuras actividades de recopilación de datos, se recomienda registrar los pesos en vivo y los pesos procesados, así como las longitudes a la horquilla y predorsal.

Está claro que los datos de marcado disponibles proporcionan alguna información adicional útil para estimar la situación del stock de patudo. No obstante, no está claro si los supuestos realizados acerca de las tasas de comunicación de las marcas son precisos. Por esta razón, sería aconsejable diseñar e implementar experimentos para estimar las tasas de comunicación de las marcas en las pesquerías que capturan patudo.

Está justificada una investigación de las implicaciones de las distribuciones previas alternativas utilizadas para la tasa intrínseca de incremento (r) para el modelo de producción excedente bayesiano.

Debería realizarse una evaluación más exhaustiva de las especificaciones e implicaciones de la F-ratio del VPA (ratio asumida de mortalidad por pesca en el grupo plus respecto a la edad verdadera más cercana).

El Grupo de trabajo inició un enfoque para estimar la captura no declarada (ver la Recomendación general anterior) dentro de la estructura de MULTIFAN-CL. En la reunión no se finalizó esta tarea, y el Grupo de trabajo recomendó que los científicos continúen trabajando intersesiones para obtener resultados para la opción de modelo seleccionada.

El Grupo de trabajo recomendó continuar con la mejora de las estimaciones de captura por especies para Ghana mediante el programa de muestreo apoyado por ICCAT.

Considerando que los científicos nacionales tienen un mejor conocimiento de sus pesquerías y que, por lo tanto, pueden definir procedimientos para obtener la captura por talla de forma más precisa que los definidos por la Secretaría, el Grupo de trabajo recomendó que sean los científicos nacionales los que proporcionen la captura por talla. Junto con la captura por talla, los científicos deben proporcionar datos brutos de talla e información detallada sobre el procedimiento utilizado para estimar los datos de captura por talla.

8.2 Ordenación

Esta evaluación indicaba que el stock descendió rápidamente durante los 90 debido a las grandes capturas realizadas entonces y que en años recientes el stock se había estabilizado en cerca o por debajo del nivel que produce el RMS en respuesta a una gran reducción de las capturas declaradas. La mortalidad por pesca estimada superó F_{RMS} durante varios años desde mediados de los 90 y ha descendido rápidamente desde 1999 (**Figura 8**). Las proyecciones indican que capturas de 85.000 t o menos permitirían al stock recuperarse en el futuro. La Comisión debe ser consciente de que si los principales países capturan todo el límite de captura establecido en la

Recomendación [Rec. 04-01] y otros países mantienen los recientes niveles de captura, entonces la captura total podría superar las 100.000 t. El Grupo de trabajo recomienda que la captura total no exceda las 85.000 t.

La evaluación y las posteriores recomendaciones de ordenación dependen del historial de captura declarado y estimado para el patudo en el Atlántico. El Grupo de trabajo reitera su inquietud respecto a que las capturas no declaradas del Atlántico han sido mal estimadas y pueden continuar, pero los mecanismos disponibles de recopilación de datos estadísticos son insuficientes para investigar plenamente esta posibilidad.

9. Otros asuntos

9.1 Veda espacio-temporal

En 2004, la Comisión aprobó la *Recomendación de ICCAT sobre un programa plurianual de ordenación y conservación para el patudo* [Rec. 04-01] que sustituía a la [Rec. 99-01]. Esta nueva recomendación incluía una veda espacial: Límite meridional: paralelo 0° latitud Sur, - Límite septentrional: paralelo 5° latitud Norte, - Límite occidental: meridiano 20° longitud Oeste, - Límite oriental: meridiano 10° longitud Oeste, a las flotas de cerco y cebo vivo durante el mes de noviembre. La Recomendación incluye también la solicitud al SCRS de que examine en 2005 el impacto de esta medida sobre los stocks.

Considerando que la medida entró en vigor en 2005, los datos disponibles no permitieron al SCRS proporcionar ningún asesoramiento a la Comisión en 2005. Algunos datos de 2005 relacionados con la veda están ahora disponibles para el Grupo de trabajo y en la reunión se llevó a cabo una evaluación de estos datos.

El presente análisis se ha realizado utilizando los datos totales de captura por talla (todos los artes incluidos) desde 1975 hasta 2005.

La **Figura 45** muestra el porcentaje, en número, de patudo pequeño (peces inferiores a 3,2 kg) presente en la captura, tanto anualmente como por trimestres, 1 y 4, que se vieron afectados por la Recomendación [Rec. 99-01]. A partir de esta figura, parece que la primera veda espacio-temporal detuvo la tendencia creciente en la proporción de patudos pequeños en la captura, que se inició a principios de los 90 coincidiendo con el aumento de la pesca sobre DCP. Sin embargo, la nueva veda espacio-temporal, que es mucho corta y más pequeña de tamaño que la primera veda, parece haber revertido el resultado de la primera veda provocando un mayor porcentaje de patudo pequeño en la captura, aunque sólo se dispone de un año de datos.

La **Figura 46** muestra el porcentaje medio, en número, de patudo pequeño en la captura para cuatro periodos: 1) antes del aumento de la pesca con DCP (1980-90), 2) antes de la primera veda espacio-temporal y durante el aumento de la pesca con DCP (1991-1996), 3) durante la primera veda espacio-temporal (1997-2004), y 4) durante la nueva veda espacio-temporal (2005). Comparando el porcentaje de patudo pequeño en 2005 con la media de la veda espacio-temporal previa, el resultado es un aumento de cerca del 15%.

Sin embargo, contemplando el número de patudos pequeños (**Figura 47**) se observa un descenso en 2005 debido a la reducción de captura de las flotas que tienen un componente importante de peces pequeños en sus capturas de patudo (PS y BB de Ghana). Las diferencias en las tendencias del número y porcentaje de patudo pequeño pueden explicarse por el hecho de que el número de peces pequeños en la captura se ve sólo afectado por las tendencias de captura del cerco y del cebo vivo ghanés, mientras que la tendencia en el porcentaje de peces pequeños es una consecuencia de la combinación entre la captura de los artes que pescan peces pequeños y grandes (**Figura 48**). Sin embargo, si consideramos las diferencias por trimestre, se puede observar que aunque la reducción global en 2005 en el número de patudos pequeños, en relación con el periodo medio de la primera veda espacio-temporal, es cercana al 15%, el descenso durante el último trimestre (afectado por las medidas nuevas y antiguas) ha sido sólo del 2%.

10. Adopción del informe y clausura

El informe fue adoptado y la reunión fue clausurada.

Referencias

- HALLIER, J.P., B. Stequert, O. Maury, and F.X. Bard. 2005. Growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Atlantic Ocean from tagging-recapture data and otolith readings. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap. 57(1): 181-194.
- PARKS, W., F.X. Bard, P. Cayré, S. Kume, Al. Santos Guerra. 1982. Length-weight relations for bigeye tuna captured in the eastern Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. 17(1): 214-225.
- MCALLISTER, M.K. and E.A. Babcock. 2003. Bayesian surplus production model with the Sampling Importance Resampling algorithm (BSP): a user's guide. Available from www.iccat.int.
- OKAMOTO, H., N. Miyabe and K. Satoh. 2005. Abundance indices of Atlantic bigeye caught by the Japanese longline fishery and related information updated as of 2002. Collect. Vol. Sci. Pap. 58(1): 119-136.

TABLEAUX

Tableau 1. Paramètres biologiques et coefficients de conversion pour le thon obèse. Source: Manuel ICCAT.

Tableau 2. Prises estimées (t) de thon obèse par engin et pavillon principaux.

Tableau 3. Prises de thon obèse révisées du Taïpei chinois.

Tableau 4. Prise par taille de thon obèse (total par année en 2 cm, intervalles de limites inférieures).

Tableau 5a. Indices de CPUE relative en nombre.

Tableau 5b. Indices de CPUE individuelle en poids.

Tableau 6. Indice combiné utilisé pour les passages du modèle de production.

Tableau 7. Schémas annuels de taux de capture pour les 15 pêcheries utilisées dans l'analyse MFCL sur la base d'ajustements GLM avec des variables nominales année et trimestre. Ces schémas ont été normalisés par rapport à la valeur moyenne de la série pour la période 1975-2005.

Tableau 8. Définitions des pêcheries pour l'évaluation MULTIFAN-CL du thon obèse. (NOTE: Région 1= N de 25 N, Région 2 = 15 S de 25 N, Région 3 = S de 15 S).

Tableau 9. Explication des divers passages MULTIFAN-CL explorés par le Groupe.

Tableau 10. Options des pêcheries.

Tableau 11. Résumé des spécifications du passage du modèle de production correspondant au cas de base et au passage de sensibilité.

Tableau 12. Fichiers d'entrée du passage du modèle de production excédentaire de type bayésien. Voir Manuel de l'utilisateur de BSP 1.0 (McAllister et Babcock, 2004) pour une description complète des noms des variables. Les variables d'entrée non répertoriées n'ont pas été appliquées à ces passages et elles ont été établies comme égales à zéro.

Tableau 13. Fichiers d'entrée du passage du modèle de production excédentaire de type bayésien (techinputs.txt)

Tableau 14. Calculs des échantillons visant à obtenir des facteurs de pondération pour leur entrée en tant que CV dans le modèle de production de type bayésien.

Tableau 15. Tableau des pondérations de la CPUE d'entrée séparément.

Tableau 16. Matrice de prise par âge pour les analyses de VPA.

Tableau 17. Prises partielles spécifiques des flottilles utilisées pour estimer la vulnérabilité. Les années manquantes indiquent des prises zéro.

Tableau 18. Matrices de poids par âge spécifiques des flottilles utilisées pour les indices basés sur la biomasse.

Tableau 19. Spécification des paramètres pour le cas de base VPA-2BOX.

Tableau 20. Résultats PRODFIT selon différents postulats sur l'indice d'abondance, la forme du modèle et le nombre de groupes d'âge de la pêcherie.

Tableau 21. Points de référence de gestion estimés par le modèle de production excédentaire de type bayésien pour les passages du cas de base et les passages de sensibilité. Il est à noter que dans les passages séparés de l'indice aucun sigma n'a été estimé pour les indices.

Tableau 22. Paramètres d'entrée et indices de CPUE de chaque passage ASPIC (estimation ponctuelle). Chaque paramètre, sauf pour la CPUE, correspond à celui de la première jusqu'à la 24^{ème} ligne des fichiers d'entrée ASPIC.

Tableau 23. Volume de capture (t) de chaque pêcherie utilisé pour les analyses ASPIC.

Tableau 24. Résumé du résultat de l'analyse par le passage du cas de base ASPIC.

Tableau 25 Résultats de l'ajustement du modèle logistique du cas de base ASPIC.

Tableau 26 Résultats des analyses potentielles du cas de base ASPIC.

Tableau 27 Résultats des analyses de sensibilité ASPIC.

Tableau 28. Résumé des valeurs de sortie obtenues avec MULTIFAN-CL pour divers modèles.

Tableau 29. Résumé de la structure et de la définition des paramètres pour les passages de sensibilité de la VPA. Sauf indiqué, toutes les autres valeurs d'entrée des données et des paramètres définis demeurent inchangées.

Tableau 30. Captures partielles, par pêcherie, utilisées pour estimer la vulnérabilité pour le passage de sensibilité VPA-MFCL. Les années manquantes indiquent des prises zéro.

Tableau 31. Points de référence de gestion et points de référence pour les passages du modèle de la VPA. PME = Production maximale équilibrée; F_{PME} = Mortalité par pêche à PME; SSB_{PME} = Biomasse du stock reproducteur à PME; S/R_{PME} = Géniteurs par recrue à PME; Alpha et Beta et paramètres de la fonction de recrutement du stock; F_{2005} est la mortalité par pêche en 2005; SSB_{2005} est la biomasse du stock reproducteur en 2005; R_{SSBPME} est le recrutement du stock reproducteur correspondant à PME; SSB_0 est le stock reproducteur dans des conditions de non exploitation (vierges); L'inclinaison est la fraction du recrutement vierge obtenu en moyenne à 20% de la taille du stock reproducteur vierge (par ex. inclinaison = 0,65 implique que 20% de la taille du stock vierge produira 65% du recrutement vierge).

Tableau 32. Résumé des évaluations de l'état du stock et mesures métriques associées d'après diverses applications du modèle aux données du thon obèse. Les résultats considérés comme des points dispersés sont indiqués avec un astérisque.

Tableau 33. Volume de capture utilisé pour une future projection basée sur les analyses ASPIC.

TABLAS

Tabla 1. Parámetros biológicos y factores de conversión para el patudo. Fuente: Manual ICCAT.

Tabla 2. Capturas estimadas (t) de patudo, por arte y pabellón principales.

Tabla 3. Capturas revisadas de patudo de Taipei Chino.

Tabla 4. Captura por talla de patudo (total por año en 2 cm, intervalos de límite inferior).

Tabla 5a. Índices de CPUE relativos en número.

Tabla 5b. Índices de CPUE individual en peso.

Tabla 6. Índice combinado usado para los ensayos del modelo de producción.

Tabla 7. Patrones de tasa de captura anual para las 15 pesquerías utilizadas en el análisis MFCL basado en ajustes de GLM con variables categóricas de año y trimestre. Estos patrones se han normalizado con respecto al valor medio de la serie para el periodo 1975-2005.

Tabla 8. Definiciones de pesquería para la evaluación MULTIFAN-CL de BET. (NOTA: Región 1= N de 25N, Región 2 = 15S a 25N, Región 3 = S de 15S).

Tabla 9. Explicación de los diversos ensayos de MULTIFAN-CL explorados por el Grupo de trabajo.

Tabla 10. Opciones de la pesquería.

Tabla 11. Resumen de las especificaciones del ensayo del modelo de producción correspondiente al caso base y al ensayo de sensibilidad.

Tabla 12. Archivos de entrada del ensayo del modelo de producción excedente bayesiano. Véase el Manual del usuario de BSP 1.0 (McAllister y Babcock, 2004) para una descripción completa de los nombres de variables. La variables de entrada no enumeradas no se pudo aplicar a estos ensayos y se estableció en igual a cero.

Tabla 13. Archivos de entrada del ensayo del modelo de producción excedente bayesiano (techinputs.txt).

Tabla 14. Cálculos de muestra para obtener factores de ponderación para introducirlos como CV al modelo de producción bayesiano.

Tabla 15. Tabla de ponderaciones de entrada de CPUE por separado.

Tabla 16. Matriz de captura por edad utilizada para los análisis VPA.

Tabla 17. Capturas parciales específicas de la flota utilizadas para estimar la vulnerabilidad. Los años faltantes indican captura cero.

Tabla 18. Matrices de peso por edad específicas de la flota utilizadas para los índices basados en la biomasa.

Tabla 19. Especificación de parámetros para el caso base de VPA-2BOX.

Tabla 20. Resultados de Prodfit de acuerdo con los diferentes supuestos sobre el índice de abundancia, la forma del modelo y el número de grupos de edad en la pesquería.

Tabla 21. Valores objetivo de ordenación estimados por el modelo de producción excedente Bayesiano para los casos base y los ensayos de sensibilidad. Cabe señalar que en los ensayos del índice separado no se estimó ninguna sigma para los índices.

Tabla 22. Parámetros de entrada e índices de CPUE de cada ensayo de ASPIC (estimación puntual). Cada parámetro, excepto la CPUE, se corresponde con los de la primera hasta la 24ª línea de archivos de entrada de ASPIC.

Tabla 23. Volumen de captura (t) de cada pesquería utilizado para los análisis de ASPIC.

Tabla 24. Resumen del resultado de los análisis por ensayo del caso base de ASPIC.

Tabla 25. Resultados del ajuste del modelo logístico del caso base de ASPIC.

Tabla 26. Resultados de los análisis del caso base potencial de ASPIC.

Tabla 27. Resultados del análisis de sensibilidad de ASPIC.

Tabla 28. Resumen de los resultados obtenidos con MULTIFAN-CL para diversos modelos.

Tabla 29. Resumen de la estructura y de las especificaciones de los parámetros para los ensayos de sensibilidad de VPA. A menos que se indique, todas las demás entradas de datos y especificaciones de los parámetros no han cambiado.

Tabla 30. Capturas parciales, por pesquería, utilizadas para estimar la vulnerabilidad para el ensayo de sensibilidad de VPA-MFCL. Los años faltantes indican captura cero

Tabla 31. Valores objetivo de ordenación y puntos de referencia para los ensayos del modelo VPA. RMS = rendimiento máximo sostenible; F_{RMS} = mortalidad por pesca en RMS; SSB_{RMS} = biomasa del stock reproductor en RMS; S/R_{RMS} = reproductores por recluta en RMS; Alpha y Beta y parámetros de la función de stock-reclutamiento; F_{2005} es la mortalidad por pesca en 2005; SSB_{2005} es la biomasa del stock reproductor en 2005; R_{SSBRMS} es el reclutamiento en el stock reproductor correspondiente a RMS; SSB_0 es el stock reproductor sin pesca (virgen); la inclinación es la fracción de reclutamiento virgen obtenida de media en el 20% del tamaño del stock reproductor virgen (por ejemplo inclinación = 0,65 implica que el 20% del tamaño del stock virgen producirá el 65% del reclutamiento virgen).

Tabla 32. Resumen de las evaluaciones del estado del stock y métrica asociada a partir de varias aplicaciones del modelo a los datos del patudo. Los resultados considerados valores atípicos se indican con un asterisco.

Tabla 33. Volumen de captura utilizado para la proyección futura basada en análisis ASPIC.

FIGURES

Figure 1. Comparaison entre les différents rapports taille-poids du thon obèse dans l'Océan Atlantique.

Figure 2. Coefficient de conversion entre le poids manipulé issu du SCRS/2007/068 et le poids vif issu du poids par taille de l'ICCAT.

Figure 3. Evolution de la proportion de thon obèse dans les données de la Tâche I et de la prise par taille des canneurs (figure du haut) et des senneurs (figure du bas) ghanéens, depuis 1991.

Figure 4. Composition spécifique de la prise du Ghana au titre de 2006, estimée d'après le nouveau système de traitement utilisé récemment dans cette pêcherie.

Figure 5. Prises estimées telles qu'enregistrées comme NEI dans la base de données de l'ICCAT.

Figure 6. Moyenne des 10^{ème}, 50^{ème} et 90^{ème} centiles des distributions de fréquences de tailles relatives utilisées dans l'analyse Multifan-CL (en haut) et taille moyenne de l'échantillon à l'échelle logarithmique (en bas).

Figure 7. CPUE standardisée des juvéniles de thon obèse des flottilles de senneurs européens et associées pêchant sous DCP.

Figure 8. Indices d'abondance relative pour diverses flottilles de palangriers en nombre (a) et biomasse (b).

Figure 9. Indices d'abondance relative combinés en biomasse utilisés dans les modèles de production.

Figure 10. Données utilisées dans MULTIFAN-CL par pêcherie pour les séries de prise (a), d'effort (b) et de CPUE (c).

Figure 11. Ajustements des modèles PRODFIT obtenus d'après l'indice combiné non pondéré dans le cas du modèle de Fox ($m=1$) et $k=5$.

Figure 12. Distributions à priori et à posteriori pour r et K pour chaque passage du modèle.

Figure 13. Ajustements du modèle BSP aux indices standardisés individuels.

Figure 14. Diagramme de la biomasse et du ratio F aux fins de comparaisons des deux modèles de base (pondérés par débarquement et avec une pondération égale des indices séparés) et des deux modèles de sensibilité.

Figure 15 Diagramme de la trajectoire de l'état du stock pour le cas de base 1, tous les indices sont pondérés par débarquements et, pour le cas de base 2, les indices distincts sont pondérés de façon égale. La dernière année est présentée en jaune.

Figure 16. Résultats du passage du cas de base ASPIC (Ver. 5.16) (en haut à gauche: ratio de B avec 80% C.L. par bootstrap, en haut à droite: ratio de B et ratio de F , au milieu à gauche: ratio de F avec 80% C.L., au milieu à droite: trajectoire de la CPUE, en bas à gauche: tendance historique du rapport entre le ratio de B et le ratio de F , en bas à droite: distribution du rapport entre le ratio de B et le ratio de F en 2005).

Figure 17 Comparaison du ratio de B et du ratio de F par analyses du passage ASPIC (Ver. 5.16) (en haut: cas de base incluant les cas de base potentiels, en bas: analyses de sensibilité).

Figure 18. Production en conditions d'équilibre obtenue par le modèle du cas de base ASPIC et les prises annuelles.

Figure 19. Comparaison de la biomasse totale et de la biomasse adulte obtenue en apportant des changements aux tailles des régions et aux distributions du recrutement postulées.

Figure 20. Comparaison des estimations de la biomasse totale, de la biomasse adulte et du recrutement, obtenues avec des postulats similaires et des jeux de données différents (développée dans l'évaluation de 2004 et dans la présente évaluation).

Figure 21. Résultats de Multifan-CL. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} et de SSB/SSB_{PME} obtenues avec 3 régions (Passage 3) et une seule région sans donnée de marquage (Passage 6) (a). Rapports stock-recrutement obtenus avec 3 régions (Passage 3) et une seule région sans donnée de marquage (Passage 6) (b).

Figure 22. Estimations de la biomasse totale et du recrutement, obtenues avec des passages dans lesquels M était estimé (R3 et R6) ou établi (R4, R5 et R12).

Figure 23. Mortalité naturelle d'entrée ou estimée pour plusieurs passages.

Figure 24. Estimations de la biomasse totale, du recrutement, de F/F_{PME} et de SSB/SSB_{PME} obtenues lors de l'estimation de la taille du stock en 1961 en utilisant la mortalité totale (R3) ou la mortalité naturelle uniquement (R8).

Figure 25. Estimations de la biomasse totale et du recrutement, obtenues avec différentes versions logicielles et différents postulats basés sur les tendances de la capturabilité.

Figure 26. Estimations des séries temporelles de B/B_{PME} et de F/F_{PME} pour les divers ajustements du modèle MULTIFAN-CL.

Figure 27. La PME peut changer considérablement avec les changements de l'effort de pêche relatif exercé par les pêcheries de surface et les pêcheries palangrières. A titre d'exemple, les figures de gauche représentent la sélectivité globale estimée pour le BET exercée par les diverses pêcheries capturant cette espèce, par décennie, obtenues d'après les résultats du Passage 3 de MULTIFAN-CL. L'estimation résultante de la PME impliquée par ces diverses pêcheries est représentée à droite. A mesure que la sélectivité des petits poissons augmente, la PME diminue, de même que le taux de mortalité par pêche global donnant lieu à la PME correspondante.

Figure 28. Nombre par âge (A) et abondance (B) du thon obèse.

Figure 29. Mortalité par pêche par âge du thon obèse en 1975-2005 (A) et 2000-2005(B).

Figure 30. Mortalité par pêche apicale (A) et F/F_{PME} apicale (B) du thon obèse en 1975-2005.

Figure 31. Biomasse du stock reproducteur (A) et SSB/SSB_{PME} (B) du thon obèse en 1975-2005.

Figure 32. a) Estimations par VPA de l'ajustement du rapport Géniteur/Recrue avec Beverton-Holt. B) Recrutement du thon obèse en 1997-2005.

Figure 33. Trajectoire de l'état du stock par année.

Figure 34. Estimations de l'état du stock d'après 250 passages par bootstrap du passage du cas de base de la VPA. Le grand point de données rouge est le résultat du passage déterministe.

Figure 35. Estimations annuelles de SSB/SSB_{PME} (A), de F/F_{PME} (B) et du recrutement (C) pour les passages du cas de base de la VPA et les passages de sensibilité.

Figure 36. Etat du stock actuel (2005) du thon obèse d'après les passages du cas de base de la VPA et de sensibilité.

Figure 37. Gamme des évaluations de l'état du stock à partir de diverses formulations du modèle appliquées, mais toutes n'ont pas été considérées comme vraisemblables de façon égale. Les petits cercles ouverts représentent la distribution par bootstrap du modèle de production le plus approprié utilisé pour évaluer l'état du stock de thon obèse en 2005. Alors que le groupe a estimé que cette caractérisation représentait l'état actuel du stock de thon obèse dans l'Atlantique de la meilleure façon, d'autres formulations du modèle permettraient également des évaluations de l'état du stock plus optimistes et plus pessimistes.

Figure 38. Trajectoire de la médiane de la biomasse et limites de confiance de 80% estimées d'après les passages ASPIC avec diverses politiques de prises constantes futures. La CPUE de la biomasse et l'ajustement du modèle logistique combinés ont été utilisés dans ce passage ASPIC. La prise de 2006 est supposée être similaire à la prise déclarée en 2005 (71.020 t).

Figure 39. Comparaison de la prise future en utilisant un niveau de capture différent en 2006, en se fondant sur l'analyse du cas de base ASPIC.

Figure 40. Projections du cas de base 1 du BSP (pondérées par débarquements) de B/B_{PME} avec divers niveaux de prises fixes et une capture initiale de 71.000 t (prise de 2005) ou de 120.000 t en 2005. Il est à noter que 93.275 t est la PME du cas de base estimée.

Figure 41 Projection du modèle de base de la VPA à divers niveaux de capture appliqués à 2007-2015. Une production correspondant au niveau de 2005 (68.300 t) a été appliquée en 2006: **A)** la médiane des passages par bootstrap, **B)** la projection déterministe.

Figure 42. Projection du modèle de base de la VPA à divers niveaux de capture appliqués à 2007-2015. Une production de 120.000 t a été appliquée en 2006: **A)** la médiane des passages par bootstrap, **B)** la projection déterministe.

Figure 43. Projection du passage MFCL de la VPA à divers niveaux de capture appliqués à 2007-2015. La production de 2005 (68.300 t) a été utilisée pour projeter 2006: **A)** médiane des passages par bootstrap, **B)** la projection déterministe.

Figure 44. Projection du passage MFCL de la VPA à divers niveaux de capture appliqués à 2007-2015. Une projection de 120.000 t a été appliquée en 2006: **A)** médiane des passages par bootstrap, **B)** la projection déterministe.

Figure 45. Pourcentage en nombre de poissons de petits thons obèses (poissons de moins de 3,2 kg), par an et pour les premier et dernier trimestres.

Figure 46. Pourcentage moyen en nombre de poissons de petits thons obèses pour quatre périodes: 1) avant l'extension de la pêche sous DCP (1980-90), 2) avant la première fermeture spatio-temporelle (1991-1996), 3) pendant la première fermeture spatio-temporelle (1997-2004) et 4) sous la nouvelle fermeture spatio-temporelle (2005).

Figure 47. Nombre de petits thons obèses dans la capture par an et pour les 4^{ème} trimestres et les 2^{ème}-3^{ème} trimestres combinés.

Figure 48. Prises totales de thon obèse et par groupes de pêcheries: palangriers ghanéens ciblant le thon obèse adulte et senneurs et canneurs ghanéens ciblant les petits poissons.

FIGURAS

Figura 1. Comparación entre las diferentes relaciones talla-peso del patudo en el Atlántico.

Figura 2. Factor de conversión entre peso procesado del SCRS/2007/068 y el peso vivo por talla de ICCAT.

Figura 3. Evolución de la proporción de patudo en la Tarea I y datos de captura por talla del cebo vivo (arriba) y cerco (abajo) de Ghana desde 1991.

Figura 4. Composición por especies de la captura de Ghana para el año 2006 estimada a partir del nuevo sistema de procesamiento de datos utilizado en esta pesquería recientemente.

Figura 5. Capturas estimadas registradas como NEI en la base de datos de captura de ICCAT.

Figura 6. Promedio de la media de los percentiles 10, 50 y 90 de las distribuciones relativas de frecuencia de tallas utilizadas en el análisis Multifan-CL (arriba) y tamaño medio de la muestra a escala logarítmica (abajo).

Figura 7. CPUE estandarizada del patudo juvenil de las flotas de cerco europea y asociadas que pescan con DCP.

Figura 8. Índices de abundancia relativa para las diferentes flotas de palangre en número (a) y biomasa (b).

Figura 9. Índices de abundancia relativa combinados en biomasa utilizados en los modelos de producción.

Figura 10. Datos utilizados en MULTIFAN-CL por pesquería para series de: captura (a), esfuerzo (b) y CPUE (c).

Figura 11. Ajustes de modelos PRODFIT obtenidos a partir del índice combinado no ponderado, en el caso del modelo Fox ($m=1$) y $k=5$.

Figura 12. Distribuciones previas y posteriores para r y K para cada ensayo del modelo.

Figura 13. Ajustes del BSP a índices estandarizados individuales.

Figura 14. Diagrama de biomasa y F-ratio para comparaciones de los dos modelos base (ponderados por desembarques y con ponderación igual de los índices separados) y dos modelos de sensibilidad.

Figura 15. Diagrama de la trayectoria de la situación del stock para el caso base 1, todos los índices ponderados por desembarques y para el caso base 2, índices separados ponderados igualmente. El año terminal aparece en amarillo.

Figura 16. Resultados del ensayo del caso base de ASPIC (Ver. 5.16) (arriba a la izquierda: B-ratio con bootstrap C.L. del 80%, arriba derecha: B-ratio y F-ratio, centro izquierda: F-ratio con C.L. del 80%, centro derecha: trayectoria de CPUE, abajo izquierda: tendencia histórica de la relación entre B-ratio y F-ratio, y abajo derecha: distribución de la relación entre B-ratio y F-ratio en 2005).

Figura 17. Comparación de B-ratio y F-ratio por análisis del ensayo ASPIC (Ver. 5.16) (arriba: casos base incluyendo casos base potenciales, abajo: análisis de sensibilidad).

Figura 18. Rendimiento en equilibrio obtenido a partir del modelo del caso base de ASPIC y capturas anuales.

Figura 19. Comparación de la biomasa total y la biomasa de adultos obtenida con cambios a los tamaños de región y a las distribuciones del reclutamiento asumidos.

Figura 20. Comparación de las estimaciones de la biomasa total, la biomasa de adultos y el reclutamiento obtenidas usando supuestos similares y conjuntos de datos diferentes (desarrollados en 2004 y en esta evaluación).

Figura 21. Resultados de Multifan-CL. Estimaciones de biomasa total, reclutamiento, F/F_{rms} y SSB/SSB_{rms} obtenidas con 3 regiones (ensayo 3) y una región única sin datos de marcado (ensayo 6) (a). Relaciones stock-reclutamiento obtenidas con 3 regiones (ensayo 3) y una región única sin datos de marcado (ensayo 6) (b).

Figura 22. Estimaciones de la biomasa total y el reclutamiento obtenidas con los ensayos en los que M se estimó ($E3$ y $E6$) o se fijó ($E4$, $E5$ y $E12$).

Figura 23. Mortalidad natural estimada o introducida para varios ensayos.

Figura 24. Estimaciones de biomasa total, reclutamiento, F/F_{rms} y SSB/SSB_{rms} obtenidas cuando el tamaño del stock en 1961 fue estimado usando la mortalidad total ($E3$) o sólo la mortalidad natural ($E8$).

Figura 25. Estimaciones de la biomasa total y el reclutamiento obtenidas con diferentes versiones de programas informáticos y diferentes supuestos resaltando las tendencias en la capturabilidad.

Figura 26. Estimaciones de la serie temporal de B/B_{rms} y F/F_{rms} para los diferentes ajustes del modelo MULTIFAN-CL.

Figura 27. El RMS puede cambiar considerablemente con cambios en el esfuerzo pesquero relativo ejercido por las pesquerías de palangre y de superficie. Como ejemplo, los paneles de la izquierda representan la selectividad

global estimada para el BET ejercida por la mezcla de pesquerías que captura esta especie, por década, a partir de los resultados del Ensayo 3 de MULTIFAN-CL. A la derecha está la estimación resultante del RMS implicada por esta mezcla de pesquerías. A medida que la selectividad sobre los peces pequeños aumenta, el RMS desciende al igual que la tasa de mortalidad por pesca global que resulta en el RMS correspondiente.

Figura 28. Números por edad (A) y abundancia (B) de patudo.

Figura 29. Mortalidad por pesca por edad para el patudo en 1975-2005 (A), y 2000-2005(B).

Figura 30. Mortalidad por pesca apical (A), y F/F_{RMS} apical (B) para el patudo en 1975-2005.

Figura 31. Biomasa del stock reproductor (A), y SSB/SSB_{RMS} (B) para el patudo en 1975-2005.

Figura 32. a) Estimaciones del VPA de la relación reproductor/recluta ajustadas con Beverton-Holt. b) Reclutamiento de patudo, 1997-2005.

Figura 33. Trayectoria de la situación del stock por año.

Figura 34. Estimaciones de la situación del stock a partir de 250 ensayos de bootstrap sobre el ensayo base del VPA. El punto de datos rojo y grande es el resultado del ensayo determinista.

Figura 35. Estimaciones anuales de SSB/SSB_{RMS} (A), F/F_{RMS} (B) y reclutamiento (C) para los ensayos del caso base de VPA y de sensibilidad.

Figura 36. Situación actual del stock de patudo (2005) a partir de ensayos del caso base de VPA y de sensibilidad.

Figura 37. Rango de las evaluaciones de la situación del stock a partir de las diversas formulaciones del modelo aplicadas, las cuales no se consideraron igualmente verosímiles. Los pequeños círculos abiertos representan la distribución por bootstrap del modelo de producción más adecuado utilizado para evaluar la situación del patudo en 2005. Aunque el grupo consideró que esta es la mejor representación de la situación actual del patudo en el Atlántico, hay otras formulaciones del modelo que admitirían evaluaciones de la situación del stock tanto más optimistas como más pesimistas.

Figura 38. Trayectorias de la mediana de la biomasa así como límites de confianza del 80% estimados a partir de los ensayos de ASPIC con diferentes políticas de captura futuras constante. En este ensayo de ASPIC se utilizaron la CPUE combinada de la biomasa y el ajuste del modelo logístico. Se asume que la captura en 2006 es la misma que la captura declarada en 2005 (71.020 t).

Figura 39. Comparación de la captura futura utilizando diferentes niveles de captura en 2006 basándose en el análisis del caso base de ASPIC.

Figura 40. Proyecciones de $B/Brms$ del caso base 1 de BSP (ponderado por desembarques) con varios niveles de capturas fijas y una captura inicial de 71.000 t (captura de 2005) o 120.0000 t en 2005. Cabe señalar que 93.275 t es el RMS estimado del caso base.

Figura 41. Proyección del modelo base del VPA a diferentes niveles de captura aplicados, 2007-2015. En 2006 se aplicó un rendimiento del nivel de 2005 (68.300 t): a) la mediana de los ensayos de bootstrap, b) la proyección determinista.

Figura 42. Proyección del modelo base del VPA a diferentes niveles de captura aplicados, 2007-2015. En 2006 se aplicó un rendimiento de 120.000 t: a) la mediana de los ensayos de bootstrap, b) la proyección determinista.

Figura 43. Proyección del ensayo “MFCL” del VPA a diferentes niveles de captura aplicados, 2007-2015. Se utilizó el rendimiento de 2005 (68.300 t) para proyectar 2006: a) la mediana de los ensayos de bootstrap, b) la proyección determinista.

Figura 44. Proyección del ensayo “MFCL” del VPA a diferentes niveles de captura aplicados, 2007-2015. En 2006 se aplicó un rendimiento de 120.000 t: a) la mediana de los ensayos de bootstrap, b) la proyección determinista.

Figura 45. Porcentaje en número de peces de patudo pequeño (peces inferiores a 3,2 kg), anual y para el primero y el último trimestre.

Figura 46. Porcentaje medio de patudo pequeño en número de peces para cuatro periodos: 1) antes de la extensión de la pesca con DCP (1980-1990), 2) antes de la primera veda espacio-temporal (1991-1996), 3) durante la primera veda espacio-temporal (1997-2004) y 4) en la nueva veda espacio-temporal (2005).

Figura 47. Número de patudos pequeños en la captura por año y trimestres 4 y 2-3 combinados.

Figura 48. Total de capturas de patudo por grupos de pesquerías: palangre dirigido al patudo adulto y cerco y cebo vivo de Ghana que pesca peces pequeños.

APPENDICES

Appendice 1: Ordre du jour

Appendice 2 : Liste des participants

Appendice 3 : Liste des documents

Appendice 4 : Résultats de l'évaluation du stock de thon obèse de l'Atlantique (*Thunnus obesus*) avec le Modèle de production logistique de Verhulst.

APPENDICES

Apéndice 1: Orden del día

Apéndice 2: Lista de participantes

Apéndice 3: Lista de documentos

Apéndice 4: Resultados de la evaluación del stock de patudo del Atlántico (*Thnnus obesus*) mediante el modelo de producción logístico de Verhulst.

Table 1. Biological parameters and conversion factors for bigeye tuna. Source: *ICCAT Manual*.

<i>Item</i>	<i>Formulation</i>	<i>Notes</i>
Growth	$L_t = 217.3(1 - e^{-0.18(t+0.709)})$	L=FL in cm; t=years
Natural mortality	0.8 for ages 0 and 1 0.4 for older ages	per year
Length-weight	$RWT = 2.396 \cdot 10^{-5} (FL)^{2.9774}$	RWT=round weight in kg FL=fork length in cm
Length conversion factor, LD1>48 cm	$FL = \left[\frac{LD1 + 0.5 + 21.45108}{5.28756} \right]^2$	FL =fork length in cm LD1=Lower jaw - 1st dorsal length in cm
Length conversion factor, LD1<48 cm	consult www.iccat.int/Pubs_FieldManual.htm	
Product conversion factor	$RWT = 1.13 \times GWT$	RWT=round weight in kg GWT=gilled and gutted weight in kg

Table 2. Estimated catches (t) of bigeye tuna, by major gear and flag.

[illegible]

	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
TOTAL	52693	45975	63596	67753	73493	59370	71052	78215	65396	55976	65796	78068	84337	95264	98434	111568	132225	126284	121131	108873	110008	127802	102959	93767	76955	91585	85155	71020
Bait boat	14629	9591	12349	10124	6922	9796	11439	17651	15618	12631	9710	12672	18106	17750	16248	16467	20290	25552	18959	21037	21381	25868	12634	15842	8367	13437	18879	15092
Longline	28796	27560	41677	41608	51805	33757	43303	52595	39942	35570	47758	58389	56537	61556	62359	62871	78296	74816	74900	68251	71836	76527	71194	55265	46438	54464	47007	37160
Purse seine	9094	8343	9204	15656	14476	15654	16063	7554	9286	7148	7859	6371	9407	15524	19223	31582	32665	25355	26919	19049	16362	24035	17911	21037	20676	22370	18035	18234
Other surf.	174	481	366	365	290	163	247	415	550	626	469	636	287	434	604	648	974	561	353	536	428	1373	1221	1623	1475	1313	1234	534
Angola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	476	75
Argentina	23	0	0	0	0	0	0	100	41	72	50	17	78	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	17	18	18	6	11	11	0	0
Benin	0	0	0	40	45	0	0	0	15	6	7	8	10	10	7	8	9	9	9	30	13	11	0	0	0	0	0	0
Brasil	812	782	698	505	776	521	656	419	873	756	946	512	591	350	790	1256	601	1935	1707	1237	644	2024	2768	2659	2582	2455	1496	1081
Cambodia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0
Canada	0	0	0	0	0	0	0	0	11	144	95	31	10	26	67	124	111	148	144	166	120	263	327	241	279	182	143	187
Cape Verde	464	45	27	72	200	293	167	112	86	60	117	100	52	151	105	85	209	66	16	10	1	2	0	1	1	1	1	1
China P.R.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	428	476	520	427	1503	7347	6564	7210	5840	7890	6555	6200
Chinese Taipei	2970	2486	2561	1887	2147	1623	925	1220	1125	1488	1469	940	5755	13850	11546	13426	19680	18023	21850	19242	16314	16837	16795	16429	18483	21563	17717	11984
Congo	0	0	5	0	0	0	8	19	10	14	15	12	12	14	9	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Côte D'Ivoire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Cuba	2300	2300	1385	711	521	421	447	239	171	190	151	87	62	34	56	36	7	7	5	0	0	0	0	0	16	16	0	0
Dominica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
EC.España	6849	5419	8430	10010	9332	8794	13617	10340	10884	8875	8475	8263	10355	14705	14656	16782	22096	17849	15393	12513	7115	13739	11250	10134	10524	10969	8251	7618
EC.France	8985	7308	6283	8020	7074	8124	4254	4615	4266	3905	4161	3261	5023	5581	6888	12719	12263	8363	9171	5980	5624	5529	5949	4948	4293	3940	2926	2816
EC.Ireland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	33	
EC.Poland	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC.Portugal	5350	3483	3706	3086	1861	4075	4354	6457	7428	5036	2818	5295	6233	5718	5796	5616	3099	9662	5810	5437	6334	3314	1498	1605	2590	1655	3204	4053
Faroe Islands	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	8	0	0	0	0	0	0
FR.St Pierre et Miquelon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	28	6	
Gabon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	87	10	0	0	184	150	121	0	0	0	0	0
Ghana	124	238	332	780	791	491	2162	1887	1720	1178	1214	2158	5031	4090	2866	3577	4738	5517	5805	9829	13370	17764	5910	12042	7106	13557	14901	13917
Grenada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	25	20	10	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Guatemala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1003
Guinea Ecuatorial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Iceland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Japan	9863	12150	20922	22091	33513	15212	24870	32103	23081	18961	32064	39540	35231	30356	34722	35053	38503	35477	33171	26490	24330	21833	24605	18087	15306	19572	17137	13061
Korea, Republic of	9716	8022	10235	12274	10809	9383	8989	10704	6084	4438	4919	7896	2690	802	866	377	386	423	1250	796	163	124	43	1	87	143	629	770
Liberia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	16	13	42	65	53	57	57	57	57	57	57	57	57	57	0	0
Libya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	508	1085	500	400	400	400	400	400	400	31	593	593	0	0
Maroc	394	414	387	622	625	552	120	30	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	770	857	913	889	929	519	
Mexico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	6	8	6	2	7	4	5	4	
Namibia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	29	7	46	16	423	589	640	274	215	177	307
NEI (ETRO)	0	0	0	0	338	1141	157	0	85	20	93	785	1221	2138	4594	5034	5137	5839	2746	1685	4011	2285	3027	2248	2504	1387	1370	
NEI (Flag related)	0	0	0	0	0	46	369	354	758	1406	2155	4650	5856	8982	6151	4378	8964	10697	11862	16569	24896	24060	15092	8470	531	0	0	0
NEI (UK.OT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Netherlands Antilles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1893	2890	2919	3428	2359	2803	1879	2758	3343	0	0
Norway	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Panama	2127	513	4518	2500	2844	2732	3165	4461	5173	5616	3847	3157	5258	7446	9991	10138	13234	9927	4777	2098	1252	580	952	89	63	0	1521	2310
Philippines	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1154	2113	975	377	855	1854	1855	
Russian Federation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	38	4	8	91	0	0	0	0	1	
S. Tomé e Príncipe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Senegal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5	9	126	237	138	258	730	1473	1131	1308	565	474	561	721
Seychelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	162	0	0	0	0
Sierra Leone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0
South Africa	0	19	422	381	137	187	60	102	168	200	553	367	296	72	43	88	76	27	7	10	53	55	249	239	341	113	270	221
St. Vincent and Grenadines	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	4	2	2	1	1216	506	15	103	18	0
Sta. Lucia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	2	
Togo	0	0	0	0	0	14	52	18	24	22	7	12	12	6	2	86	23	6	33	33	0	0	0	0	0	0	0	0
Trinidad and Tobago	0	0	0	0	0	191	41	22	0	0	1	19	57	263	0	3	29	27	37	36	24	19	5	11	30	6	5	

Table 3. Chinese Taipei revised bigeye catches.

<i>Year</i>	<i>Species</i>	<i>Gear</i>	<i>NEW</i>		<i>OLD</i>	
			<i>AreaCode</i>	<i>Catch (t)</i>	<i>hAreaCode</i>	<i>hCatch (t)</i>
2004	BET	LLFB	NORT	6102	NORT	4455
2004	BET	LLFB	SOUT	11615	SOUT	13262
			tot	17717		17717
2005	BET	LLFB	NORT	3976	NORT	3013
2005	BET	LLFB	SOUT	8008	SOUT	8971
				11984		11984

Table 4. Bigeye catch at size (total by year in 2 cm, lower limit intervals).

Length (2 cm)	Year															
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
20					4											
22																
24																
26				80		3663										
28				240												
30			403	397	21	506	4884	1777		375	106			184	623	1324
32		7	1	4239	38	152	8479	4366	3188	3568	9300	5762	4388	14811	9960	10764
34	799	2395	1426	8653	828	4672	89506	13844	12474	18879	23199	24020	17265	59540	31208	29241
36	1493	22921	23508	10125	12344	56229	161888	39484	73696	66602	63347	65044	75532	97053	83470	73389
38	12518	103643	60412	24212	28730	113176	192922	72362	132618	125902	118432	113899	133512	118254	141280	140457
40	25820	184621	86535	59510	43496	110955	284651	128759	148142	178202	154507	165745	144864	135220	185158	239946
42	47752	168636	113690	108675	60652	138305	306558	168048	142762	240867	154115	176916	161205	160973	280353	484838
44	72055	157766	129971	119329	58714	114746	296088	194283	116095	196855	139899	159322	148913	172233	284370	533033
46	101025	212052	227070	128024	161858	263005	454199	329863	327275	324669	228635	308028	222115	252623	444839	710524
48	88467	221540	239631	135275	196759	317356	487892	426194	402911	353179	235039	330143	198527	224221	414070	642807
50	74983	174150	183207	91199	94459	183401	297887	256159	284758	207862	139666	149911	94483	109991	186737	332906
52	47403	104082	149390	76898	82264	158332	254951	225663	250633	186138	126768	141029	83361	103886	141501	246739
54	33352	76663	136459	85330	67079	126008	244796	212024	218991	178051	119182	137926	55701	76590	98343	162351
56	36119	111424	151932	107834	72283	135417	287233	208909	227359	169803	130031	158101	74621	89010	106245	170188
58	39534	143729	122519	121957	73103	131320	265807	187300	214302	190009	154017	162935	82999	91625	108728	172732
60	36792	116792	88904	110881	65071	91753	163896	110049	137502	148398	116133	143501	76656	67715	85807	131222
62	35311	77806	55342	83463	46868	60633	85017	62535	77636	109097	77829	111273	58945	43570	50277	79971
64	37712	57665	42721	68791	36760	56906	63554	45599	52705	95016	56642	84437	51358	38657	42849	66063
66	33504	60179	47715	69285	35835	52321	56830	47196	79542	136884	86101	90165	54719	38162	42405	64916
68	22338	41634	32919	55589	30094	39231	42517	40620	56756	92218	72883	87610	41691	25266	33479	47899
70	14507	26959	27614	48508	24846	37075	34746	33148	45740	92563	56272	65273	32325	23277	35375	42839
72	11899	17000	24428	44115	24933	29240	29376	37139	31364	78743	53223	77354	28760	21593	35913	31521
74	11655	16525	21568	45450	23159	36004	36789	37382	57567	85322	70250	102008	40011	24917	47003	36978
76	11930	16367	20445	42692	22702	24439	24416	31131	28613	48848	60026	120615	36806	28719	47435	32633
78	12798	16612	24122	42071	25818	31960	32504	34768	61156	82241	81749	113239	42662	22663	43042	32448
80	15724	19147	25839	44170	28067	34585	35724	33631	64108	73080	79656	92893	42347	24887	43258	32487
82	22037	17968	24422	38955	28031	27200	36236	31743	63901	61394	61604	72917	35895	23842	33998	30105
84	36919	20698	26893	36833	26611	21903	34598	41133	44220	50418	57223	67710	30172	30843	40174	40040
86	28854	18284	26125	32312	26954	18015	33442	31344	43205	37644	47255	47788	26063	32992	34376	42165
88	30991	19956	29494	31342	30455	18914	33751	36947	39402	32879	43148	41835	22726	31081	25832	44233
90	47992	17502	23448	27516	29618	22049	30998	28080	33222	36464	40790	34345	21623	31617	25198	39295
92	44628	17407	28082	32313	39811	18052	27447	29893	33031	40143	40793	29636	23960	38117	22875	49845

94	46999	17837	28292	33693	41618	26236	25615	27834	28414	46855	41575	28948	23092	33430	18994	44739
96	44629	19781	34463	37709	44495	18704	22434	18486	23211	33400	29674	25104	26994	33227	19820	48939
98	46050	20977	33621	31806	40265	25036	29163	32739	29152	43777	41547	29216	30676	41192	23274	44990
100	42417	19136	39499	32875	38677	28356	35655	33528	29824	54570	44508	33483	34627	45015	31152	57147
102	36634	18589	31729	28625	37613	25685	34202	42356	36086	48823	44671	28834	35549	38453	31253	52347
104	26321	16347	29842	23226	23539	26789	28794	38931	23282	37682	35621	28843	35168	43742	28260	53792
106	24081	16640	25174	23358	17799	31259	29796	35417	21772	32081	30392	28431	28952	37300	28861	52763
108	20598	20165	26669	22473	19285	43280	31292	46058	27583	39577	34955	33588	35345	48096	38729	55422
110	20580	19251	21929	25053	18488	48442	37224	38415	23511	35077	30455	27743	24958	35754	38708	49935
112	21015	16311	24731	24897	20864	52419	36442	47739	29963	45219	41711	36392	35052	48819	41983	56261
114	25083	18109	24535	24424	19535	49796	36005	40497	25501	40065	39193	35397	28031	45608	47457	48381
116	23967	14916	26813	25857	17937	47399	31783	36642	26884	40359	39500	32264	31240	45709	48881	50798
118	31380	19894	28042	26567	23423	59474	48686	51209	38628	53387	55631	48396	32725	53196	62549	66628
120	31953	19562	24447	27096	26899	60435	40933	45294	28414	40202	46322	35625	30114	46469	56789	55779
122	31630	18551	25385	24260	22798	42458	39345	46565	33226	43774	48184	42779	32449	49074	50781	49064
124	33394	19672	28258	25581	28499	45882	44449	44747	37927	47747	51291	42856	34659	52998	65315	65215
126	28326	20238	28756	24834	19163	33229	33367	39841	31929	34313	43678	36274	33952	44858	55209	56511
128	32548	21662	32088	27142	22681	36979	41305	52985	39656	40629	46700	34531	33219	55210	61279	66103
130	31947	18576	22961	23573	26394	45075	46049	50851	37518	36841	49917	36371	33942	45947	55397	59717
132	34489	21517	28839	20100	19943	25756	39226	49676	32210	35792	43607	33980	31140	39569	46727	46873
134	34216	20394	23730	21731	19193	29653	42373	38179	29472	32447	49227	29957	29807	46939	50182	49584
136	28353	22303	29755	21253	18001	22099	36745	40764	30495	34885	42055	27677	26993	38105	42303	44555
138	33740	25163	27222	21000	17310	25441	34574	47554	32212	40233	47554	33410	34597	46099	50714	52464
140	30039	19825	29499	23998	17265	33022	37076	38177	25062	30759	43053	31198	50623	38255	50139	42287
142	27262	21850	23526	17992	14600	23964	26341	35900	23075	28402	35903	25375	21867	28359	36847	37451
144	24051	17683	23679	17785	13885	22343	22874	25438	16523	23044	35546	22940	37051	25347	30890	28725
146	22649	17478	20176	14817	13501	16914	16444	21729	15427	19937	28949	19693	24700	19152	28351	24574
148	23302	18240	23367	15709	13668	19881	18129	24633	17612	22842	29868	21200	17416	19180	34871	34388
150	21855	13435	16122	15835	13177	28415	21158	22990	13120	18433	28427	14599	27691	15854	26876	23569
152	17166	14563	16575	11836	11986	14124	14961	17890	14640	17219	24258	18022	12418	14495	21199	20207
154	16965	13888	12677	10511	11235	13550	11791	15514	10389	12233	20125	13868	13150	13276	17991	17016
156	14251	13138	14233	12566	10708	9803	10381	16250	9567	10477	15713	10960	9598	9375	14344	14199
158	16345	13058	9340	11078	10572	14685	11460	19378	11253	10930	16264	10254	9757	12275	17580	14431
160	18344	13200	14383	12769	9970	18033	14530	15032	9121	10111	15912	11999	9638	10621	15110	10377
162	12320	9239	11044	10537	10413	9057	8404	12415	8138	8146	13089	10879	7645	7578	10894	7467
164	11499	8501	8801	9046	9223	8765	8624	8787	7482	7132	10544	7847	6907	6862	9379	6402
166	9533	8227	9948	8147	7568	5193	5551	8241	5968	8048	7537	6984	5296	5804	8749	4493
168	11493	6405	7839	9198	7135	7222	4857	8377	7798	8247	8796	6001	5153	6541	9347	4683
170	12400	7123	5572	8990	5773	9661	7591	5800	5110	4944	6345	4431	3524	4394	5412	3292
172	7968	6280	5826	7215	6083	3686	3623	5766	4778	4591	4135	3357	2713	4043	5575	2881
174	8055	4420	3626	5529	5993	4705	3760	3170	3084	2424	2443	2272	1716	2466	3036	1251

176	6034	2548	4189	4164	3855	1613	2051	2949	3018	2115	1921	1572	1927	2093	2453	805
178	7740	2515	2236	4362	3807	3242	2211	3556	3496	2230	1640	1467	1815	2567	2839	1058
180	7350	3120	3513	3752	3239	3753	3471	1303	1701	1236	819	1038	723	968	1452	997
182	4281	2190	1541	3594	3064	1235	1388	1288	1771	849	708	690	269	914	744	460
184	3127	1898	2270	2285	2165	1257	1633	610	1061	729	376	483	275	384	372	630
186	1635	1289	753	1420	818	672	756	211	893	471	372	359	172	181	478	278
188	1804	710	1761	1383	1018	1229	638	708	1032	309	201	175	101	439	435	315
190	1883	750	385	931	995	399	1161	322	353	196	107	87	285	68	415	107
192	1035	244	840	1027	825	592	138	233	318	47	76	7	4	143	56	74
194	824	158	209	890	539	345	332	37	130	33	141	0	7	92		21
196	335	65	629	443	396	318	94	31	64	1	71	0	4	105	70	
198	472	51	91	391	290	1718	242	41	407	2	39	0	5	112	11	
200	214	40	283	252	196	84	228		44	1	10	0	5			
202	195	76	142	348	239	85	9	23	65	9	30	2	2	23		1
204	189	20		192	137	44	16		16	5	17	0	2			26
206			2	144	78	145	0	23	57	2	22	2	2	59	23	5
208				244	78	29		11	13	4	15	5	2	73		
210	61			148	117		21		10	811		0	1			
212				48	117	31		11	7	4		0	1	27		
214				36	98			80						8		
216				24	78											
218				24	78											
220				24												
222				24												
224				12												
230																
240>=										33						1
TOTAL	2109938	2949952	3118094	2783118	2297666	3607224	5526979	4444608	4424350	4937049	4229262	4499247	3159952	3521074	4556737	6326380

Table 4. Bigeye catch at size (cont.)

Length (2 cm)	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
20															
22				33					92		70	165			
24											13	126	55	128	357
26								104	42		72	322		829	1111
28	1321	1552	10	622	425		235	764	234	535	801	781	324	595	444
30	10559	12042	618	2113	1923	1260	5581	6854	7666	4350	1944	2126	49108	9723	2385
32	33483	31746	14073	5610	8702	5934	23948	28399	34413	25254	9627	9055	60690	28305	8506
34	61786	64610	38616	21067	28970	19267	72437	48977	87859	56672	33744	27463	145590	96575	41622
36	133547	142344	88239	63265	66250	87041	184313	138943	186474	92929	166423	68914	306582	244456	90862
38	249835	241310	171243	235306	188346	232902	295804	206468	259963	189118	298829	185748	472809	400724	232840
40	415304	340104	460050	437690	359034	465992	418943	378527	437235	380886	505909	389032	609078	585661	350328
42	590954	405304	787885	630194	698908	846223	529412	572324	828071	547652	751079	549668	735649	861566	526956
44	703331	475036	916477	776698	905214	1034319	679145	853236	1162732	577634	860247	600124	859661	1042133	889850
46	643362	586273	880325	1079678	1051665	1365118	1028568	1068785	1619021	741594	1001414	676468	964624	1485651	1154468
48	561581	684253	802063	1237613	1172070	1263269	1325908	1288686	1803903	858190	891207	753424	1077701	1702635	1295495
50	406817	513867	595639	835589	800740	783576	1026305	1132598	1526621	715316	799450	736461	996540	1363563	1195315
52	263253	421290	423755	656468	583137	640636	1076990	1066201	1032407	604007	615149	728439	729494	642025	593451
54	187290	298849	379652	313726	299890	398230	456726	622262	702768	435387	566960	527355	452662	451408	418296
56	163017	244154	273446	222654	206112	255303	251552	374367	418085	363202	304126	351697	316463	266536	235193
58	146482	200524	241303	246368	175020	209841	201964	263537	299938	272430	227719	200939	231770	184740	222111
60	131967	160910	237502	202343	141401	180958	122707	179631	235872	229303	250570	164720	157975	147624	150180
62	114340	122128	189834	184925	123801	125767	90266	143474	193645	177372	211706	149589	151100	132785	115278
64	102645	102945	171901	161211	122675	98556	74058	100453	147586	123038	116463	113961	122903	104844	123652
66	89726	89441	127029	145466	119847	82381	56583	75804	128531	103019	110945	99443	122586	85010	72046
68	79696	74201	120224	135040	107408	70074	54490	49880	119427	88265	98711	73255	87718	86285	70782
70	74723	66791	74661	112504	106231	60478	64552	43634	95002	49311	48062	48442	58971	56208	22142
72	82590	61848	73980	113800	109856	69351	70562	45247	89005	51276	58108	47402	58277	54270	32026
74	88108	56941	74788	102997	114888	68386	81257	43606	110263	59456	83205	43526	76269	51021	25917
76	72995	50815	77662	100363	129877	73966	71298	43219	101286	65096	64908	35772	48535	51137	26075
78	67299	45326	82713	93740	116782	65946	65416	25924	61626	37037	41385	23205	51463	38695	31190
80	63135	59526	92465	98533	108101	66631	68108	31004	80512	61241	51187	28903	37655	29549	24946
82	63172	47170	96545	94400	96839	61848	59993	45808	81155	61614	39653	25959	32022	29546	26099
84	64647	50611	95835	93489	92242	64930	60041	57523	89973	71617	47057	24168	44313	26177	28684
86	57847	41625	93949	89273	74822	56893	45958	37631	73248	65616	37384	22131	31860	28443	29433
88	54254	42367	79054	85740	70161	55238	43138	40154	76141	64662	38078	23641	37988	25533	26438

90	54261	50597	73313	99649	73807	65799	55646	59918	85905	66826	41809	26306	26070	29659	27613
92	51497	54620	68201	86975	60249	58130	43350	78998	108598	90711	47165	28002	32520	29242	25634
94	48529	53662	61795	93008	71442	67348	60604	69903	99825	84487	47495	29862	26350	29803	29403
96	44636	45821	58368	88346	47249	58836	46588	72938	99836	85788	46812	27091	28373	24398	26649
98	52562	61808	62932	77898	55477	58451	48163	70198	91106	79317	43389	29937	32489	24799	34003
100	56809	80144	66303	84749	77435	65516	66155	48721	71681	60876	50013	37952	28721	24456	32527
102	53730	76303	62872	61227	57066	51269	42431	59647	88330	94722	54363	34789	24590	25317	29921
104	47055	67145	54159	68809	74123	59845	65084	68225	82221	71739	50501	33146	24235	25131	25892
106	47750	65237	59847	63885	49888	46502	36157	57450	92399	81425	55401	30160	21291	21112	24945
108	68671	71959	64051	78830	55832	51172	38984	56879	86743	88596	49838	35433	22010	22041	24523
110	47444	75611	51071	81720	76416	57027	55066	47432	66393	61414	48611	34160	31010	27579	24191
112	48325	89165	58106	66603	56969	57402	48110	66692	74559	67730	54127	32674	27009	22072	21832
114	44638	72221	51280	74587	85398	60141	65915	56920	81512	65199	51696	32819	25345	29274	24788
116	53022	57292	53126	83222	73077	53808	51578	49286	86016	85049	49743	36142	28900	23682	22178
118	57664	88861	61417	83363	86105	66883	63735	60038	74914	69270	61959	45696	38909	26826	23694
120	49915	69794	58769	94483	116950	69625	79861	63241	64476	72601	53273	42989	42020	26359	24795
122	45657	88988	56661	55879	79253	64582	65807	60090	69713	62237	49427	45852	47132	31900	25443
124	63206	76412	57760	54555	84442	60473	87835	65804	60016	60328	64105	43218	54044	36027	23969
126	84593	65728	61766	51383	43404	59118	74232	60996	53482	61011	52475	37658	49464	34354	28344
128	105015	66991	61682	49689	42818	54764	79723	75422	55148	56098	54184	38709	55372	37440	60718
130	96108	57302	62204	60850	61180	50827	90981	89516	60114	52651	55917	41064	42478	37667	30647
132	69992	48742	49815	40670	36711	46817	54195	50541	54718	42858	47907	39195	39902	37138	28955
134	51688	44269	45914	46587	49180	38063	60713	45658	48244	37947	40709	36319	38699	41199	32635
136	88195	39744	41849	42636	38423	47370	42862	38539	34290	28377	37523	34174	59414	48956	32266
138	40571	42250	51722	51399	47087	57542	38689	43796	43283	32234	50324	38837	56752	45750	29728
140	54399	40368	52193	59701	58330	53869	47936	48176	41015	28456	37716	38065	54343	43308	27357
142	37254	39111	46761	45309	38615	45908	33400	39398	40636	24933	32815	31040	48791	38105	28547
144	21258	24460	30988	50799	34483	39284	25713	32292	26429	23345	28828	26862	42023	30336	22841
146	33723	19393	36895	45687	35807	38370	21731	23363	23685	16832	23491	21091	42851	30243	25063
148	21434	24751	38925	41776	38066	40391	25982	27716	32661	21081	25301	22377	36762	28146	23576
150	17042	19636	37709	44346	40039	34434	27424	32249	30416	18403	20855	20628	31685	26688	21561
152	16327	19459	24239	27388	26671	29706	20273	20797	22052	15128	13934	14811	23052	24201	48598
154	17550	17778	20423	24728	21408	22750	18840	19562	18603	13595	13274	14043	20053	20719	15983
156	8104	14970	21541	27534	19284	23438	17651	17579	13979	9587	10917	11725	14356	23907	14937
158	14514	15060	20912	29159	26401	27554	17988	17150	23541	11767	8809	13294	14305	16621	13513
160	10332	12185	16664	27094	25685	24566	17409	15339	14743	14776	9285	12284	11420	20468	9883
162	8616	12616	14884	18024	24437	26191	16745	12462	14591	16972	8317	9588	9796	12818	5696
164	4963	10101	10888	14853	15205	18687	9246	9698	7845	10294	6619	8276	6907	8614	5818

166	5120	7962	13720	16187	15102	22648	9997	10174	7566	8889	7266	6408	6385	9091	3940
168	5834	7585	10101	17037	17348	18579	10997	11054	8897	11430	6344	7853	5992	5276	3275
170	2955	5545	8642	12485	13812	15251	7592	7589	6291	10949	5460	6184	4231	4864	1808
172	2548	4270	6568	10303	14044	13027	7514	6529	7464	8653	4181	5210	3556	3270	2978
174	1484	3182	5045	8603	9380	7942	4245	3884	5106	7831	4053	4421	2252	1618	1246
176	1077	2379	4480	6061	7671	6725	3576	4404	3270	3865	3752	3911	2589	908	1135
178	975	2199	3955	7881	10705	8593	6072	5182	3419	4682	2745	3573	2041	1243	1006
180	1004	1275	3001	6369	6104	6746	4590	3998	2938	3433	2244	2887	1652	1080	546
182	460	1166	1031	2544	4393	4596	1792	2100	2541	1987	2145	1435	1072	680	503
184	232	514	481	1965	2006	2715	1411	1271	1838	1435	1347	1479	1166	457	372
186	93	250	515	1570	1418	1679	1296	912	810	1285	1513	948	700	390	309
188	121	260	449	1419	2243	1380	730	1552	1014	909	1506	762	641	315	223
190	108	218	140	655	1323	1037	394	1133	1292	886	1276	616	563	216	127
192	57	114	264	597	759	468	397	456	1446	576	1098	409	744	239	90
194		38	37	55	370	269	98	670	822	260	913	436	407	113	56
196	22	19	33	120	174	326	229	681	407	150	1178	396	1016	121	53
198	14	6	22	32	255	220	82	603	265	594	1010	263	444	90	86
200		51			65	130	57	762	678	128	5	18	95	60	93
202				37	35	16	12	16			0			44	22
204					4	16		8		96	25	3		57	67
206					4	16	1	7		4	25			19	79
208					4	16	12					3	16	29	58
210						5	4	174	14	7		3	1	14	10
212														24	29
214										1			1	14	
216														14	
218							1							5	14
220		12		8						92				2	3
222		12		8				165							
224		6		4	1										
230			77												
240>=		15				1			1			86			2
TOTAL	7538223	7653539	9648099	10869853	10292973	10775175	10430156	10909979	14290600	9125881	9879224	7915912	10423528	11430988	9061271

Table 5a. Relative CPUE indices in number.

<i>YEAR</i>	<i>JAPAN LL</i>	<i>CHINESE TAIPEI LL</i> <i>(monthly)</i>	<i>USA LL</i>	<i>BRAZIL LL</i>
1961	1.4714			
1962	1.4763			
1963	1.6763			
1964	1.4115			
1965	1.4093			
1966	1.4576			
1967	1.4522			
1968	1.7487			
1969	1.6782			
1970	1.5564			
1971	1.4546			
1972	1.5405			
1973	1.7787			
1974	1.9537			
1975	1.2015			
1976	1.2414			
1977	2.0602			
1978	1.6944			1.0917
1979	1.5936			1.1687
1980	1.7276			1.8244
1981	1.4410	1.6496		1.2543
1982	1.3817	1.4257		0.8452
1983	1.5469	1.3065		1.2562
1984	1.4493	1.5147		0.7392
1985	1.4577	1.2220		0.6411
1986	1.5858	1.1404	1.3738	0.7643
1987	1.7526	1.5320	2.2582	1.4404
1988	1.7068	0.9579	1.7128	1.4347
1989	1.3094	0.9587	1.8136	0.6775
1990	1.1536	0.8747	1.0697	0.8523
1991	1.1132	0.9065	0.9246	0.6589
1992	1.0953	0.8899	0.6375	0.3820
1993	1.1102	1.2237	0.7066	1.5440
1994	0.9845	1.3311	0.6521	1.0393
1995	0.9485	1.1691	0.5923	0.7128
1996	0.8139	1.1861	0.7246	0.9675
1997	0.7722	0.7079	0.7906	1.6101
1998	0.7508	0.5073	0.9189	0.8100
1999	0.7850	0.5749	1.2194	1.3371
2000	0.8212	0.6553	0.9752	2.0189
2001	0.7280	0.7382	1.1580	0.9752
2002	0.7300	0.9601	1.1182	0.6843
2003	0.7144	0.6199	0.5276	0.6629
2004	0.5632	0.8290	0.3402	0.8276
2005	0.5614	0.7683	0.4861	0.6001

Table 5b. Individual CPUE indices in weight.

<i>Year</i>	<i>Japan LL all Atlantic area lognormal model</i>	<i>Japan LL Central Area lognormal model</i>	<i>Taiwan LL Task2 (Monthly data)</i>	<i>US PLL CPUE WT DLS</i>	<i>Brazil LL Region2-3 cluster W</i>	<i>EU Purse Seine</i>	<i>Azores Bait Boat</i>
1961	1.182	1.504					
1962	1.184	1.512					
1963	1.300	1.735					
1964	1.099	1.453					
1965	1.267	1.433					
1966	1.178	1.497					
1967	1.164	1.486					
1968	1.300	1.790					
1969	1.445	1.738					
1970	1.491	1.602					2.577
1971	1.409	1.503					1.694
1972	1.524	1.582					2.052
1973	2.139	1.843					2.865
1974	1.914	1.900					3.386
1975	1.338	1.145					2.440
1976	1.382	1.186					1.271
1977	1.848	2.083					0.767
1978	1.767	1.667			1.183		1.257
1979	1.633	1.501			1.404		2.341
1980	1.741	1.637			1.992		0.944
1981	1.388	1.347	1.621		1.547		0.818
1982	1.276	1.277	1.269	3.345	0.818		0.430
1983	1.307	1.334	1.093	1.983	1.505		3.073
1984	1.326	1.287	1.438	1.632	0.808		1.792
1985	1.345	1.320	1.023	1.396	0.790		2.828
1986	1.330	1.409	0.865	1.840	0.793		2.393
1987	1.443	1.571	1.144	1.496	1.790		1.907
1988	1.416	1.537	0.821	1.442	1.550		0.633
1989	1.142	1.170	0.870	1.237	0.830		0.853
1990	1.059	1.035	0.816	0.965	0.884		1.115
1991	1.004	1.002	0.906	1.047	0.514	4.7426	0.704
1992	1.090	1.089	0.890	0.646	0.274	5.7576	0.605
1993	1.046	1.036	1.258	0.657	1.564	8.1316	0.881
1994	1.082	1.055	1.241	0.583	1.078	9.6609	0.801
1995	1.042	1.037	1.254	0.578	0.708	6.2196	1.379
1996	0.870	0.821	1.236	0.533	0.880	5.9510	1.119
1997	0.749	0.734	0.803	0.476	1.939	5.3377	0.946
1998	0.755	0.716	0.615	0.590	0.752	5.6940	0.909
1999	0.746	0.693	0.704	0.757	1.148	7.2654	0.180
2000	0.734	0.742	0.778	0.593	1.744	6.1182	0.189
2001	0.679	0.661	0.891	0.538	1.091	5.2958	0.087
2002	0.682	0.687	1.181	0.602	0.714	6.8830	0.556
2003	0.742	0.706	0.827	0.378	0.638	6.4061	0.054
2004	0.577	0.537	1.073	0.271	0.678	4.1951	0.178
2005	0.557	0.544	1.003	0.414	0.510	4.6372	0.386
2006			1.445	0.566			

Table 6. Combined index used for production model runs.

<i>Year</i>	<i>Combined Index with no weighting</i>	<i>Combined Index weighted by %catch/year</i>	<i>Combined Index wgt by %catch/yr no Azores BB</i>	<i>Combined Index wgt by %catch/yr no Taiwan LL</i>	<i>Combined Index wgt by %catch/yr no Taiwan LL in last 2 years</i>
1961	1.5036	1.5036	1.5036	1.5036	1.50357
1962	1.5117	1.5117	1.5117	1.5117	1.511711
1963	1.7346	1.7346	1.7346	1.7346	1.734644
1964	1.453	1.453	1.453	1.453	1.453017
1965	1.4329	1.4329	1.4329	1.4329	1.432903
1966	1.4965	1.4965	1.4965	1.4965	1.496535
1967	1.4864	1.4864	1.4864	1.4864	1.486408
1968	1.7903	1.7903	1.7903	1.7903	1.790334
1969	1.7378	1.7378	1.7378	1.7378	1.737821
1970	2.0894	1.8343	1.6021	1.8343	1.834319
1971	1.5982	1.5106	1.5025	1.5106	1.51058
1972	1.8171	1.639	1.5819	1.639	1.639001
1973	2.3541	1.9593	1.8431	1.9593	1.959296

1974	2.6429	2.1759	1.8997	2.1759	2.175933
1975	1.7927	1.2659	1.145	1.2659	1.265856
1976	1.2286	1.1954	1.1864	1.1954	1.195375
1977	1.4253	1.9716	2.0831	1.9716	1.97155
1978	1.369	1.5583	1.6305	1.5583	1.558255
1979	1.7486	1.6262	1.4953	1.6262	1.626235
1980	1.5243	1.5504	1.6481	1.5504	1.55043
1981	1.3334	1.3179	1.372	1.2953	1.317948
1982	1.4278	1.2441	1.2693	1.2426	1.244117
1983	1.7976	1.583	1.3265	1.6247	1.582984
1984	1.3913	1.3377	1.2867	1.3345	1.337738
1985	1.4714	1.4974	1.3038	1.5127	1.49744
1986	1.46	1.5504	1.3768	1.5761	1.550381
1987	1.5818	1.6011	1.5471	1.6289	1.601075
1988	1.1965	1.4874	1.5059	1.5158	1.487391
1989	0.9919	1.1405	1.1595	1.1464	1.140489
1990	0.963	1.0107	1.0021	1.0389	1.010662
1991	0.8347	0.9531	0.9697	0.9719	0.953124
1992	0.7008	1.0015	1.0222	1.035	1.001523
1993	1.0792	1.0853	1.1017	1.0291	1.085303
1994	0.9516	1.0998	1.1093	1.0335	1.099808
1995	0.9915	1.111	1.0873	1.0514	1.110958
1996	0.9179	0.9812	0.9771	0.832	0.98116
1997	0.9794	0.7966	0.7885	0.7926	0.7966
1998	0.7165	0.6953	0.6753	0.7393	0.695274
1999	0.6965	0.6974	0.721	0.6933	0.697412
2000	0.8093	0.8044	0.8157	0.8196	0.804449
2001	0.6535	0.7823	0.7888	0.6999	0.782289
2002	0.748	0.9327	0.9351	0.6867	0.932656
2003	0.5206	0.7559	0.7593	0.6879	0.755935
2004	0.5476	0.7846	0.7996	0.527	0.527

Table 7. Annual catch rate patterns for the 15 fisheries used in the MFCL analysis based on GLM fits with year and quarter categorical variables. These patterns have been normalized with respect to the series mean value for the period 1975-2005.

Year	Fishery														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1970	0.233					0.231	0.616		2.727	1.401	1.017	1.252	2.868	1.882	2.518
1971	0.281					0.190	0.309		1.943	1.286	0.951	1.116	4.219	2.809	1.754
1972	0.379					0.345	0.325		1.616	1.275	1.060	1.012	1.549	1.077	0.929
1973	0.425					0.472	0.618		2.520	2.075	1.231	1.364	1.638	0.740	1.190
1974	1.410					0.345	1.009		2.961	1.819	1.157	1.531	0.864	1.216	0.899
1975	0.311					3.079	0.683		1.854	1.217	0.962	1.190	0.897	1.283	1.047
1976	0.376				2.393	4.916	1.163		1.740	0.994	1.078	1.853	0.544	0.716	0.518
1977	1.078				2.337	1.268	1.341		0.935	1.193	1.537	2.016	1.225	1.034	0.455
1978	1.136				0.611	1.972	1.634		1.102	1.475	1.319	1.502	1.224	0.941	0.995
1979	0.572				0.818	3.411	2.303		1.394	1.241	1.483	1.585	1.234	1.078	1.576
1980	0.382				0.520	1.707			1.159	1.736	1.495	1.154	0.976	1.154	1.794
1981	0.691				1.006	0.405		3.022	1.116	1.053	1.249	1.200	1.544	1.233	1.304
1982	0.245				0.741	0.091		1.889	0.519	1.180	1.186	0.947	1.400	0.933	1.142
1983	3.594				2.409	1.323		1.812	1.567	1.160	1.322	0.902	0.893	1.241	1.052

1984	1.994			0.590	0.750	1.051	1.491	1.208	1.257	1.105	1.635	1.213	1.727
1985	2.893			0.349		2.440	0.833	1.220	1.258	1.156	0.984	1.540	0.703
1986		1.080		0.581		1.892	0.672	0.888	1.391	1.127	1.198	1.175	0.956
1987		1.088		0.422		1.735	0.448	0.991	1.524	1.429	1.191	1.035	1.380
1988		0.716		0.439		1.385	1.033	0.755	1.510	1.000	1.155	1.390	0.675
1989		0.877		0.964		0.844	1.014	0.795	1.155	1.068	0.823	1.099	0.492
1990		1.238			3.476	2.589	0.880	1.188	0.989	0.981	0.717	0.938	0.865
1991			0.487	0.666	0.524	0.637	0.318	1.174	1.032	0.990	0.762	0.734	0.549
1992			0.924	0.844	0.455	0.201	0.338	0.363	0.912	0.975	0.774	0.441	0.764
1993			2.321	1.354	2.055	0.370	0.666	0.816	0.852	0.983	0.837	0.490	0.943
1994			1.139	1.555	0.181	0.207	0.478	0.420	0.631	0.914	0.784	0.474	0.880
1995			0.820	1.092	0.792	0.392	0.457	1.190	0.623	0.893	0.833	0.455	0.736
1996			1.164	0.945	2.384	0.610	0.265	0.535	0.856	0.732	0.804	0.404	0.829
1997			0.776	0.800	0.948	0.280	0.392	0.474	0.695	0.653	0.732	0.396	0.597
1998			0.673	0.912	0.833	0.977	0.516	0.567	0.780	0.677	0.574	0.508	0.658
1999			0.865	0.932	0.777	0.781	0.763	0.041	0.807	0.673	0.631	0.601	0.590
2000			0.775	0.998	0.479	0.357	0.694	0.072	0.839	0.719	0.540	0.439	0.620
2001			0.766	1.009	0.322	0.275	0.555	0.023	0.747	0.591	0.557	0.440	0.814
2002			0.969	1.064	0.534	0.563	0.163	0.260	0.250	0.301	0.478	0.526	0.626
2003			1.195	1.170	1.293	0.375	0.243	0.112	0.295	0.295	0.442	0.337	0.574
2004			1.262	0.766	2.400	0.430	0.227	0.189	0.258	0.241	0.266	0.452	0.618
2005			0.864	0.892	0.844	0.563	0.264	0.239	0.272	0.232	0.501	0.525	0.476

Table 8. Fishery definitions for the BET MULTIFAN-CL Assessment. (NOTE: Region 1= N of 25N, Region 2 = 15S to 25N, Region 3 = S of 15S).

<i>Fishery</i>	<i>Region</i>	<i>Name</i>	<i>Fleets</i>	<i>Gear</i>	<i>Years</i>
1	2	Early PS	21, 8, 73, 29, other	PS	1965-1985
2	2	Transition PS	21, 8, 73, 29, other	PS	1986-1990
3	2	Late PS FreeSchool	21, 8, 73, 29, other	PS	1991-2005
4	2	Late PS FAD	21, 8, 73	PS	1991-2005
5	2	Ghana BB+PS	27	BB+PS	1965-2005
6	2 (S of 10N)	TRO-south BB	21, 8, 73, other	BB	1962-2005
7	2 (N of 10N)	TRO-north BB early	21, 8, 73, 50, 53, 65, other	BB	1965-1979
8	2 (N of 10N)	TRO-north BB late	21, 8, 73, 50, 53, 65, other	BB	1980-2005
9	1	Northern BB	45, 153, 154, other	BB	1965-2005
10	1	Japan LL North	12	LL	1961-2005
11	2	Japan LL TRO	12	LL	1961-2005
12	3	Japan LL South	12	LL	1961-2005
13	1	Other LL North	5, others	LL + others	1965-2005
14	2	Other LL TRO	3, 5, others	LL + others	1965-2005
15	3	Other LL South	3, 5, 20, others	LL + others	1961-2005

Table 9. Explanation of the various MULTIFAN-CL runs explored by the Working Group.

<i>Run</i>	<i>Options</i>	<i>Purpose</i>
1	Use same data set as in 2004 "Run 3" but with new recruitment fractions and relative region sizes	Examine the impact of changing these two assumptions
2	Truncate the new data set to end in 2002.	Examine the impact of updated data with similar assumptions as used in 2004
3	Use 2007 data (last year = 2005)	"Base" run
4	Fix M to same values used in the VPA	Examine the impact of fixing M
5	Fix M to values derived by IATTC	Examine the impact of fixing M
6	Ignore tagging data and assume a single region	Examine the effect of spatial structure currently assumed
7	Estimate 2001-2005 catches for Fisheries 13, 14, 15	Explore feasibility of estimating missing catch
8	Initial stock size estimated with M only	Examine impact of this assumption on MSY related benchmarks
9	Exact catch option (SS2 solution)*	Like Run 3 but hopefully faster
10	Exclude Tag Group 11	Like Run 3 but eliminate a tagging group that did not include known recoveries
11	Use different (fewer) groupings for selectivity and tag reporting rates, and give less weight to most fisheries	A variant of Run 3 with fewer parameters
12	Fix M to same values in VPA, with only one region	Like Runs 4 and 6 combined
13	Give less weight to Japanese LL effort series; 3 regions	Explore effect of downweighting Fisheries 10, 11 and 12
14	Give less weight to Japanese LL effort series; 1 region	Explore effect of downweighting Fisheries 10, 11 and 12

* NOTE: A different method was used for modelling catchability trends through time.

Table 10. Fishery options.

<i>Fishery</i>	<i>CV effort deviations</i>	<i>Sel. group</i>	<i>Tag rep group</i>	<i>Size sample reduced by</i>
1	0.22	1	1	10
2	0.22	2	1	10
3	0.22	3	1	10
4	0.22	4	1	10
5	0.32	5	2	10
6	0.32	6	3	10
7	0.22	7	4	25
8	0.22	8	5	25
9	0.22	9	6	25
10	0.16	10	7	25
11	0.16	10	7	25
12	0.16	10	7	25
13	0.22	11	8	25
14	0.22	11	8	25
15	0.22	11	8	25

Table 11. Summary of specifications of base case and sensitivity production model run.

<i>Run name</i>	<i>Assessment period</i>	<i>Model</i>	<i>Index</i>	<i>Index weighting</i>	<i>Option</i>	<i>ASPIC</i>	<i>BSP</i>	<i>Prodfit</i>
Continuity1	1950-2002	Schaefer	Composite	-		Yes	Yes	
Continuity2	1950-2002	Generalized Production model	Composite	-		Yes		
Base case 1	1950-2005	Schaefer	Composite	-		Yes	Yes	Yes
Base case 2	1950-2005	Generalized Production model	Composite	-		Yes		Yes
Base case 3	1950-2005	Schaefer	Separate	equal		Yes	Yes	
Base case 4	1950-2005	Generalized Production model	Separate	equal		Yes		
Base case 5	1950-2005	Schaefer	Separate	Average Catch proportion (1982-2005)		Yes	Yes	
Base case 6	1950-2005	Generalized Production model	Separate	Average Catch proportion (1982-2005)		Yes		
Base case 7	1950-2005	Schaefer	Separate	Catch proportion by year			Yes	
Sensitivity1	1950-2005	Schaefer	Composite no Taiwan	-		Yes	Yes	Yes
Sensitivity2	1950-2005	Generalized Production model	Composite no Taiwan	-		Yes		Yes
Sensitivity3	1950-2005	Schaefer	Taiwan only	-		Yes	Yes	
Sensitivity4	1950-2005	Generalized Production model	Taiwan only	-		Yes		
Sensitivity5	1950-2005	Schaefer	Composite no Azores	-		Yes	Yes	
Sensitivity6	1950-2005	Generalized Production model	Composite no Azores	-		Yes		
Sensitivity7	1950-2005	Schaefer	Composite	-	B1/K is estimated Model started from 1978	Yes		
Sensitivity8	1978-2005	Schaefer	Taiwan only	-			Yes	
Sensitivity10	1950-2005	Schaefer	Taiwan only omitting 04-05	-			Yes3	

Table 12. Bayesian surplus production model run input files. See BSP 1.0 User’s manual (McAllister and Babcock, 2004) for a complete description of the variable names. Input variables not listed were not applicable to these runs and were set equal to zero.

parameter	ICCAT/BET 2007 Run 1 Combined Index (Base1) Weighted by Catch	ICCAT/BET 2007 BASE1 sep indices weighted by avg 1982-05 landings (B3)	ICCAT/BET 2007 BASE1 sep indices weighted by landings in each year	ICCAT/BET Projection 8 Iacs Combined Index (Base1) Weighted by Catch 120K mt 2006
	Files	Files	Files	Files
fap\$	bet	bet	bet	bet
fap2\$	2	2	2	2
flparin\$	-1	-1	-1	-1
flparout\$	-1	-1	-1	-1
cpue1f	data/cpuebet1_CombWB .csv	data/cpuebet1_CombWB .csv	data/cpuebet1_CombWB .csv	data/cpuebet1_CombWB .csv
catf\$	data/catbet1.csv	data/catbet1.csv	data/catbet1.csv	data/catbet1.csv
	General inputs	General inputs	General inputs	General inputs
bayesian	1	1	1	1
fletcher	0	0	0	0
F_iterate	1	1	1	1
implunc	0	0	0	0
isetcov	1	1	1	1
expand_imp	2	2	2	2
degf	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
lwted	10	6	6	10
nind	1	5	5	1
flydata%	1961	1961	1961	1961
lendydata%	2005	2005	2005	2005
lfyr	1950	1950	1950	1950
flyrobscat	1950	1950	1950	1950
lcour	2005	2005	2005	2006
	Parameter inputs	Parameter inputs	Parameter inputs	Parameter inputs
estn	0	0	0	0
ltranin	0	0	0	0
aminin	0	0	0	0
amaxin	0	0	0	0
estr	1	1	1	1
ltransr	0	0	0	0
aminr	0.1	0.1	0.1	0.1
amaxr	1.5	1.5	1.5	1.5
estcat0	0	0	0	0
ltranscat0	0	0	0	0
amincat0	0	0	0	0
amaxcat0	0	0	0	0
estk	1	1	1	1
ltransk	1	1	1	1
aminK	1.50E+05	1.50E+05	1.50E+05	1.50E+05
amaxk	2.50E+06	2.50E+06	2.50E+06	2.50E+06
estab0	1	1	1	1
ltransab0	0	0	0	0
aminab0	0.5	0.5	0.5	0.5
amaxab0	2	2	2	2
ltransig	1	1	1	1
aminisig	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05	1.00E-05
amaxisig	1	1	1	1
estq	0	0	0	0
ltransq	0	0	0	0
aminq	0	0	0	0
amaxq	0	0	0	0

parameter	ICCAT/BET 2007 Run 1 Combined Index (Base1) Weighted by Catch	ICCAT/BET 2007 BASE1 sep indices weighted by avg 1982-05 landings (B3)	ICCAT/BET 2007 BASE1 sep indices weighted by landings in each year	ICCAT/BET Projection 8 Iacs Combined Index (Base1) Weighted by Catch 120K mt 2006
	Set up projections	Set up projections	Set up projections	Set up projections
npol	4	4	4	8
60000	0	0	0	0
80000	0	0	0	0
85000				0
93275				0
95000				0
100000	0	0	0	0
105000				0
120000	0	0	0	0
iDocCly	1	1	1	1
lci	0.1	0.1	0.1	0.1
uci	0.9	0.9	0.9	0.9
binvar	1	1	1	1
lowbin	0.3	0.3	0.3	0.3
binwidth	0.2	0.2	0.2	0.2
lbins	4	4	4	4
tyr1	1	1	1	1
tyr2	5	5	5	5
ihz	15	15	15	15
refyear	1992	1992	1992	1992
	Set up priors	Set up priors	Set up priors	Set up priors
alphamean	1	1	1	1
alphasd	0.01	0.01	0.01	0.01
catmean	0	0	0	0
catsd	0	0	0	0
sigmaprior	0	0	0	0
sigmamed	0.1	0.1	0.1	0.1
sigmasd	0.5	0.6	0.5	0.5
rprior	1	1	1	1
armean	0.6	0.6	0.6	0.6
armean	0	0	0	0
avarn	0	0	0	0
avar	0.09	0.09	0.09	0.09
acovm	0	0	0	0
tddegf	0	0	0	0
logKprior	0	0	0	0
qprior	0	0	0	0
	end	end	end	end

Table 13. Bayesian surplus production model run input files (techinputs.txt).

Fmin	0.0000001
stepsize	0.000001
eps	0.0000001
maxlikefunc	10000

Table 14. Sample calculations to obtain weighting factors for input as CV's to the Bayesian production model.

JPN CPUE, Yield (Japan Central Fishing Area average weight)						
year	index	catch	CR	weight= 1/CR^5	Input wt to BSP	total landings
1982	1.277	33513	0.893	1.058	1	37523
1983	1.334	15212	0.737	1.165	1	20646
1984	1.287	24870	0.830	1.098	1	29968
1985	1.320	32103	0.821	1.104	1	39124
1986	1.409	23081	0.742	1.161	1	31102
1987	1.571	18961	0.733	1.168	1	25863
BRZ CPUE, (BRZ LL Cluster)						
year	index	catch	CR	weight= 1/CR^5	Input wt to BSP	total landings
1982	0.818	692	0.018	7.364	7	37523
1983	1.505	515	0.025	6.332	6	20646
1984	0.808	656	0.022	6.759	7	29968
1985	0.790	410	0.010	9.769	10	39124
1986	0.793	863	0.028	6.003	6	31102
	*weight = round(1/(catch/total)^2,0)					

Table 15. Table of input CPUE weights for separate.

	BASE5 sep indices weighted by avg landings for all contiguous years			BASE7 separate weighting by landings each year				BASE5 sep indices weighted by avg landings for all contiguous years			BASE7 separate weighting by landings each year		
Index	YEAR	INDEX	BSP WE	year	value	weight	Index	YEAR	INDEX	BSP WEIG	year	value	weight
Japanese Longline	1961	1.504	1	1961	1.504	1	US Longline	1982	3.345	8	1982	3.345	42
Japanese Longline	1962	1.512	1	1962	1.512	1	US Longline	1983	1.983	8	1983	1.983	15
Japanese Longline	1963	1.735	1	1963	1.735	1	US Longline	1984	1.632	8	1984	1.632	12
Japanese Longline	1964	1.453	1	1964	1.453	1	US Longline	1985	1.396	8	1985	1.396	14
Japanese Longline	1965	1.433	1	1965	1.433	1	US Longline	1986	1.840	8	1986	1.840	10
Japanese Longline	1966	1.497	1	1966	1.497	1	US Longline	1987	1.496	8	1987	1.496	8
Japanese Longline	1967	1.486	1	1967	1.486	2	US Longline	1988	1.442	8	1988	1.442	10
Japanese Longline	1968	1.790	1	1968	1.790	1	US Longline	1989	1.237	8	1989	1.237	11
Japanese Longline	1969	1.738	1	1969	1.738	2	US Longline	1990	0.965	8	1990	0.965	12
Japanese Longline	1970	1.602	1	1970	1.602	2	US Longline	1991	1.047	8	1991	1.047	11
Japanese Longline	1971	1.503	1	1971	1.503	2	US Longline	1992	0.646	8	1992	0.646	13
Japanese Longline	1972	1.582	1	1972	1.582	2	US Longline	1993	0.657	8	1993	0.657	12
Japanese Longline	1973	1.843	1	1973	1.843	2	US Longline	1994	0.583	8	1994	0.583	12
Japanese Longline	1974	1.900	1	1974	1.900	2	US Longline	1995	0.578	8	1995	0.578	11
Japanese Longline	1975	1.145	1	1975	1.145	2	US Longline	1996	0.533	8	1996	0.533	13
Japanese Longline	1976	1.186	1	1976	1.186	2	US Longline	1997	0.476	8	1997	0.476	12
Japanese Longline	1977	2.083	1	1977	2.083	2	US Longline	1998	0.590	8	1998	0.590	13
Japanese Longline	1978	1.667	1	1978	1.667	2	US Longline	1999	0.757	8	1999	0.757	12
Japanese Longline	1979	1.501	1	1979	1.501	2	US Longline	2000	0.593	8	2000	0.593	14
Japanese Longline	1980	1.637	1	1980	1.637	2	US Longline	2001	0.538	8	2001	0.538	12
Japanese Longline	1981	1.347	1	1981	1.347	2	US Longline	2002	0.602	8	2002	0.602	12
Japanese Longline	1982	1.277	1	1982	1.277	1	US Longline	2003	0.378	8	2003	0.378	18
Japanese Longline	1983	1.334	1	1983	1.334	2	US Longline	2004	0.271	8	2004	0.271	17
Japanese Longline	1984	1.287	1	1984	1.287	2	US Longline	2005	0.414	8	2005	0.414	15
Japanese Longline	1985	1.320	1	1985	1.320	2	US Longline	1978	1.183	6	1978	1.183	8
Japanese Longline	1986	1.409	1	1986	1.409	2	US Longline	1979	1.404	6	1979	1.404	8
Japanese Longline	1987	1.571	1	1987	1.571	2	US Longline	1980	1.992	6	1980	1.992	8
Japanese Longline	1988	1.537	1	1988	1.537	1	US Longline	1981	1.547	6	1981	1.547	8
Japanese Longline	1989	1.170	1	1989	1.170	1	Brazil Longline	1982	0.818	6	1982	0.818	8
Japanese Longline	1990	1.035	1	1990	1.035	2	Brazil Longline	1983	1.505	6	1983	1.505	8
Japanese Longline	1991	1.002	1	1991	1.002	2	Brazil Longline	1984	0.808	6	1984	0.808	8
Japanese Longline	1992	1.089	1	1992	1.089	2	Brazil Longline	1985	0.790	6	1985	0.790	8
Japanese Longline	1993	1.036	1	1993	1.036	2	Brazil Longline	1986	0.793	6	1986	0.793	8
Japanese Longline	1994	1.055	1	1994	1.055	2	Brazil Longline	1987	1.790	6	1987	1.790	8
Japanese Longline	1995	1.037	1	1995	1.037	2	Brazil Longline	1988	1.550	6	1988	1.550	8
Japanese Longline	1996	0.821	1	1996	0.821	2	Brazil Longline	1989	0.830	6	1989	0.830	8
Japanese Longline	1997	0.734	1	1997	0.734	2	Brazil Longline	1990	0.884	6	1990	0.884	8
Japanese Longline	1998	0.716	1	1998	0.716	2	Brazil Longline	1991	0.514	6	1991	0.514	8
Japanese Longline	1999	0.693	1	1999	0.693	2	Brazil Longline	1992	0.274	6	1992	0.274	8
Japanese Longline	2000	0.742	1	2000	0.742	2	Brazil Longline	1993	1.564	6	1993	1.564	8
Japanese Longline	2001	0.661	1	2001	0.661	2	Brazil Longline	1994	1.078	6	1994	1.078	8
Japanese Longline	2002	0.687	1	2002	0.687	2	Brazil Longline	1995	0.708	6	1995	0.708	8
Japanese Longline	2003	0.706	1	2003	0.706	2	Brazil Longline	1996	0.880	6	1996	0.880	8
Japanese Longline	2004	0.537	1	2004	0.537	2	Brazil Longline	1997	1.939	6	1997	1.939	8
Japanese Longline	2005	0.544	1	2005	0.544	2	Brazil Longline	1998	0.752	6	1998	0.752	8
Taiwan Longline	1981	1.621	2	1981	1.621	6	Brazil Longline	1999	1.148	6	1999	1.148	8
Taiwan Longline	1982	1.269	2	1982	1.269	6	Brazil Longline	2000	1.744	6	2000	1.744	8
Taiwan Longline	1983	1.093	2	1983	1.093	6	Brazil Longline	2001	1.091	6	2001	1.091	8
Taiwan Longline	1984	1.438	2	1984	1.438	9	Brazil Longline	2002	0.714	6	2002	0.714	8
Taiwan Longline	1985	1.023	2	1985	1.023	8	Brazil Longline	2003	0.638	6	2003	0.638	8
Taiwan Longline	1986	0.865	2	1986	0.865	8	Brazil Longline	2004	0.678	6	2004	0.678	8
Taiwan Longline	1987	1.144	2	1987	1.144	6	Brazil Longline	2005	0.510	6	2005	0.510	8
Taiwan Longline	1988	0.821	2	1988	0.821	7	Azores Baitboa	1970	2.577	4	1970	2.577	4
Taiwan Longline	1989	0.870	2	1989	0.870	9	Azores Baitboa	1971	1.694	4	1971	1.694	8
Taiwan Longline	1990	0.816	2	1990	0.816	4	Azores Baitboa	1972	2.052	4	1972	2.052	8
Taiwan Longline	1991	0.906	2	1991	0.906	3	Azores Baitboa	1973	2.865	4	1973	2.865	8
Taiwan Longline	1992	0.890	2	1992	0.890	3	Azores Baitboa	1974	3.386	4	1974	3.386	8
Taiwan Longline	1993	1.258	2	1993	1.258	3	Azores Baitboa	1975	2.440	4	1975	2.440	8
Taiwan Longline	1994	1.241	2	1994	1.241	3	Azores Baitboa	1976	1.271	4	1976	1.271	8
Taiwan Longline	1995	1.254	2	1995	1.254	3	Azores Baitboa	1977	0.767	4	1977	0.767	8
Taiwan Longline	1996	1.236	2	1996	1.236	2	Azores Baitboa	1978	1.257	4	1978	1.257	8
Taiwan Longline	1997	0.803	2	1997	0.803	2	Azores Baitboa	1979	2.341	4	1979	2.341	8
Taiwan Longline	1998	0.615	2	1998	0.615	3	Azores Baitboa	1980	0.944	4	1980	0.944	8
Taiwan Longline	1999	0.704	2	1999	0.704	3	Azores Baitboa	1981	0.618	4	1981	0.618	8
Taiwan Longline	2000	0.778	2	2000	0.778	2	Azores Baitboa	1982	0.430	4	1982	0.430	8
Taiwan Longline	2001	0.891	2	2001	0.891	2	Azores Baitboa	1983	3.073	4	1983	3.073	8
Taiwan Longline	2002	1.181	2	2002	1.181	2	Azores Baitboa	1984	1.792	4	1984	1.792	8
Taiwan Longline	2003	0.827	2	2003	0.827	2	Azores Baitboa	1985	2.828	4	1985	2.828	8
Taiwan Longline	2004	1.073	2	2004	1.073	2	Azores Baitboa	1986	2.393	4	1986	2.393	8
Taiwan Longline	2005	1.003	2	2005	1.003	2	Azores Baitboa	1987	1.907	4	1987	1.907	8
							Azores Baitboa	1988	0.633	4	1988	0.633	8
							Azores Baitboa	1989	0.853	4	1989	0.853	8
							Azores Baitboa	1990	1.115	4	1990	1.115	8
							Azores Baitboa	1991	0.704	4	1991	0.704	8
							Azores Baitboa	1992	0.605	4	1992	0.605	8
							Azores Baitboa	1993	0.881	4	1993	0.881	8
							Azores Baitboa	1994	0.801	4	1994	0.801	8
							Azores Baitboa	1995	1.379	4	1995	1.379	8
							Azores Baitboa	1996	1.119	4	1996	1.119	8
							Azores Baitboa	1997	0.946	4	1997	0.946	8
							Azores Baitboa	1998	0.909	4	1998	0.909	8
							Azores Baitboa	1999	0.180	4	1999	0.180	8
							Azores Baitboa	2000	0.189	4	2000	0.189	8
							Azores Baitboa	2001	0.087	4	2001	0.087	8
							Azores Baitboa	2002	0.556	4	2002	0.556	8
							Azores Baitboa	2003	0.054	4	2003	0.054	8
							Azores Baitboa	2004	0.178	4	2004	0.178	8
							Azores Baitboa	2005	0.386	4	2005	0.386	8

Table 16. Catch-at-age matrix used for the VPA analyses.

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7
1975	589211	289149	372539	258165	254018	157500	83913	105436
1976	1575076	605755	201452	171404	155975	112651	66649	60990
1977	1482769	604944	317358	238718	201115	140815	73074	59303
1978	941840	867734	332376	221288	174877	108451	63051	73511
1979	817531	554127	376538	185955	150945	91538	55279	65761
1980	1422745	955975	288703	432701	244283	133656	69273	59887
1981	3211996	1080360	350774	332323	302661	138703	60510	49652
1982	1919348	1141704	310549	420736	328797	180500	83063	59911
1983	2120671	1208834	350722	269556	245065	124332	53550	51619
1984	1906075	1609367	498120	376862	285985	153703	59390	47547
1985	1588352	1075641	478824	378365	346633	214835	91338	55274
1986	1957949	1326632	363360	323348	265060	149745	68602	44552
1987	1424675	648750	253009	302639	250048	179070	67538	34223
1988	1614959	497683	402663	407256	351530	148039	59826	39118
1989	2258892	833334	271008	434569	399506	211593	90835	57000
1990	3726238	921433	473580	487936	405068	202252	78597	31274
1991	4230681	1389051	561424	461951	525623	271580	64112	33801
1992	3788836	1805974	627894	664060	440262	196878	77921	51712
1993	5222810	2236757	841750	523777	412467	236543	100480	73516
1994	6148699	2226955	933468	654692	380540	279529	129291	116678
1995	5501992	2461582	752945	708551	370239	239633	127365	130665
1996	6396962	2245136	658814	524501	394057	270687	143798	141220
1997	6498121	1961366	516859	531288	536266	202136	100293	83828
1998	6873028	2033993	630590	524860	464688	213558	90407	78854
1999	7545738	4368822	900208	708723	372846	213310	104312	76641
2000	4673771	2310151	814821	639945	369582	149718	73858	94034
2001	6261131	1980743	478541	517669	354448	171410	57905	57379
2002	4635551	2020317	303104	316984	304903	191171	76124	67758
2003	6263456	2768637	303910	282447	331392	323371	95851	54465
2004	8071991	2189191	288225	220521	297153	218208	101300	44399
2005	6174131	1828414	276239	236522	223884	212749	77058	32274

Table 17. Fleet-specific partial catches used to estimate vulnerability. Missing years indicate zero catch.

A) CHINESE TAIPEI LL								
YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1981	128.2	2470.8	4713.3	11462.85	12483.95	5785.9	2078.9	1641.34
1982	395.74	2780.2	9668.82	17040.59	14430.09	5454.92	1880.82	884.02
1983	12.36	1558.18	3898.78	9371.35	13668.97	5048.88	1607.73	1057.41
1984	146.06	925.92	2487.8	4971.59	5945.84	3695.52	1031.12	553.87
1985	15.66	1264.88	4650.36	6957.31	8714.45	4930.49	861.23	619.42
1986	114.55	525.67	3694.58	12637.62	8111.84	2540.44	273.17	120.47
1987	30.6	4494.74	7637.86	10099.22	11144.94	4464.15	626.82	229.39
1988	0	383.26	1464.65	6351.38	16562.75	4763.49	506.47	109.5
1989	99.92	470.94	965.71	5637.28	9005.35	2449.97	618.41	209.3
1990	15.26	2242.86	21924.61	45908.97	43162.63	13769.59	3326.08	572.18
1991	0	4028.32	19694.05	61711.53	137634.1	74132.2	6378.19	1566.6
1992	0	4207.68	58053.69	142255.3	88077.18	18823.99	3669.91	2040.58
1993	6187.12	17203.52	55450.75	100971.2	85280.53	37529.6	7040.5	5042.82
1994	2906.26	24062.86	114407.5	167400.3	93375.98	58227.18	16937.72	8718.83
1995	3568.67	17718.81	65893.92	185369	94321.32	40155.14	16179.08	6108.47
1996	2640.39	21093.25	97496.86	139870.7	120741.2	72445.92	29667.19	18048.05
1997	0	7797.72	67274.9	116309.7	176357	53270.39	18712.48	11452.26
1998	23.28	17994.74	100625.5	108457.9	115839.9	46582.93	14010.56	6624.79
1999	34.09	24450.93	141895.6	128536.9	72919.12	45085.92	22735.44	13387.8
2000	3561.77	38330.93	178153.7	151129.7	72098.18	23842.58	14437.24	19461.64
2001	8449.51	30747.85	56965.76	111285.3	110255.7	48081.49	11042.36	12826.88
2002	22.3	767.38	30686.44	82304.24	113718	85643.72	29249.83	28138.94
2003	3.84	230.36	10195.9	61720.71	120280.1	147827.5	38549.52	19136.59
2004	0	239.16	8243.34	48654.51	117583.1	84859.18	35753.48	18726.26
2005	0	117.26	2480.75	32687.55	90599.71	54944.56	21635.33	11565.44
B) US PELAGIC LONGLINE								
YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1986	4.39	305.16	4370.48	7862.9	3878.76	1508.11	515.93	252.58
1987	91	1102.93	3518.22	8190.36	4754	1474.2	578.76	251.16
1988	32.81	1319.02	5960.8	6848.91	4398.97	1139.62	233.98	129.08
1989	21.26	930.75	4406.69	6139	3606.81	1251.32	287.92	96.58
1990	22.2	693.91	5635.31	4436.94	3074.35	1004.6	269.33	100.64
1991	9.04	912.65	4942.82	10351	4432.26	1369.01	372.02	134.09
1992	102	1174.76	6076.37	4462.49	2945.83	980.4	348	183.6
1993	16.66	709.38	10769.7	9625.88	3032.86	798.61	193.97	83.3
1994	52.35	1312.3	8256.1	11368.84	4093.95	932.5	355.44	260.49
1995	51.91	1199.66	11299.7	8501.61	4726.79	1528.85	586.33	388.14
1996	58.74	1425.94	7107.88	10877.61	2543.23	534.1	102.45	36.97
1997	72.78	4255.74	11016.21	8217.39	3862.77	455.58	74.28	26.28
1998	42.81	1279.76	9528.7	7643.73	2893.93	705.79	82.18	42.84
1999	27.6	1170.27	6642.51	14128.79	4067.85	853.36	147.6	27.6
2000	11.49	970.31	5052.65	5942.58	3059.1	664.83	155	62.06
2001	9.36	546.67	5253.4	9050.5	3206.61	845.98	189.84	78.74
2002	14.51	548.48	4629.14	4819.88	3951.75	725.17	129.44	50.28
2003	2.7	503.44	2313.03	2687.9	1319.14	661.17	169.51	103.41
2004	1.02	539.03	3264.44	2204.76	1729.34	566.56	133.37	44.69
2005	2.04	430.24	2184.28	3949.02	1457.38	444.77	117.18	50.15

C) JAPAN LONGLINE (Central Atl)

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	1078.66	10304.74	23474.47	57691.15	68340.07	44526.75	27751.26	40550.68
1976	4.65	1259.17	8921.16	17116.55	19057.65	17465.13	11182.1	7929.85
1977	6.44	2189.58	19871.61	34696.55	28918.95	23443.14	15541.2	9847.87
1978	27.98	3156.92	18426.59	42895.38	33571.88	21136.15	10639.26	6447.4
1979	34.62	17071.08	57901.22	51328.88	36326.35	19999.76	11035.23	7555.62
1980	143.15	19309.43	59052.42	107868	63791.72	29534.89	16197.47	15549
1981	222.42	14149.6	55855.65	82343.06	85817.1	33494.5	14001.39	10159.28
1982	3999.23	34890.83	77695.46	176938.3	119538.6	76023.23	40402.48	40752.78
1983	520.98	6983.42	39820.9	64676.49	51911.31	34904.73	19315.16	21028.61
1984	50.76	17110.7	77985.94	117145.7	94809.25	56999.37	28719.96	28941.96
1985	304.62	20289.52	106095.5	160646.8	131171	80512.27	38852.26	28632.28
1986	285.92	12161.36	44870.72	101209.7	98383.14	59899.68	32890.66	26442.18
1987	47.21	8408.85	55811.59	115859.7	91868.65	43498.05	19881.14	13610.5
1988	29.45	19372.93	115325.2	191016.1	158414.1	76527.29	38358.08	26016.43
1989	6.86	14404.88	74599.79	190460.2	187617.1	116239.2	58797.92	41459.93
1990	19.05	28702.59	106325.8	186802.6	171459.8	115740.5	50057.45	22181.01
1991	6.7	6663.84	79277.15	146494.8	141671.6	84057.07	39102.61	23386.93
1992	163.8	16292.22	86789.68	145960.5	151797.5	110232.7	51983.85	37416.17
1993	11748.79	36789.57	57587.64	117795.6	170935.3	128934.7	64048.8	45750.18
1994	243.29	11279.77	37662.45	117058.5	131576.5	117137.2	67464.41	72248.22
1995	495.1	16930.52	29120.95	66085.46	102073.3	115547.8	68358.7	89247.18
1996	40.42	5771.96	41498.25	95323.36	111337.6	94209.61	61945.66	76632.42
1997	0	1109.56	32106.38	132840.5	115883.4	64230.48	44629.05	48367.69
1998	133.96	10961.54	67853.85	101646.7	97613.72	58125.52	36186.31	38460.34
1999	19.44	6445.96	40782.97	111205.4	88906.34	54675.26	25793.72	26554.63
2000	24.78	2012.74	50001.54	122391.8	122486.5	67298.76	29032.39	36970.38
2001	26.29	1883.93	37080.17	85037.05	75494.17	57211.62	24019.06	18387.07
2002	0	5570.26	30349.98	62823.32	64915.95	46565.2	22490.35	19229.54
2003	0	298.86	15635.15	66722.89	79819.15	91372.51	24981.12	9090.4
2004	20.92	134.44	1934.1	12652.96	62205.3	72081.55	39850.05	14756.3
2005	0	109.08	603.76	20896.64	25393.83	86397.97	26637.47	5973.57

D) BRAZIL LL

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1978	0	0	191.56	987.32	1659.34	2312.58	1612.79	2735.81
1979	0	0	168.16	865.91	1482.28	2079.47	1442.41	2412.49
1980	0	25.12	327.68	917.05	1368.85	1386.52	1110.44	2505.04
1981	0	33.79	1574.07	2574.66	1424.25	939.03	842.85	1032.09
1982	0	63.93	916.53	1811.89	2192.45	1789.9	1307.6	2190.58
1983	0	298.13	1564.33	1316.9	1889.15	1455.3	711.37	1521.83
1984	0	88.29	354.27	2318.06	2147.88	2299.04	1215	1901.64
1985	49.28	502.82	2139	1549.46	2675.6	880.89	437.45	575.39
1986	0	7.12	3604.92	8841.28	2659.69	2168.32	1086.87	1220.99
1987	0	589.98	1109.2	1950.22	5013.53	2439.25	1696.6	948.28
1988	289.35	2380.43	5565.56	3422.79	3679.55	3466.79	1735.3	1238.93
1989	154	1287.14	3017.37	1965.98	2052.59	1763.8	916.97	698.35
1990	175.82	1464.73	3661.53	2334.65	2326.07	2016.7	1015.12	814.84
1991	77.5	698.57	1713.42	1848.16	1542.58	1118.24	533.27	510.96
1992	5.19	1767.64	15265.63	10984.28	1156.51	295.83	124.56	67.47
1993	0	2218.74	6497.73	7353.5	5863.79	2725.91	2060.27	1743.36
1994	153.99	2095.93	5932.78	1924.81	1633.94	1497.04	838.34	1244.66
1995	499.94	6804.76	19261.62	6249.26	5304.94	4860.53	2721.89	4041.17
1996	441.03	6002.91	16992	5512.88	4679.83	4287.8	2401.14	3564.85
1997	319.61	4350.12	12313.48	3994.99	3391.28	3107.23	1740.04	2583.56
1998	166.38	2264.75	6410.57	2079.86	1765.59	1617.7	905.9	1344.93
1999	231.2	3144.46	12138.56	15398.73	9826.46	4924.82	2080.85	1086.64
2000	0	2132.82	13047.72	23523.53	17626.95	3512.86	1254.6	627.3
2001	0	1956.44	11968.86	21578.47	16169.47	3222.38	1150.88	575.44
2002	0	1993.3	12194.18	21984.66	16473.84	3283.06	1172.52	586.26
2003	0	1833.38	11164.25	20113.32	15124.73	3070.05	1103.44	551.73
2004	42	1565.82	5940.05	9319.57	7414.8	3279.91	1443.8	699.47
2005	234.08	6468.34	5307.21	5339.55	3772.31	3087.15	1400.61	955.54

E) AZORES BB

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	0	5404.08	72504.96	8831.67	2451.85	175.14	0	0
1976	0	2904.18	38963.9	4746.12	1317.67	94.13	0	0
1977	0	2814.3	37758.84	4599.34	1276.85	91.21	0	0
1978	0	7661.52	102792.4	12520.93	3476.06	248.29	0	0
1979	0	7095.66	95200.4	11596.17	3219.32	229.95	0	0
1980	414.78	4700.84	9332.61	39750.17	16383.97	7396.97	3733.04	3179.98
1981	829.84	2212.86	24464.56	25402	11171.95	3795.72	4010.86	2581.67
1982	6795.09	19101.13	16390.26	13893.44	3602.65	285.35	0	0
1983	1729.9	18484.98	30198.7	27974.62	22537.82	3187.96	494.27	123.55
1984	4880.19	46971.79	28671.09	27843.21	11503.3	8061.03	1220.05	87.14
1985	10528.63	182389.2	65745.17	15019.19	13102.05	9972.45	4000.02	2379.98
1986	20273.8	346278.1	81699.45	13983.81	9143.5	558.47	97.65	24.4
1987	5108.69	23882.85	13500.65	17075.44	19762.85	12714.66	6217.9	4753.77
1988	8733.34	26729.3	17113.8	5028.35	1499.69	0	0	0
1989	1680.85	21899.93	28902.12	37517.19	13188.47	1513.46	222.88	24.34
1990	3053.44	21856.52	33918.65	30300.35	21189.8	5980.17	1464.13	528.84
1991	25179.87	55329.49	24100.35	19013.22	16000.5	5260.98	2268.7	660.79
1992	8054.26	44103.54	38970.85	19506.8	8332.16	3537.64	531.45	0
1993	26756.79	70965.73	69339.04	35485.95	7851.93	2883.78	1394.25	283.73
1994	19525.97	56867.57	30274.97	13333.51	3983.32	1003.62	0	0
1995	3841.77	89752.11	94613.07	43466.01	11269.56	2302.56	690.47	130.13
1996	24519.28	43629.06	23979.06	11004.2	4881.5	1387.29	606.1	525.55
1997	8580.63	50153.71	68669.59	20696.33	3765.86	514.4	14.4	0
1998	163.47	34871.81	121090.3	44092.92	6832.11	75.69	31.54	0
1999	4903.1	21129.46	67508.98	20296.77	640.03	150.72	58.62	0
2000	51.8	3973.6	22062.23	12798.19	2429.87	174.95	31.11	26.51
2001	4167.92	21256.54	16728.02	20153.3	2363.48	33.08	0	16.54
2002	0	1178.64	27337.48	20265.54	7558.64	970.06	0	0
2003	176.05	2684.95	10647.13	11859.18	677.53	34.6	0	12.58
2004	9067.56	38274.02	39142.67	17494.47	4424.4	409.48	0	14.52
2005	6875.55	22277.56	57448.82	29852.32	7508.18	976.68	0	0

F) EU PS FAD

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1991	1950238	684054	134268	31396	4074	324	170	380
1992	2368870	1004386	139953	38093	5124	1695	692	189
1993	3219264	1389132	293545	61827	10102	2109	602	899
1994	4051085	1349927	282818	70593	10776	2672	1495	884
1995	3325732	1401424	203544	48503	6814	2933	2580	2064
1996	4012464	1281942	241337	51104	7180	2450	1115	368
1997	2989653	895147	99650	18075	3009	716	430	366
1998	2609882	526544	43638	9868	1661	176	159	252
1999	2544440	678278	70853	26905	5429	466	472	467
2000	2354660	674200	62058	9001	1653	261	49	34
2001	1978162	645590	109236	27869	6301	1246	179	113
2002	2526445	647817	63409	16533	2109	317	84	36
2003	2357357	768073	78791	17817	1509	366	136	133
2004	1830915	578511	71144	16564	2882	242	78	62
2005	1930055	387985	47500	8638	2223	878	452	211

Table 18. Fleet-specific weight-at-age matrices used for biomass based indices.

A) AZORES BB

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7
1975	3.9663	10.2875	18.5567	29.0276	44.9406	59.8909	82.5949	108.1537
1976	3.9663	10.2875	18.5567	29.0277	44.9407	59.891	82.5949	108.1537
1977	3.9663	10.2875	18.5567	29.0277	44.9406	59.8909	82.5949	108.1537
1978	3.9663	10.2875	18.5567	29.0277	44.9406	59.8909	82.5949	108.1537
1979	3.9663	10.2875	18.5567	29.0277	44.9406	59.8909	82.5949	108.1537
1980	3.7157	9.6425	18.3701	33.5117	45.0434	65.6023	83.8097	111.7176
1981	3.2615	6.5802	18.1585	30.5277	46.107	67.4114	83.1365	106.0953
1982	4.4383	8.5712	19.127	30.207	46.6062	61.1644	82.5949	108.1537
1983	3.8794	9.142	18.7584	33.1775	47.0323	66.1956	81.4424	100.3025
1984	4.1954	7.796	19.0384	31.3459	48.8424	63.6959	79.6167	98.5229
1985	4.0158	8.6973	14.3384	33.108	46.8949	65.5265	82.3102	96.1116
1986	4.1108	8.6574	14.7938	32.7789	45.984	70.961	84.0876	120.6432
1987	2.5474	8.8822	17.7331	33.0056	47.6827	66.0827	82.1956	107.4429
1988	3.9892	6.5593	18.373	31.8768	44.3989	64.4838	82.5949	108.1537
1989	5.0533	10.7137	20.125	31.5033	45.4722	62.1534	79.2983	117.2074
1990	3.9766	9.5459	19.2809	31.9747	46.7245	65.2319	82.7713	109.6217
1991	4.2507	8.2784	18.223	32.9632	46.8074	64.7926	81.0834	102.5878
1992	4.5349	8.6209	18.1777	31.8432	49.529	67.5829	84.0814	108.1537
1993	3.77	9.222	19.4481	32.0902	51.4109	71.3683	87.5184	105.6592
1994	4.299	8.7606	19.0443	33.0064	51.6439	67.6246	82.5949	108.1537
1995	3.7647	9.3475	19.2172	32.4496	50.7604	70.1898	90.1621	109.6935
1996	3.7767	9.4873	18.7115	32.1056	48.2913	67.2681	84.2425	105.9515
1997	4.3505	9.465	17.614	30.2225	45.0386	62.5766	75.8522	108.1537
1998	6.007	9.9021	18.0557	30.4057	44.338	60.4956	85.0877	108.1537
1999	3.4586	8.0471	17.4961	29.7481	42.2376	67.1589	79.3585	108.1537
2000	3.0327	9.2236	18.1202	30.4587	45.5844	62.9286	80.6529	113.934
2001	3.3398	4.8067	20.9017	30.34	46.4049	64.609	82.5949	102.0885
2002	3.9663	11.7533	20.6519	32.3639	45.8448	60.8849	82.5949	108.1537
2003	3.5137	10.3593	20.9244	33.081	46.8777	66.5716	82.5949	125.2945
2004	4.0493	8.9205	19.0557	31.0439	47.6546	62.5676	82.5949	105.7387
2005	3.8251	8.084	19.4931	31.8742	48.5398	64.4147	82.5949	108.1537

B) EU PS FAD

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7
1991	2.3597	5.6306	16.8345	29.5612	47.9008	64.3505	90.5147	104.2068
1992	2.4047	4.7889	16.0859	29.5057	46.6607	68.7837	85.8862	102.4349
1993	2.4757	4.8627	15.2889	28.2972	44.7804	65.5146	84.8058	114.6938
1994	2.5182	5.989	16.4784	29.2078	45.0754	63.8898	82.8582	102.2177
1995	2.3435	5.5475	15.864	28.4592	44.7345	66.0957	82.4844	102.6523
1996	2.2464	4.9026	16.1009	29.5236	47.8852	68.3646	86.2772	106.4766
1997	2.1202	4.5553	17.0741	30.987	47.9723	64.6738	83.6574	101.9911
1998	2.3997	4.9525	18.3208	30.8021	46.6729	69.0698	88.8481	115.1493
1999	2.4551	5.3092	18.4579	31.4886	47.8192	69.4143	86.3329	108.0791
2000	2.3722	4.7884	15.5461	28.928	44.9628	60.2297	85.6421	99.3856
2001	2.3579	5.1441	16.1863	30.1683	45.4717	66.7201	83.3314	106.0683
2002	2.385	5.049	16.359	29.5219	43.3204	60.1949	85.1497	100.5437
2003	2.3201	4.6446	15.8976	28.6441	43.2735	62.7606	81.9944	115.9439
2004	2.2825	4.8134	17.3297	30.2941	46.8207	64.9227	83.7355	114.0114
2005	2.2707	5.0212	17.028	30.5315	45.8565	66.8422	82.4978	113.0326

Table 19. Parameter specification for the VPA-2BOX base case.

```

=====
#
# TERMINAL F PARAMETERS: (lower bound, best estimate, upper bound, indicator, reference age)
#
0.1      0.9725      3      0      1      Age 0
0.1      0.2        3      1      1      Age 1
0.1      0.4593     3      0      4      Age 2
0.1      0.7151     3      0      4      Age 3
0.1      0.2        3      1      4      Age 4
0.1      0.2        3      1      5      Age 5
0.1      0.2        3      1      6      Age 6
=====
#
# F-RATIO PARAMETERS F{oldest}/F{oldest-1} one parameter (set of specifications) for each year
#
$1      0.01      1      7      1      0.2      5      estimated
$30     0.01      1      7      3      0.2      2005 random walk
=====
#
# NATURAL MORTALITY PARAMETERS: one parameter (set of specifications) for each age
#
$2      0      0.8      1      0      0.1
$6      0      0.4      1      0      0.1
=====
#
# MIXING PARAMETERS: one parameter (set of specifications) for each age
#
$ 8 0 0.0 1.0 0 .1
=====
#
# STOCK-RECRUITMENT PARAMETERS: five parameters so 5 sets of specifications
#
0      220982.5      1.D20      0      0.4      maximum recruitment
0      16441.44      1.D20      0      0      spawning biomass scaling parameter
0      0      0.9      0      0      extra parameter (not used yet)
0      0.5      1      0      0      autocorrelation parameter
0      10      1000      0      0      (0.3464) (discounting the autocorrelation)
=====
#
# 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 0.4000D+00 Index 1
0.0000D+00 0.1000D+01 0.1000D+21 0 0.4000D+00 Index 2
0.0000D+00 0.1000D+01 0.1000D+21 0 0.4000D+00 Index 3
0.0000D+00 0.1000D+01 0.1000D+21 0 0.4000D+00 Index 4
0.0000D+00 0.1000D+01 0.1000D+21 0 0.4000D+00 Index 5
0.0000D+00 0.1000D+01 0.1000D+21 0 0.4000D+00 Index 6
@ END PARAMETER INPUT

```

Table. 20 Prodfit results according to the different assumptions on the abundance index, the shape of the model and the number of age groups in the fishery k.

AI1- Combined Index not weighted, 2007				
	estimated m	MSY (1000t)	F/MSY	Y2005/MSY
m=1, k=5		113,0	1,06	0,63
m=2, k=5		111,4	0,81	0,64
Best fit, k=5	1,5527	110,1	0,87	0,65
Best fit, k=8	1,9486	112,2	0,79	0,63

AI2- Combined Index weighted, 2007				
	estimated m	MSY (1000t)	F/MSY	Y2005/MSY
m=1, k=5		119,6	1,59	0,59
m=2, k=5		113,0	1,16	0,63
Best fit, k=5	1,9962	113,0	1,15	0,63
Best fit, k=8	2,6352	116,0	0,98	0,61

AI-3 (combined without Taiwan, weighted)				
	estimated m	MSY (1000t)	F/MSY	Y2005/MSY
m=1, k=5		119,0	1,19	0,60
m=2, k=5		113,5	0,88	0,63
Best fit, k=5	2,1515	114,0	0,86	0,62
Best fit, k=8	2,7644	118,1	0,80	0,60

Table 21. Management benchmarks estimated by the Bayesian surplus production model for the base cases and sensitivity runs. Note that in the separate index runs no sigma was estimated for the indices.

RUN	statistic	K	r	MSY	B(2005)	B(2005)/K	B1950	B(2005)/B (1950)	C(2005)/MSY	Sigma	F(2005)/F _{msy}	B(2005)/B _{msy}	C(2005)/Rep Yield	B _{msy}	Replacement Yield
Continuity case	Estimate	758,132	0.561	97,186	360,988	0.482	757,494	0.483	0.795	0.026	0.840	0.964	0.806	379,066	95,958
BASE1, all indices	Estimate	840,438	0.471	93,275	403,446	0.486	839,755	0.486	0.764	0.025	0.798	0.972	0.773	420,219	92,213
BASE3, Sep indices = wt	Estimate	877,016	0.420	86,194	259,677	0.300	876,280	0.300	0.828	0.228	1.436	0.599	1.015	438,508	71,605
BASE5, sep indices, weighted by avg landings 82-05	Estimate	885,091	0.517	108,822	525,385	0.583	884,459	0.583	0.682	NA	0.700	1.165	0.812	442,546	88,938
BASE7, Sep indices weighted by landings in each year	Estimate	1,035,484	0.574	144,579	790,767	0.747	1,034,818	0.748	0.536	NA	0.419	1.494	0.817	517,742	87,746
SENS1, No TAI	Estimate	901,569	0.407	86,637	306,143	0.342	900,770	0.343	0.823	0.024	1.224	0.685	0.926	450,785	77,594
SENS3, Only TAI	Estimate	1,506,215	0.552	201,795	1,300,174	0.850	1,505,597	0.850	0.397	0.057	0.242	1.700	0.824	753,107	86,447
SENS5, COMB, NO AZORES	Estimate	841,246	0.472	94,224	421,317	0.506	840,547	0.507	0.756	0.022	0.756	1.013	0.763	420,623	93,292
SENS10, Removed the last two Taiwan indices	Estimate	945,234	0.387	86,859	357,999	0.382	944,488	0.382	0.821	0.029	1.097	0.763	0.882	472,617	81,332

Continuity case	Std. Dev	202,110	0.190	6,507	89,331	0.054	202,181	0.054	0.054	0.006	0.146	0.108	0.062	101,055	6,945
BASE1, all indices	Std. Dev	180,851	0.128	4,930	75,239	0.052	180,928	0.052	0.041	0.006	0.124	0.104	0.046	90,425	5,281
BASE3, Sep indices = wt	Std. Dev	189,564	0.128	6,263	61,770	0.053	189,650	0.053	0.061	0.028	0.324	0.107	0.157	94,782	10,568
BASE5, sep indices, weighted by avg landings 82-05	Std. Dev	224,303	0.150	27,439	243,361	0.175	224,349	0.175	0.123	NA	0.431	0.350	0.140	112,151	9,512
BASE7, Sep indices weighted by landings in each year	Std. Dev	275,182	0.153	46,558	306,260	0.149	275,088	0.149	0.149	NA	0.390	0.298	0.144	137,591	6,758
SENS1, No TAI	Std. Dev	184,712	0.112	5,583	61,052	0.041	184,708	0.041	0.054	0.006	0.200	0.082	0.099	92,356	8,130
SENS3, Only TAI	Std. Dev	464,020	0.148	72,851	463,184	0.072	464,131	0.072	0.133	0.016	0.106	0.145	0.041	232,010	4,286
SENS5, COMB, NO AZORES	Std. Dev	172,126	0.121	4,611	73,810	0.049	172,136	0.049	0.037	0.005	0.108	0.098	0.037	86,063	4,386
SENS10, Removed the last two Taiwan indices	Std. Dev	186,877	0.101	5,351	71,604	0.048	186,881	0.048	0.051	0.007	0.186	0.095	0.087	93,438	7,781

Table 22. Input parameters and CPUE indices of each ASPIC run (point estimate). Each parameter except for CPUE corresponds to that in the first to 24nd line of ASPIC input files.

<i>Model, parameter</i>	<i>Line number</i>	<i>Base case combined index</i>	<i>Base case combined index</i>	<i>Base case combined index</i>	<i>Base case separated index</i>	<i>Base case separated index</i>
Run number		Run01	Run02	Run03	Run04	Run05
Model of operation	1	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Comment	2	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET2007AllCPUEcom bined	BET2007AllCPUEcombi ned	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K
Error type	3	GENFIT YLD SSE 10 75 50	LOGISTIC YLD SSE	LOGISTIC YLD SSE	GENFIT YLD SSE 25 75 50	LOGISTIC YLD SSE 25 75 50
		8.0			8.0	8.0
Verbosity	4	2	0	0	2	2
Number of bootstrap trials	5	0	0	0	0	0
Monte Carlo searching	6	2 30000	0 50000	0 50000	2 30000	2 30000
Convergence criterion for optimizer	7	1d-08	1.00000d-08	1.00000d-08	1d-08	1d-08
Restart control	8	3d-08 6	3.00000d-08 6	3.00000d-08 6	3d-08 6	3d-08 6
Control of iterative computations	9	1d-444	1.00000d-04 0	1.00000d-04 0	1d-424	1d-440
Maximum estimated F	10	8d0	8.00000d00	8.00000d00	8d0	8d0
Statistical weight for B ₁ penalty in objective function	11	0d0	0d0	0d0	0d0	0d0
Number of data series	12	1	1	1	6	6
Series-specific statistical weights	13	1.0 1.0	1.00000d00	1.00000d00	1 0.421049555 0.022661385 0.046140594 0.090868834 1.820816311	1 0.421049555 0.022661385 0.046140594 0.090868834 1.820816311
Starting guess for B ₁ /K	14	1.000	1.00000d00	1.00000d00	1.000	1
Starting guess for MSY	15	87,500.000	8.75000d04	8.75000d04	6d4	5d4
Starting guess for K	16	3d5	1.00000d06	1.00000d06	4d5	4d5
Starting guess for q	17	0.0000028	1.80000d-06	1.80000d-06	0.000003 0.000003 0.000003 0.000003 0.000004	0.000004 0.000004 0.000004 0.000004 0.000004 0.000004
Flags to estimate (or fix) individual parameters	18	0 1 1 1	0 1 1 1	1 1 1 1	0 1 1 1 1 1 1 1	0 1 1 1 1 1 1 1
Bounds on MSY	19	1.0d4 5.0d5	1.00000d04 5.00000d05	1.00000d04 5.00000d05	1.0d1 5.0d6	1.0d2 5.0d6
Bounds on K	20	1.0d5 4.0d7	1.00000d05 4.00000d06	1.00000d05 4.00000d06	1001 8.0d7	1001 8.0d7
Random number seed	21	6,745,249	6,745,249	6,745,249	922738	922,738
Number of years in data set	22	56	56	56	56	56
Title	23	CC	CC	CC	CC	CC
Data series	24	BET CPUE, Yield (All index)'	"Series 1"	"Series 1"	JPN CPUE, Yield (All index separate)'	JPN CPUE, Yield (All index separate)'
CPUE(s) used	-	JP, TW, US, BR, AZ Combined	JP, TW, US, BR, AZ Combined	JP, TW, US, BR, AZ Combined	JP, TW, US, BR, AZ Separated	JP, TW, US, BR, AZ Separated

Table 22. (Continued) Input parameters and CPUE indices of each ASPIC run (point estimate).

<i>Model, parameter</i>	<i>Line number</i>	<i>Base case separated index equal weighting</i>	<i>Base case separated index equal weighting</i>	<i>Sensitivity without Taiwanese CPUE</i>	<i>Sensitivity without Taiwanese CPUE</i>	<i>Sensitivity Taiwanese CPUE only</i>
Run number		Run06	Run07	Run08	Run09	Run10
Model of operation	1	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Comment	2	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K
Error type	3	GENFIT YLD SSE 25 75 50	LOGISTIC YLD SSE 25 75	GENFIT YLD SSE 10	LOGISTIC YLD SSE 10	GENFIT YLD SSE
		8.0	50 8.0	75 50 8.0	75 50 8.0	10 75 50 8.0
Verbosity	4	2	2	2	2	2
Number of bootstrap trials	5	0	0	0	0	0
Monte Carlo searching	6	2 30000	2 30000	2 30000	2 30000	2 30000
Convergence criterion for optimizer	7	1d-08	1d-08	1d-08	1d-08	1d-08
Restart control	8	3d-08 6	3d-08 6	3d-08 6	3d-08 6	3d-08 6
Control of iterative computations	9	1d-444	1d-444	1d-430	1d-430	1d-436
Maximum estimated F	10	8d0	8d0	8d0	8d0	8d0
Statistical weight for B ₁ penalty in objective function	11	0d0	0d0	0d0	0d0	0d0
Number of data series	12	6	6	1	1	1
Series-specific statistical weights	13	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	1.0 1.0	1.0 1.0	1.0 1.0
Starting guess for B ₁ /K	14	1.000	1	1	1	1
Starting guess for MSY	15	3d4	3d4	2d4	1d4	2d5
Starting guess for K	16	5d5	5d5	3d5	3d5	2d6
Starting guess for q	17	0.000005 0.000005 0.000005 0.000005 0.000005 0.000005	0.000005 0.000005 0.000005 0.000005 0.000005 0.000005	0.000003	0.00000180	0.000000500
Flags to estimate (or fix) individual parameters	18	0 1 1 1 1 1 1 1	0 1 1 1 1 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1
Bounds on MSY	19	1.0d1 5.0d6	1.0d1 5.0d6	1.0d4 5.0d5	1.0d3 5.0d5	1.0d3 5.0d6
Bounds on K	20	1001 8.0d7	1001 8.0d7	1.0d5 4.0d6	1.0d5 8.0d6	1001 8.0d7
Random number seed	21	922,738	922,738	6,745,249	6,745,249	922,738
Number of years in data set	22	56	56	56	56	56
Title	23	JPN CPUE, Yield (All index separate)'	JPN CPUE, Yield (All index separate)'	BET CPUE, Yield (combined without TWN)'	BET CPUE, Yield (combined without TWN)'	BET CPUE, Yield (only Taiwan LL)'
Data series	24	CC	CC	CC	CC	CC
CPUE(s) used	-	JP, TW, US, BR, AZ Separated	JP, TW, US, BR, AZ Separated	JP, US, BR, AZ Separated	JP, US, BR, AZ Separated	TW

Table 22. Continued. Input parameters and CPUE indices of each ASPIC run (point estimate).

<i>Model, parameter</i>	<i>Line number</i>	<i>Sensitivity Taiwanese CPUE only</i>	<i>Sensitivity without Azores BB CPUE</i>	<i>Sensitivity without Azores BB CPUE</i>	<i>Sensitivity combined index up to 2002</i>	<i>Sensitivity combined index up to 2002</i>
Run number		Run11	Run12	Run13	Run14	Run15
Model of operation	1	FIT	FIT	FIT	FIT	FIT
Comment	2	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET 2007test 01: CPUE ASPIC5 PT YLD FIX B1/K	BET2007AllCPUEcombined
Error type	3	LOGISTIC YLD SSE 10 75 50 8.0	GENFIT YLD SSE 10 75 50 8.0	LOGISTIC YLD SSE 10 75 50 8.0	GENFIT YLD SSE 10 75 50 8.0	LOGISTIC YLD SSE
Verbosity	4	2	2	2	2	0
Number of bootstrap trials	5	0	0	0	0	0
Monte Carlo searching	6	2 30000	2 30000	2 30000	2 30000	0 50000
Convergence criterion for optimizer	7	1d-08	1d-08	1d-08	1d-08	1.00000d-08
Restart control	8	3d-08 6	3d-08 6	3d-08 6	3d-08 6	3.00000d-08 6
Control of iterative computations	9	1d-436	1d-424	1d-430	1d-444	1.00000d-04 0
Maximum estimated F	10	8d0	8d0	8d0	8d0	8.00000d00
Statistical weight for B ₁ penalty in objective function	11	0d0	0d0	0d0	0d0	0d0
Number of data series	12	1	1	1	1	1
Series-specific statistical weights	13	1.0 1.0	1.0 1.0	1.0 1.0	1.0 1.0	1.00000d00
Starting guess for B ₁ /K	14	1.000	1.000	1	1.000	1.00000d00
Starting guess for MSY	15	2d5	6d4	2d4	87,500.000	8.75000d04
Starting guess for K	16	2d6	1d6	3d5	3d5	1.00000d06
Starting guess for q	17	0	0	0	0.0000028	1.80000d-06
Flags to estimate (or fix) individual parameters	18	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1	0 1 1 1
Bounds on MSY	19	1.0d3 5.0d6	1.0d3 5.0d6	1.0d3 5.0d6	1.0d4 5.0d5	1.00000d04 5.00000d05
Bounds on K	20	1001 8.0d7	1001 8.0d7	1001 8.0d7	1.0d5 4.0d7	1.00000d05 4.00000d06
Random number seed	21	922,738	922,738	922,738	6,745,249	6745249
Number of years in data set	22	56	56	56	54	54
Title	23	BET CPUE, Yield (only Taiwan LL)'	BET CPUE, Yield (combined index without Azores BB)'	BET CPUE, Yield (combined index without Azores BB)'	BET CPUE, Yield (All index)'	"Series 1" CC
Data series	24	CC	CC	CC	CC	CC
CPUE(s) used	-	TW	JP, TW, US, BR Separated	JP, TW, US, BR Separated	JP, TW, US, BR, AZ Combined	JP, TW, US, BR, AZ Combined

Table 23. Catch amount (t) of each fishery used for ASPIC analyses.

Year	Japan LL	Taiwan LL	US LL	Brazil LL	Azores BB	Others	Total
1950	0	0	0	0	210	598	808
1951	0	0	0	0	1106	545	1651
1952	0	0	0	0	1496	522	2018
1953	0	0	0	0	1734	1217	2951
1954	0	0	0	0	1286	1646	2932
1955	0	0	0	0	2193	2615	4808
1956	0	0	0	0	2030	739	2769
1957	454	0	0	0	5308	2958	8720
1958	453	0	0	0	2497	1340	4290
1959	1478	0	0	0	4277	1977	7732
1960	2904	0	0	0	4573	1635.8	9112.8
1961	11044	0	0	0	4529	1487.3	17060.3
1962	15720	20	0	0	3967	3424.78	23131.78
1963	14490	47	0	0	5335	6166.72	26038.72
1964	17336	54	0	0	1784	4451.648	23625.648
1965	28538	0	0	0	6087	4768.732	39393.732
1966	17576	672	0	0	796	6341.86	25385.86
1967	8549	2521	0	0	5655	8527.112	25252.112
1968	10286	6039	0	0	659	6927.256	23911.256
1969	10266	8456	0	0	3005	15162.424	36889.424
1970	8993	8538	0	0	2973	21928.936	42432.936
1971	20258	6191	0	37	933	28447.32	55866.32
1972	18078	5639	0	28	2718	20823.864	47286.864
1973	19954	4314	0	70	2824	29814	56976
1974	20862	3499	0	197	5237	34274	64069
1975	17391	4464	0	181	1805	37460	61301
1976	7298	3701	0	229	970	33104	45302
1977	9137	3364	0	472	940	40967	54880
1978	9301	2970	0	728	2559	37135	52693
1979	11957	2486	0	647	2370	28515	45975
1980	20477	2561	0.31	588	3482	36488.15	63596.46
1981	21044	1887	1.01	455	2647	41719	67753.01
1982	32867	2147	42	692	1129	36616	73493
1983	15141	1623	263	515	3033	38795.45	59370.45
1984	24310	925	490	656	3027	41644	71052
1985	31601	1220	422	410	4969	39593.37	78215.37
1986	22800	1125	719	863	5314	34575.14	65396.14
1987	18575	1488	781	756	3877	30498.51	55975.51
1988	31664	1469	710	946	764	30243.2	65796.2
1989	39419	940	600	512	2758	33838.88	78067.88
1990	35024	5744	559	591	3447	38971.69	84336.69
1991	29488	13850	855	350	3031.029	47689.637	95263.666
1992	34128	11546	564	790	2478	48927.581	98433.581
1993	35053	13426	836	1256	4053	56943.84	111567.84
1994	38503	19680	943	596	1894	70608.626	132224.626
1995	35477	18023	982	1935	4964	64902.744	126283.744
1996	33171	21850	713	1707	1709	61981.05	121131.05
1997	26490	19242	795	1237	2590	58519.44915	108873.4491
1998	24330	16314	696	644.3	3920	64103.85394	110008.1539
1999	21833	16837	930	2024	1894	84284.2209	127802.2209
2000	24605	16795	531.87	2762.2	820	57445.33202	102959.402
2001	18087	16429	682.49	2533.8	354.863	55680.25189	93767.40489
2002	15306	18483	535.53	2581.5	244	39805.29547	76955.32547
2003	19572.226	21563	283.92	2373.869	213.19	47578.32937	91584.53437
2004	17136.812	17717	310.19	1378.7537	905	47707.03742	85154.78912
2005	13061.28	11984	310.92	1013.845	975	43675.1845	71020.2295

Table 24. Summary of the result of analysis by ASPIC base case run.

<i>Model, parameter</i>	<i>Assumption and estimation</i>
Model	Logistic
Index	Combined
Year of data	1950-2005
MSY (MT)	90,820
K (MT)	903,500
B _{MSY} (MT)	451,800
F _{MSY}	0.201
B _{current} /B _{MSY}	0.918
F _{current} /F _{MSY}	0.871
phi	0.500
Equilibrium yield (MT)	90,210
Bootstrap analysis	Successful

Table 25. Results of the ASPIC base case logistic model fit.

MODEL PARAMETER ESTIMATES (NON-BOOTSTRAPPED)					

Parameter				Estimate	User/pgm
guess	2nd guess	Estimated	User guess		
B1/K	Starting relative biomass (in 1950)	1.000E+00		1.000E+00	6.838E-01
0	1				
MSY	Maximum sustainable yield	9.082E+04		8.750E+04	4.753E+04
1	1				
K	Maximum population size	9.035E+05		1.000E+06	
2.852E+05	1	1			
phi	Shape of production curve (Bmsy/K)	0.5000		0.5000	----
0	1				
----- Catchability Coefficients by Data Series -----					
q(1)	Series 1			1.935E-06	
1.800E-06	1.710E-04		1	1	
MANAGEMENT and DERIVED PARAMETER ESTIMATES (NON-BOOTSTRAPPED)					

Parameter				Estimate	
Logistic formula	General formula				
MSY	Maximum sustainable yield	9.082E+04			----

Bmsy	Stock biomass giving MSY	4.518E+05			K/2
$K \cdot n^{1/(1-n)}$					
Fmsy	Fishing mortality rate at MSY	2.010E-01			MSY/Bmsy
MSY/Bmsy					
n	Exponent in production function	2.0000			----

g	Fletcher's gamma	4.000E+00			

Table 25. Continued. Results of the ASPIC base case logistic model fit.

BET2007AllCPUEcombined							
Page 4							
ESTIMATES FROM BOOTSTRAPPED ANALYSIS							

confidence limits		Estimated	Estimated	Bias-corrected approximate			
Param	Point	Inter-	relative	-----			
-----		bias in pt	Relative				
name	estimate	estimate	bias	80% lower	80% upper	50% lower	
50% upper	range	IQ range					
B1/K	1.000E+00	0.000E+00	0.00%	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00
0.000E+00	0.000						
K	9.035E+05	1.103E+05	12.21%	6.062E+05	1.961E+06	7.433E+05	1.349E+06
6.055E+05	0.670						
q(1)	1.935E-06	1.234E-07	6.38%	8.928E-07	2.880E-06	1.307E-06	
2.364E-06	1.058E-06	0.546					
MSY	9.082E+04	-1.803E+03	-1.99%	6.808E+04	9.894E+04	8.009E+04	9.501E+04
1.492E+04	0.164						
Ye ₍₂₀₀₆₎	9.021E+04	-2.627E+03	-2.91%	6.703E+04	9.838E+04	7.882E+04	9.509E+04
1.628E+04	0.180						
Y.@Fmsy	8.338E+04	9.412E+02	1.13%	5.677E+04	1.050E+05	6.837E+04	9.451E+04
2.614E+04	0.313						
Bmsy	4.518E+05	5.517E+04	12.21%	3.031E+05	9.806E+05	3.716E+05	6.744E+05
3.028E+05	0.670						
Fmsy	2.010E-01	1.727E-02	8.59%	6.811E-02	3.250E-01	1.169E-01	
2.541E-01	1.373E-01	0.683					

Table 26. Results of the ASPIC potential base case analyses.

<i>Model, parameter</i>	<i>Base case combined index</i>	<i>Base case combined index</i>	<i>Base case combined index B1/K estimate</i>	<i>Base case separated index weighting by catch</i>	<i>Base case separated index weighting by catch</i>	<i>Base case separated index equal weighting</i>	<i>Base case separated index equal weighting</i>
Run number	01	02	03	04	05	06	07
Model	GENFIT	LOGISTIC	LOGISTIC	GENFIT	LOGISTIC	GENFIT	LOGISTIC
Index	Combined	Combined	Combined	Separated	Separated	Separated	Separated
Year of data	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005
Weighting of fishery	-	-	-	Catch amount of 1982-2005 average	Catch amount of 1982-2005 average	Equal	Equal
MSY (MT)	89,070	90,820	87,230	118,700	Not solved	116,300	Not solved
K (MT)	1,174,000	903,500	1,016,000	123,100		165,700	
BMSY (MT)	478,400	451,800	508,000	71,920		102,400	
FMSY	0.186	0.201	0.172	1.650		1.136	
Bcurrent/BMSY	1.078	0.918	0.861	1.079		0.653	
Fcurrent/FMSY	0.752	0.871	0.961	0.721		1.054	
phi	0.408	0.500	0.500	0.584		0.618	
Equilibrium yield (MT)	88,740	90,210	85,540	117,500		95,030	
P for logistic model	0.3952			-		-	
Bootstrap analysis	Successful	Successful	Successful	Unsuccessful		Unsuccessful	

Table 27. Results of the ASPIC sensitivity analyses.

<i>Model, parameter</i>	<i>Sensitivity without Taiwanese CPUE</i>	<i>Sensitivity without Taiwanese CPUE</i>	<i>Sensitivity Taiwanese CPUE only</i>	<i>Sensitivity Taiwanese CPUE only</i>	<i>Sensitivity without Azores BB CPUE</i>	<i>Sensitivity without Azores BB CPUE</i>	<i>Sensitivity combined index up to 2002</i>	<i>Sensitivity combined index up to 2002</i>
Run number	08	09	10	11	12	13	14	15
Model	GENFIT	LOGISTIC	GENFIT	LOGISTIC	GENFIT	LOGISTIC	GENFIT	LOGISTIC
Index	Combined	Combined	-	-	Combined	Combined	Combined	Combined
Year of data	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2005	1950-2002	1950-2002
Weighting of fishery	-	-	-	-	-	-	-	-
MSY (MT)	Not solved	Not solved	Not solved	119,300	93,020	Not solved	101,900	102,600
K (MT)				1,532,000	1,067,000		646,600	516,800
BMSY (MT)				765,800	435,200		272,600	258,400
FMSY				0.156	0.214		0.374	0.397
Bcurrent/BMSY				1.462	1.149		1.132	1.007
Fcurrent/FMSY				0.412	0.678		0.805	0.904
phi				0.500	0.408		0.422	0.500
Equilibrium yield (MT)				93,860	92,460		100,700	102,600
P for logistic model					0.5502		0.4564	
Bootstrap analysis				Successful	Unsuccessful		Successful	Successful

Table 28. Summary of outputs obtained with MULTIFAN-CL for various models.

<i>RUN</i>	<i>Options</i>	<i>MSY</i>	<i>F_{msy}</i>	<i>SSB_{msy}</i>	<i>F₂₀₀₅/F_{msy}</i>	<i>SSB₂₀₀₅/B_{msy}</i>	<i>Steepness</i>
3	Use 2007 data (last year = 2005)	116.8	0.25	679.2	0.66	1.01	0.79
4	Fix M to same values used in the VPA	77.3	0.23	614.8	1.01	0.80	0.92
5	Fix M to values derived by IATTC	109.8	0.25	676.8	0.68	1.03	0.83
6	Ignore tagging data and assume a single region	86.7	0.19	700.8	1.14	0.69	0.64
7	Estimate 2001-2005 catches for Fisheries 13, 14, 15	-- no convergence --					
8	Initial stock size estimated with M only	88.2	0.15	947.2	1.30	0.59	0.56
9	Exact catch option (SS2 solution)	98.2	0.15	636.0	1.14	0.90	0.75
10	Exclude Tag Group 11	117.1	0.24	702.0	0.67	0.98	0.77
11	Fewer groupings for selectivity and reporting rates; different f weighting	108.7	0.27	617.2	0.67	1.02	0.85
12	Fix M to same values in VPA, with only one region	40.3	0.22	333.9	1.23	1.31	0.88
13	Give less weight to Japanese LL effort series; 3 regions	119.6	0.26	637.2	0.62	1.09	0.80
14	Give less weight to Japanese LL effort series; 1 region	90.8	0.20	660.4	1.02	0.76	0.68

Table 29. Summary of structure and parameter settings for VPA sensitivity runs. Unless noted, all other data inputs and parameter settings are unchanged.

	<i>Indices</i>	<i>Terminal F_s and F-Ratio</i>	<i>Partial catches</i>
Base	Table 4.1 (Japan LL, Taiwan LL, US LL, EU PS FAD)	Age 0: Fixed at 0.9725 * Age 1 Age 1: Estimated Age 2: Fixed at 0.4593 * Age 4 Age 3: Fixed at 0.7151 * Age 4 Age 4: Estimated Age 5: Estimated Age 6: Estimated Age 7+: Estimated in 1975. 1976-2005 values are estimated using a random walk	Table 3.VPA.2.
All Indices	Table 4.1 (All indices)	Same as base	Table 3.VPA.2.
Base – w/o Taiwan LL	Table 4.1 (Japan LL, US LL, EU PS FAD)	Same as base	Table 3.VPA.2.
Multifan-CL (VPA)	Table 4.3 (All indices) Indices assumed to be in numbers per unit effort.	Age 0: Fixed at 0.9725 * Age 1 Age 1: Estimated Age 2: Estimated Age 3: Estimated Age 4: Estimated Age 5: Estimated Age 6: Estimated Age 7+: Estimated in 1975. 1976-2005 values are estimated using a random walk	Table 3.VPA.6

Table 30. Partial catches, by fishery, used to estimate vulnerability for the VPA-MFCL sensitivity run. Missing years indicate zero catch.

A) FISHERY 1

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	259093	153540	83085	10260	12930	3981	882	13
1976	900222	401912	48295	19279	9188	783	110	2
1977	899399	288282	91137	43459	35694	29590	8082	266
1978	504230	488496	79016	38853	21157	7449	1548	56
1979	654936	277277	60155	17030	25453	17851	6918	207
1980	871752	621426	52289	29290	18891	10589	3664	697
1981	2012084	881612	115221	35958	23310	12085	5844	293
1982	1298653	808321	88549	42076	24812	19127	12224	523
1983	1939618	965605	142360	22433	12154	7790	4767	165
1984	1240168	1260785	178145	37556	12952	4124	1663	47
1985	917772	485944	58033	10946	6055	5400	3570	181

B) FISHERY 2

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1986	1406707	472628.8	54740.49	13437.89	13379.08	5012.86	2807.01	41.56
1987	900044.5	410038.6	36643.73	10709.3	12197.14	7927.1	2035.06	11.46
1988	1076359	246818.4	79360.57	32487.39	18305.92	3991.13	723.01	19.08
1989	1173934	397245.8	30600.33	10377.83	6309.92	4163.85	2303.23	99.72
1990	1293607	419244.6	70049.75	14082.95	13138.52	7454.76	2931.11	53.6

C) FISHERY 3

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1991	245338.2	108750.7	31056.61	7560.65	2997.31	2831.26	1099.87	232.27
1992	255965.2	105467.4	13179.78	9929.45	10803.27	9794.02	6084.67	3595.91
1993	465884.9	167777.6	92955.92	32134.41	14336.01	16255.89	14241.63	12072.77
1994	338878.2	54867.37	17170.26	4107.4	11201.97	22294.25	17352.85	8691.79
1995	279239.2	107299.2	15512.22	4008.89	4030.29	6686.09	8154.96	6687.77
1996	286495.9	98704.84	26848.91	10111.93	4042.89	5294.99	3340.74	1459.33
1997	383988.9	62565.35	12684.65	6410.37	5980.06	5664.05	4732.5	1701.31
1998	210663.7	53706.55	1970.58	1172.63	4131.96	6915.55	5483.06	3514.18
1999	477267.3	100084.3	15318.13	6079.55	2977.17	2440.27	1947.62	1197.96
2000	370076.3	213658.9	15106.28	4223.21	5210.51	4280.17	2084.89	1718.52
2001	269637.9	99655.54	17041.47	8794.67	8288.94	4483.8	2549.72	1536.26
2002	535508.9	66562.77	10424.52	6132.95	7719.85	7190.76	3356.14	2016.79
2003	369804.6	111048.6	10339.08	2700.68	3480.14	7034.53	6139.02	4489.43
2004	494297	192391.3	7313.23	2233.05	1035.14	594.2	336.55	1246.92
2005	201590.8	89095.3	12123.38	2842.94	3367.21	3954.28	2511.23	2023.94

D) FISHERY 4

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1991	2081440	723615.7	142913.1	33578.22	4429.92	358.26	201.02	436.77
1992	2463182	1048506	144984.1	39859.63	5397.76	1771.84	728.74	195.96
1993	3254213	1404259	296990.3	62633.23	10264.51	2148.87	608.04	905.24
1994	4069686	1355970	284095.6	70931.45	10831.92	2692.13	1510.87	886.18
1995	3340824	1407882	204461.6	48711.24	6845.74	2950.28	2594.05	2074.96
1996	4035579	1288282	242666.3	51403.79	7223.75	2462.7	1115.44	370.11

Table 30. (continued). Partial catches, by fishery for VPA-MFCL run.

1997	2995054	896751.1	99849.45	18108.5	3016.22	714.95	431.83	369
1998	2619706	528671.8	43782.49	9906.51	1667.51	177.11	160.5	249.51
1999	2422901	644159.3	66582.63	25149.61	5105.52	462.96	469.02	465.75
2000	2569669	736093.2	67898.15	10022.39	1824.53	284.45	55.26	43.38
2001	2045151	663802	112465.2	28854.42	6513.22	1285.61	187.6	119.36
2002	2539373	651352.2	63741.96	16624.08	2121.84	322.38	87.29	40.3
2003	2357405	768094.5	78792.68	17817.76	1508.17	362.95	135.79	137.12
2004	2106935	660553.9	83223.36	19385.49	3212.38	263.25	86.91	61.03
2005	1907475	383455	46949.6	8543.74	2199.08	869.14	450.04	208.91

E) FISHERY 5

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	31702.27	537.33	0	0	0	0	0	0
1976	51423.57	16757.66	665.24	27.4	4.9	0.8	0.7	0
1977	57409.42	31519.93	420.97	0	0	0	0	0
1978	38516.18	3582.9	0	0	0	0	0	0
1979	45700.92	24028.32	471.14	0	0	0	0	0
1980	95758.44	37160.16	47.32	94.63	108.15	67.59	6.76	27.04
1981	288157.4	494.09	691.72	1383.44	1581.07	988.17	98.82	395.27
1982	101171.6	113707.4	14248.11	0	0	0	0	0
1983	48492.46	65638.38	7421.72	0	0	0	0	0
1984	500256.8	83248.05	32425.37	0	0	0	0	0
1985	378300.5	159478.1	22587.36	0	0	0	0	0
1986	370405.8	127736.2	12035.68	0	0	0	0	0
1987	424836.9	43682.83	119.06	0	0	0	0	0
1988	448918.7	79840.02	0	0	0	0	0	0
1989	892454.7	85948.43	0	0	0	0	0	0
1990	2080602	200373.8	0	0	0	0	0	0
1991	1735556	142174	517	0	0	0	0	0
1992	924528	303954.4	0	0	0	0	0	0
1993	1277502	259691.3	0	0	0	0	0	0
1994	1499150	356360.3	0	0	0	0	0	0
1995	1723692	444699.6	0	0	0	0	0	0
1996	1739149	535833.5	0	0	0	0	0	0
1997	2894013	544739.4	0	0	0	0	0	0
1998	3756423	1050635	0	0	0	0	0	0
1999	3910610	2789544	2928.29	0	0	0	0	0
2000	1090090	823408.1	0	0	0	0	0	0
2001	3332704	805364.7	0	0	0	0	0	0
2002	1141212	1034881	4188.86	0	0	0	0	0
2003	3076998	1538105	66150.7	0	0	0	0	0
2004	5071392	921286	0	0	0	0	0	0
2005	3845929	1078568	0	0	0	0	0	0

F) FISHERY 6

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	296982.2	81453.96	14799.57	3475.84	4754.82	1464.87	326.79	4.8
1976	622787.2	151537	8654.42	1278.62	246.7	49.6	28.4	0.4
1977	514914.1	197168	34404.1	12037.98	7770.48	3411.28	938.64	6.7
1978	329860.9	73739.33	4116.9	1077.89	0	113.24	0	0

Table 30. (continued). Partial catches, by fishery for VPA-MFCL run.

1997	2995054	896751.1	99849.45	18108.5	3016.22	714.95	431.83	369
1998	2619706	528671.8	43782.49	9906.51	1667.51	177.11	160.5	249.51
1999	2422901	644159.3	66582.63	25149.61	5105.52	462.96	469.02	465.75
2000	2569669	736093.2	67898.15	10022.39	1824.53	284.45	55.26	43.38
2001	2045151	663802	112465.2	28854.42	6513.22	1285.61	187.6	119.36
2002	2539373	651352.2	63741.96	16624.08	2121.84	322.38	87.29	40.3
2003	2357405	768094.5	78792.68	17817.76	1508.17	362.95	135.79	137.12
2004	2106935	660553.9	83223.36	19385.49	3212.38	263.25	86.91	61.03
2005	1907475	383455	46949.6	8543.74	2199.08	869.14	450.04	208.91

E) FISHERY 5

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	31702.27	537.33	0	0	0	0	0	0
1976	51423.57	16757.66	665.24	27.4	4.9	0.8	0.7	0
1977	57409.42	31519.93	420.97	0	0	0	0	0
1978	38516.18	3582.9	0	0	0	0	0	0
1979	45700.92	24028.32	471.14	0	0	0	0	0
1980	95758.44	37160.16	47.32	94.63	108.15	67.59	6.76	27.04
1981	288157.4	494.09	691.72	1383.44	1581.07	988.17	98.82	395.27
1982	101171.6	113707.4	14248.11	0	0	0	0	0
1983	48492.46	65638.38	7421.72	0	0	0	0	0
1984	500256.8	83248.05	32425.37	0	0	0	0	0
1985	378300.5	159478.1	22587.36	0	0	0	0	0
1986	370405.8	127736.2	12035.68	0	0	0	0	0
1987	424836.9	43682.83	119.06	0	0	0	0	0
1988	448918.7	79840.02	0	0	0	0	0	0
1989	892454.7	85948.43	0	0	0	0	0	0
1990	2080602	200373.8	0	0	0	0	0	0
1991	1735556	142174	517	0	0	0	0	0
1992	924528	303954.4	0	0	0	0	0	0
1993	1277502	259691.3	0	0	0	0	0	0
1994	1499150	356360.3	0	0	0	0	0	0
1995	1723692	444699.6	0	0	0	0	0	0
1996	1739149	535833.5	0	0	0	0	0	0
1997	2894013	544739.4	0	0	0	0	0	0
1998	3756423	1050635	0	0	0	0	0	0
1999	3910610	2789544	2928.29	0	0	0	0	0
2000	1090090	823408.1	0	0	0	0	0	0
2001	3332704	805364.7	0	0	0	0	0	0
2002	1141212	1034881	4188.86	0	0	0	0	0
2003	3076998	1538105	66150.7	0	0	0	0	0
2004	5071392	921286	0	0	0	0	0	0
2005	3845929	1078568	0	0	0	0	0	0

F) FISHERY 6

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	296982.2	81453.96	14799.57	3475.84	4754.82	1464.87	326.79	4.8
1976	622787.2	151537	8654.42	1278.62	246.7	49.6	28.4	0.4
1977	514914.1	197168	34404.1	12037.98	7770.48	3411.28	938.64	6.7
1978	329860.9	73739.33	4116.9	1077.89	0	113.24	0	0

Table 30. (continued). Partial catches, by fishery for VPA-MFCL run.

1992	87135.15	134993.6	25351.49	3965.27	419.59	163.9	91.98	70.28
1993	91018.34	147535.1	41824.29	11481.45	2596.23	432.29	28.63	10.99
1994	101531.7	102228.9	44391.65	10354.33	2883.35	1458.44	181.86	14.99
1995	65062.07	125385.2	32627.85	20228.82	2295.79	245.26	1.25	0.71
1996	105251.2	93592.52	58260.31	17776.84	2089.12	365.78	12.01	0
1997	90739.7	107975.6	31008.35	12664.03	5295.46	1223.53	267.45	34.4
1998	241838.8	266982.7	43883.48	8183.7	1588.33	670.75	118.75	35.6
1999	521937.4	369060.4	67596.58	17121.94	3288.21	358.63	8.24	0
2000	420611.3	279002.4	93620.11	21229.68	5046.61	751.7	41.67	30.98
2001	374118.7	226232.9	52029.56	22950.06	6629.42	1203.01	143.02	6.74
2002	191087.8	144738.4	31481.59	13032.01	3851.83	637.32	111.27	35.23
2003	183489.9	114858	22220.04	8917.25	2325.02	393.03	85.85	10.03
2004	132334.7	167748.6	25010.94	8237.06	1766.35	1003.98	266.59	85.88
2005	98761.79	110724.9	23073.02	15370.87	4934.7	671.11	208.7	88.06
I) FISHERY 9								
YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	0	25676.25	174711	65357.3	25026.4	21745.54	16007.55	28732.89
1976	0	18299.32	74869.6	37880.03	18889.12	8597.94	12484.72	17834.25
1977	702.82	8976.15	65938.01	37052.02	25015	16113.55	9673.7	21974.09
1978	0	12440.91	122349.6	32691.62	25377.91	15192.9	11815.97	22352.05
1979	0	8425.16	105481.3	25417.16	11871.59	8838.03	7665.94	14520.72
1980	1533.52	17360.86	33537.86	97430.03	24964.22	12351.88	7296.83	7521.62
1981	5542.92	28099.89	59985.19	45224.81	25966.26	8305.24	6029.14	4124.17
1982	10456.79	31510.75	23115.24	26776.33	9413.91	6869.86	5917.33	3419.43
1983	6744.86	33082.14	60831.83	44253.15	36383.56	11840.63	6673.76	7093.64
1984	13433.51	97168.6	83268.81	65306.29	24843.99	10727.49	3440.13	765.38
1985	14127.83	253811.9	110293.2	33036.36	41153.03	33166.05	15909.52	8026.29
1986	20273.79	532256.2	164883	44577.82	22070.46	7225.97	2884.67	1320.9
1987	6349.47	29664.06	50283.1	76175.17	36634.42	20106.99	11024.25	10188.58
1988	14962.63	80240.29	94846.89	34909.56	14697	5284.8	2985.52	2325.25
1989	22528.21	187980	84107.68	67967	33791.65	8722.34	1188.1	95.78
1990	11565.07	125838.5	135391.5	82648.96	44477.2	13080.27	7311.75	1425.41
1991	46472.89	235167.6	186322.6	68086.24	44308.45	8675.76	3290.29	1016.96
1992	25514.51	149527.4	165032.9	96815.39	43429.22	17170.24	3454.91	890.53
1993	49283.67	166507.1	209095.2	68079.92	28513.29	6436.64	1844.46	303.15
1994	50845.53	260536.2	285534.4	83531.3	13228.05	6506.06	1201.17	1599.56
1995	22310.48	281316.4	287851.4	169914.9	41671.39	12447.51	3897.33	3425.79
1996	118046.2	140070.4	75750.22	67959.24	32414.95	22658.57	14851.31	15507.59
1997	69900.94	294548.5	163906.6	81221.79	22845.62	9239.78	6839.29	4131.22
1998	164.32	46370.44	150772.2	65867.06	12296.3	4750.82	3473.96	9470.63
1999	21096.98	283940.7	221415.8	73126.76	10046.55	1139.4	215.77	348.05
2000	8936.01	66559.18	94008.69	35951.84	8927.42	977.59	146.16	94.1
2001	8876.44	53697.3	84107.32	62221.95	8990.79	1254.71	197.31	28.65
2002	12174.2	40619.91	79860.04	37147.44	16207.78	3549.64	659.45	170.36
2003	45822.85	135076.7	66514.85	36037.78	12041.28	3287.68	411.81	81.65
2004	48741.51	146752.8	81878.23	31316.95	10953.62	7316.37	4198.26	1195.22
2005	13558.17	109541.5	147669.1	71130.71	14202.54	3036.03	442.77	43.22

Table 30. (continued). Partial catches, by fishery for VPA-MFCL run.

1992	87135.15	134993.6	25351.49	3965.27	419.59	163.9	91.98	70.28
1993	91018.34	147535.1	41824.29	11481.45	2596.23	432.29	28.63	10.99
1994	101531.7	102228.9	44391.65	10354.33	2883.35	1458.44	181.86	14.99
1995	65062.07	125385.2	32627.85	20228.82	2295.79	245.26	1.25	0.71
1996	105251.2	93592.52	58260.31	17776.84	2089.12	365.78	12.01	0
1997	90739.7	107975.6	31008.35	12664.03	5295.46	1223.53	267.45	34.4
1998	241838.8	266982.7	43883.48	8183.7	1588.33	670.75	118.75	35.6
1999	521937.4	369060.4	67596.58	17121.94	3288.21	358.63	8.24	0
2000	420611.3	279002.4	93620.11	21229.68	5046.61	751.7	41.67	30.98
2001	374118.7	226232.9	52029.56	22950.06	6629.42	1203.01	143.02	6.74
2002	191087.8	144738.4	31481.59	13032.01	3851.83	637.32	111.27	35.23
2003	183489.9	114858	22220.04	8917.25	2325.02	393.03	85.85	10.03
2004	132334.7	167748.6	25010.94	8237.06	1766.35	1003.98	266.59	85.88
2005	98761.79	110724.9	23073.02	15370.87	4934.7	671.11	208.7	88.06
I) FISHERY 9								
YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	0	25676.25	174711	65357.3	25026.4	21745.54	16007.55	28732.89
1976	0	18299.32	74869.6	37880.03	18889.12	8597.94	12484.72	17834.25
1977	702.82	8976.15	65938.01	37052.02	25015	16113.55	9673.7	21974.09
1978	0	12440.91	122349.6	32691.62	25377.91	15192.9	11815.97	22352.05
1979	0	8425.16	105481.3	25417.16	11871.59	8838.03	7665.94	14520.72
1980	1533.52	17360.86	33537.86	97430.03	24964.22	12351.88	7296.83	7521.62
1981	5542.92	28099.89	59985.19	45224.81	25966.26	8305.24	6029.14	4124.17
1982	10456.79	31510.75	23115.24	26776.33	9413.91	6869.86	5917.33	3419.43
1983	6744.86	33082.14	60831.83	44253.15	36383.56	11840.63	6673.76	7093.64
1984	13433.51	97168.6	83268.81	65306.29	24843.99	10727.49	3440.13	765.38
1985	14127.83	253811.9	110293.2	33036.36	41153.03	33166.05	15909.52	8026.29
1986	20273.79	532256.2	164883	44577.82	22070.46	7225.97	2884.67	1320.9
1987	6349.47	29664.06	50283.1	76175.17	36634.42	20106.99	11024.25	10188.58
1988	14962.63	80240.29	94846.89	34909.56	14697	5284.8	2985.52	2325.25
1989	22528.21	187980	84107.68	67967	33791.65	8722.34	1188.1	95.78
1990	11565.07	125838.5	135391.5	82648.96	44477.2	13080.27	7311.75	1425.41
1991	46472.89	235167.6	186322.6	68086.24	44308.45	8675.76	3290.29	1016.96
1992	25514.51	149527.4	165032.9	96815.39	43429.22	17170.24	3454.91	890.53
1993	49283.67	166507.1	209095.2	68079.92	28513.29	6436.64	1844.46	303.15
1994	50845.53	260536.2	285534.4	83531.3	13228.05	6506.06	1201.17	1599.56
1995	22310.48	281316.4	287851.4	169914.9	41671.39	12447.51	3897.33	3425.79
1996	118046.2	140070.4	75750.22	67959.24	32414.95	22658.57	14851.31	15507.59
1997	69900.94	294548.5	163906.6	81221.79	22845.62	9239.78	6839.29	4131.22
1998	164.32	46370.44	150772.2	65867.06	12296.3	4750.82	3473.96	9470.63
1999	21096.98	283940.7	221415.8	73126.76	10046.55	1139.4	215.77	348.05
2000	8936.01	66559.18	94008.69	35951.84	8927.42	977.59	146.16	94.1
2001	8876.44	53697.3	84107.32	62221.95	8990.79	1254.71	197.31	28.65
2002	12174.2	40619.91	79860.04	37147.44	16207.78	3549.64	659.45	170.36
2003	45822.85	135076.7	66514.85	36037.78	12041.28	3287.68	411.81	81.65
2004	48741.51	146752.8	81878.23	31316.95	10953.62	7316.37	4198.26	1195.22
2005	13558.17	109541.5	147669.1	71130.71	14202.54	3036.03	442.77	43.22

Table 30 (continued). Partial catches, by fishery for VPA-MFCL run.

1990	19.2	29338.29	104918.4	189300.9	175877.2	118769.9	51641.12	22881.86
1991	6.8	6680.39	78912.99	144736.2	142044.4	86494.32	40602.17	24216.76
1992	163.83	14904.56	82627.69	148092.6	153712.2	112653.4	53046.1	38076.14
1993	11578.78	36249.31	57095.7	118827.1	172955.6	129410.1	64528.32	46461.01
1994	244.02	11630.13	38685.61	120914.4	135555.8	120734.8	70285.55	81130.84
1995	486.62	15265.56	27565.35	65979.12	101708	120249.6	71129.37	95848.31
1996	40.42	5672.77	38210.02	92668.67	111455.7	95422.03	63548.24	80454.04
1997	0	1064.96	32012.3	129739.8	114439.2	63137.86	45677.47	49895.52
1998	165.92	11379.81	66953.05	104260.4	102166.8	60459.14	38621.91	42653.84
1999	23.28	6447.84	46754.7	121590	94940.16	57445.8	26376.96	28826.93
2000	20.96	1958.16	51573.93	125896.4	127159.3	70298.55	30211.15	38097.53
2001	23.63	2075.91	40351.76	94778.53	82298.1	61648.04	25631.35	19460.77
2002	0	6025.61	35440.41	69717.06	69382.74	49052.76	23763.13	20178.84
2003	0	130.57	11362.08	38159.72	72254.7	80358.91	26052.37	9764.41
2004	23.16	113.55	1657.68	12670.18	54133.16	61524.38	32198.19	12880.84
2005	0	116.76	307.26	15319.02	25286.27	81634.59	27110.65	6342.31

L) FISHERY 12

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	43.05	1441.36	3737.34	3832.62	1427.2	685.26	635.43	261.57
1976	0	39.68	217.84	537.54	702.66	744.68	482.99	201.79
1977	0.31	13.57	206.29	575.29	523.96	510.52	350.92	167.5
1978	42.28	341.72	331.64	493.78	433.33	241.23	83.82	52.79
1979	0	1117.68	4943.28	2329.05	1022.8	480.3	103.47	66.59
1980	0.2	237.47	2028.96	3739.96	2902.16	1777.42	879.98	743.52
1981	9.07	2567.18	5595.21	4285.9	5270.79	1943.71	593.02	410.35
1982	596.6	4107	3084.16	2280.1	2765.23	1568.97	660.58	388.19
1983	12.03	353.18	1698.36	1758.58	815	608.13	439.35	408.71
1984	30.89	2128.4	5528.7	3517.02	2208.05	1017.46	515.07	264.02
1985	16	2044.91	6681.5	4162.09	1336.79	327.71	166.46	52.81
1986	8.49	529.04	3048.64	7805.96	3845.14	1508.05	608.18	390
1987	8.05	832.23	8795.64	4746.59	2678.7	871.45	423.31	269.49
1988	0.78	1500.08	5276.3	4810.3	3175.26	1261.31	739.53	425.88
1989	0	817.24	2370.82	3767.77	3787.8	1635.44	587.61	167.93
1990	0	70.4	2165.94	7581.16	6668.62	1336.12	341.12	60.73
1991	0.22	100.23	752.36	6334.15	7199.08	3760.78	1431.8	1714.85
1992	13.66	267.61	3186.33	7711.86	7549.15	2868.4	899.86	484.27
1993	376.21	1295.91	5329.02	6107.19	3651.8	1444.16	772.37	464.23
1994	2.39	526.28	7750.63	17459.12	12017.3	5917.75	2338.87	3663.7
1995	6.79	6270.92	8878.06	8411.07	6483.81	6166.04	4319.47	4158.19
1996	2.98	929.07	2049.42	5863.62	6213.53	4885.48	3156.34	4486.72
1997	0	11.63	902.04	8838.2	2492.17	665.84	510.28	628.47
1998	0	1163.96	6371.92	5530.35	4071.18	1724.01	924.82	1160.44
1999	0	451.1	5055.65	6743.76	6564.75	3160.22	1227.59	1318.53
2000	0	9.99	5849.62	2451.83	527.91	340.29	153.76	131.21
2001	0.68	55.97	1600.2	4488.1	3305.01	1358.09	376.09	204.38
2002	0	46.59	419.78	4696.58	3390.29	778.94	84.74	52.23
2003	0	170.11	4301.99	40525.66	9925.79	15853.03	168.27	57.93
2004	0	0	0	1195.64	14325.62	15133.17	10488.82	3434.89
2005	0	0	0	5245.76	2960.1	7803.35	16.13	0

Table 30. (continued). Partial catches, by fishery for VPA-MFCL run.

M) FISHERY 13								
YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	136.89	2737.8	5612.5	5407.16	4243.6	2669.36	2464.02	4722.71
1976	208.61	3308.7	9483.69	13257.8	11866.4	5203.73	3206.34	5728.39
1977	462.63	6211.54	13296.14	12748.37	13256.27	8413.43	3873.39	4662.16
1978	7.09	163.11	9719.31	16193.14	15474.55	6431.28	1798.26	1508.11
1979	0	1668.15	2408.89	13624.57	4491.01	227.61	130.06	269.69
1980	0	127.14	3581.02	2097.76	6591.78	1305.49	298.5	127.14
1981	57.43	191.16	1184.22	2544.41	1760.01	632.53	145.19	58.33
1982	99.22	1154.41	4759.27	8012.94	4601.13	1466.11	611.74	897.88
1983	132.5	913.71	3341.61	7380.13	7368.98	3549.7	908.06	1615.77
1984	1038.97	5232.7	4116.82	3734.2	4299.25	4042.81	1182.07	934.98
1985	151.61	1053.66	2728.45	3826.42	3275.51	2866.72	574.36	442.42
1986	404.95	4558.28	4959.68	12588.2	12065.59	5168.75	1263.74	302.95
1987	797.37	10838.89	9628.78	9271.48	7021.29	3379.95	923.35	985.92
1988	75.12	5959.55	8420.89	6224.25	2952.65	2901.72	579.94	717.7
1989	27.95	1764.37	5104.98	5798.35	3375.57	3054.74	781.37	393.91
1990	4375	5617.87	7073.54	4450.14	2911.22	1027.96	367.38	163.58
1991	7.53	3541.82	7956.27	11029.35	4424.12	2444.94	491.71	229.25
1992	97.19	2026.72	8819.08	5955.88	4708.76	2390.05	1332.09	428.9
1993	55.07	2322.75	15507.64	17216.08	6939.48	2542.8	819.31	792.59
1994	121.16	2797.03	12412.62	18694.97	10159.66	4613.73	1876.83	1580.95
1995	166.43	6498.48	27731.91	12413.63	8623.1	2259.83	875.97	617.63
1996	54.15	3953.46	20607.42	40722.58	6943.03	2083.93	696.44	1141.98
1997	328.93	6377.75	19098.13	19771.58	9257.75	5187.48	921.47	551.66
1998	76.53	2714.98	13440.2	14490.24	6810.53	3043.92	836.74	1696.22
1999	44.54	6217.37	15757.08	24738.01	7580.54	1961.5	899.83	1766.16
2000	27.66	5481.9	17468.05	13650	5847.42	2882.95	1026.19	598.13
2001	47.74	4866.88	16944.02	19487.58	6244.62	2371.1	775.89	274.28
2002	109.17	4071.4	14942.26	15171.96	8359.37	2555.25	1018.55	479.46
2003	22.69	2672.24	6619.64	10789.66	5232.63	4868.69	1281.32	1467.22
2004	3.36	1960.33	7802.47	7781.36	6541.99	3260.66	787.33	442.6
2005	39.89	15169.46	12759.35	10943.63	7985.03	2409.85	1388.2	736.63
N) FISHERY 14								
YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	168.77	12284.81	59316.89	96003.82	125841.2	78267.24	34387.06	29823.06
1976	376.89	9216.04	23809.54	47628.77	62656.17	58609.44	30420.44	22717.56
1977	958.25	32695.02	49946.52	60281.61	60061.78	52130.96	25939.43	21082.33
1978	5714.01	24035.72	28045.05	47379.72	54525.01	39955.92	29954.97	39014.43
1979	13744.91	8773.17	13857.68	35003.14	48527.13	32643.71	23724.5	26947.58
1980	18726.37	10521.88	41453.7	80359.37	82981.71	53975.23	30857.24	26018.21
1981	26131.47	11986.75	41738.14	90747.83	94640.22	65835.69	27294.69	30224.73
1982	10132.84	14343.81	31085.6	91636.01	115412.6	53499.22	14260.84	7908.41
1983	2757.5	7159.5	32239.9	97837.33	107280.1	53173.84	15060.35	12493.61
1984	30305.14	8866.32	31843.51	99795.89	116653.4	61942.96	18804.96	12298.94
1985	4964.7	7365.85	35129.27	96515.45	119100.3	75740.64	27504.76	14831.02
1986	13139.99	6645.2	21653.55	68339.27	81906.86	59709.37	24363.87	12397.33
1987	39928.67	5151.13	15098.61	36466.97	55037.35	87633.19	29019.41	7171.71
1988	5235.71	3544.13	17330.86	40857.35	60145.99	26162.27	10310.78	6422.56

Table 30. (continued). Partial catches, by fishery for VPA-MFCL run.

1989	94694.06	15941.56	21388.93	46726.23	54647.19	44286.55	17544.78	10264.26
1990	15898.18	6762.14	64528.2	114005.3	109181.2	45104.8	12699.91	5166.93
1991	22229.73	15372.54	26197.73	138127.6	276185.4	155396.6	14938.05	4808.82
1992	25980.54	21214.2	120717.1	308462.5	195430.5	44590.58	11223.21	7362.59
1993	61384.88	29284.2	69553.3	157834.5	157629.3	74206.92	16141.04	12194.26
1994	61850.72	52323.07	195280.2	284069	147299.2	84259.55	22224.53	11272.34
1995	38236	39292.8	104338.8	308031.7	177538.8	82983.36	34757.45	16762.81
1996	33325.33	41197.47	172233.5	212472.3	199883.4	124564	50535.7	34005.18
1997	41341.82	25815.48	119431.6	213978.8	347580.2	111044.4	39534.99	25878.09
1998	37422.7	54666.32	255302.1	261938.7	298866.2	122571.3	37223.94	19416.18
1999	170372.2	136056.1	378697.5	346788.3	213342.2	136603.3	68433.57	41544.38
2000	175836.7	126628.6	365191.3	287537.4	142912.9	49173.6	30907.7	28986.56
2001	196290.8	102861.9	121448.7	218679.5	201827.3	87283.59	26522.28	33595.19
2002	194578.9	49677.71	49024.59	112602.8	169506.5	113702.8	43343.62	41450.43
2003	151747.7	56830.93	25546.5	110553.7	189123.5	182195.9	54743.46	34915.38
2004	185363.4	76114.69	63818.36	119548.8	178808.4	105394.2	44417.73	21080.8
2005	91285.78	21441.63	21296.36	73077.49	151136.2	96518.8	40581.33	21727.75

O) FISHERY 15

YEAR	AGE 0	AGE 1	AGE 2	AGE 3	AGE 4	AGE 5	AGE 6	AGE 7+
1975	0	1.13	22.08	245.69	902.94	1063.72	703.11	781.8
1976	0	1104.2	7577.63	11170.86	19537.5	15694.4	7442.74	5980.19
1977	8845.4	35222.87	29099.39	21541	20441.48	4257.05	7639.76	1024.09
1978	0	291.34	2753.78	7392.47	10956.32	12170.7	4870.63	3142.17
1979	9.73	3347.24	18415.71	11985.8	11393.94	7352.1	4361.28	15505.23
1980	1494.99	10075.43	10021.19	27897.1	18918.1	12389.44	4472.37	5010.04
1981	64.32	2913.4	5161.61	11692.42	11055.51	4998.72	1554.24	1346.07
1982	425.69	3284.05	10945.07	18885.2	19009.16	6684.47	2363.08	1856.9
1983	11.04	1664.62	5250.43	7741.15	15128.65	6161.72	2332.27	5165.12
1984	182.04	1414.3	1646.82	8087.59	9129.3	8279.52	2674.21	2513.94
1985	129.93	3157.54	10394.62	7378.09	14280.68	5696.55	1623.21	1765.08
1986	194.01	821.44	7276.06	26874.45	12600.77	5100.08	1460.08	1343.34
1987	35.68	2723.85	11377.72	21485.22	26663.24	11445.6	3310.45	1623.55
1988	328.58	4649.93	12355.21	37073.21	80985.19	27825.83	4312.72	1938.1
1989	198.71	4510.26	9341.32	51541.4	82556.87	24585.12	6746.77	2528.46
1990	176.32	4523.32	11934.84	44555.5	43719.03	13892.67	3035.87	1315.73
1991	77.49	2811.98	31116.08	7281.92	24345.87	7284.35	1179.67	820.13
1992	0	2101.69	28889.23	21400.69	7612.54	1754.78	0	0
1993	9191.24	19368.05	42686.09	35203.48	9517.3	789.17	408.6	37.15
1994	4645.22	15513.77	35840.47	35005.75	32636.36	29876.91	11754.62	7187.42
1995	2227.46	9014.65	37424.32	65511.3	16028.25	4960.9	1483.39	930.42
1996	4549.17	13102.06	7116.82	13484.97	17019.43	9177.9	4788.74	3021.55
1997	0.13	2994.14	27065.04	21245.95	13842.84	622.96	202.81	2.25
1998	45.53	7524.72	32442.36	42351.48	26148.01	9384.65	2648.57	375.37
1999	13.47	21802.88	64397.84	58253.4	20470.6	7148.16	3242.26	478.21
2000	8720.17	45080.85	93784.93	116805.4	58336.71	16606.28	7801.61	23396.86
2001	0	7185.05	17989.96	32901.18	22868.69	5919.58	1112.22	2108.35
2002	25.43	529.12	4662.02	30358.4	19916.2	11848.6	2854.42	3311.28
2003	0	807.02	9091.79	8306.12	10745.13	12429.25	4071.71	3200.83
2004	4.59	1190.72	14698.02	11538.98	11495.88	6385.32	3273.69	3146.75
2005	191.26	6565.04	6901.91	6437.9	7561.98	5323.62	1443.83	919.96

Table 31. Management benchmarks and reference points for the VPA model runs. MSY = maximum sustainable yield; F_{MSY} = Fishing mortality at MSY; SSB_{MSY} = Spawning Stock Biomass at MSY; S/R_{MSY} = Spawners per Recruit at MSY; Alpha and Beta and parameters of the stock-recruitment function; F_{2005} is the fishing mortality in 2005; SSB_{2005} is the spawning stock biomass in 2005; R_{SSBMSY} in the recruitment at the spawning stock corresponding to MSY; SSB_0 is the spawning stock at unfished (virgin) condition; Steepness is the fraction of virgin recruitment obtained on average at 20% of virgin spawning stock size (e.g. steepness = 0.65 implies that 20% of the virgin stock size will yield 65% of the virgin recruitment).

	<i>BASE</i>	<i>MFCL</i>	<i>ALL INDICES</i>	<i>BASE-No Chinese Taipei LL Index</i>
MSY	78,860	65,890	62,300	79,100
F_{MSY}	0.233	0.128	0.126	0.228
SSB_{MSY}	429,400	766,200	800,074	450,000
S/R_{MSY}	9.026	13.640	13.930	9.255
Alpha	7.11E+07	1.34E+08	1.43E+08	7.43E+07
Beta	2.12E+05	1.06E+06	1.19E+06	2.37E+05
F_{2005}	0.231	0.290	0.187	0.247
SSB_{2005}	393,403	336,400	534,161	395,290
F_{2005}/F_{MSY}	0.916	0.439	0.668	0.878
SSB_{2005}/SSB_{MSY}	0.992	2.269	1.482	1.082
R_{SSBMSY}	4.76E+07	5.62E+07	5.74E+07	4.86E+07
SSB_0	1.38E+06	1.93E+06	2.00E+06	1.42E+06
Steepness	0.652	0.413	0.401	0.636

Table 32. Summary of stock status evaluations and associated metrics from various model applications to the bigeye tuna data. Outcomes considered outliers are indicated with an asterisk.

<i>Model</i>	<i>RUN</i>	<i>Options</i>	<i>MSY</i>	<i>F_{msy}</i>	<i>SSB_{msy}</i>	<i>F05/F_{msy}</i>	<i>SSB05/B_{msy}</i>	<i>Steepness</i>
MFCL	3	Use 2007 data (last year = 2005)	116.84	0.251	679.2	0.6635	1.0094	0.787
MFCL	4	Fix M to same values used in the VPA	77.28	0.230	614.8	1.0111	0.7973	0.919
MFCL	5	Fix M to values derived by IATTC	109.8	0.252	676.8	0.6795	1.0310	0.833
MFCL	6	Ignore tagging data and assume a single region	86.68	0.188	700.8	1.1447	0.6865	0.639
MFCL	7	Estimate 2001-2005 catches for Fisheries 13, 14, 15	-- no convergence --					
MFCL	8	Initial stock size estimated with M only	88.24	0.154	947.2	1.3012	0.5869	0.558
MFCL	9	Exact catch option (SS2 solution)	98.24	0.148	636.0	1.1445	0.8976	0.746
MFCL	10	Exclude Tag Group 11	117.12	0.242	702.0	0.6721	0.9840	0.775
MFCL	11	Fewer groupings for selectivity and reporting rates; different f weighting	108.72	0.268	617.2	0.6724	1.0187	0.847
MFCL	12	Fix M to same values in VPA, with only one region	40.32	0.219	333.9	1.2288	1.3085	0.879
MFCL	13	Give less weight to Japanese LL effort series; 3 regions	119.6	0.258	637.2	0.6181	1.0945	0.796
MFCL	14	Give less weight to Japanese LL effort series; 1 region	90.84	0.201	660.4	1.0207	0.7599	0.681
SPM	1	2004 Base case structure; use 2007 data (last year = 2005)				0.8612	0.9489	-
SPM	2	Cont1, Use 2007 data (last year = 2002)						-
SPM	3	BASE1, Use 2007 data (last year 2005) all indices				0.8156	0.9353	-
SPM	4	BASE2, Sep indices = wt				1.4052	0.5890	-
SPM	5	SENS1, No TAI				1.2278	0.6717	-
SPM	6*	SENS2, Only TAI				0.2193	1.7236	-

SPM	7	SENS3, COMB, NO AZORES				0.7696	0.9799	-
SPM	8	S4 remove last 2 taiwan				1.0965	0.7491	-
VPA	1	Use 2007 data (last year = 2005)	78.86	0.233	429.4	0.9160	0.9920	-
VPA	2*	Use 2007 data (last year = 2005) with MFCL effort & fisheries	65.89	0.128	766.2	2.2700	0.4390	-
VPA	3	Use 2007 data and include all indices	62.00	0.126	800.1	0.6680	1.4800	-
VPA	4	Use 2007 data, but exclude Taiwan CPUE	79.10	0.228	450.0	0.8780	1.0800	-
ASPIC	-	Base case for last assessment, Generalized fit, Combined Index	102.40	0.461	222.2	0.7291	1.0680	-
ASPIC	1	Base case for current assessment, combined index, Generalized fit	89.07	0.186	478.4	0.752	1.078	-
ASPIC	2	Base case for current assessment, combined index, Logistic fit	90.82	0.201	451.8	0.871	0.918	-
ASPIC	3	Base case combined index B1/K estimate	87.23	0.172	508.0	0.961	0.861	-
ASPIC	4	Base case separated index weighting by catch, Generalized fit	118.70	0.165	71.92	0.721	1.079	-
ASPIC	6	Base case separated index equal weighting, Generalize fit	116.30	1.136	102.4	1.0540	0.6529	-
ASPIC	11	Sensitivity Taiwanese CPUE only, Logistic fit	119.30	0.156	765.8	0.4116	1.4620	-
ASPIC	12	Sensitivity without Azores BB CPUE, Generalized fit	93.02	0.214	435.2	0.6783	1.1490	-
ASPIC	14	Sensitivity combined index up to 2002, Generalized fit	101.90	0.397	272.6	0.805	1.1320	-
ASPIC	15	Sensitivity combined index up to 2002, Logistic fit	102.60	0.397	258.4	0.904	1.007	-

*Bmsy as for ASPIC

(run numbers are adjusted to those in ASPIC tables)

**B06/Bmsy as for ASPIC

Table 33. Amount of catch used for future projection based on ASPIC analyses.

<i>Year</i>	<i>Catch (t) for base case</i>	<i>Catch (t) for sensitivity analyses</i>
2005	71,020 (based on the statistics)	71,020 (based on the statistics)
2006	71,020 (assumed to be 2005 level)	90,820 (estimate of MSY by ASPIC base case run) or 120,000 (potential quota)
2007-2016	60,000, 70,000, 80,000, 85,000, 90,000, 100,000, 110,000, 120,000 (constant catch)	60,000, 80,000, 100,000, 120,000 (constant catch)

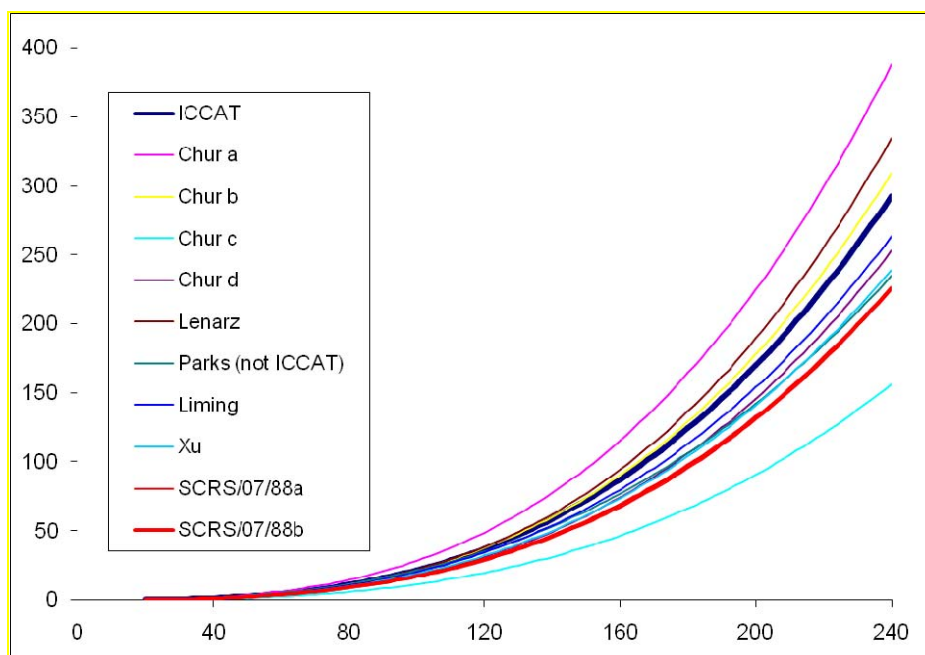


Figure 1. Comparison between the different bigeye length-weight relationships in the Atlantic Ocean.

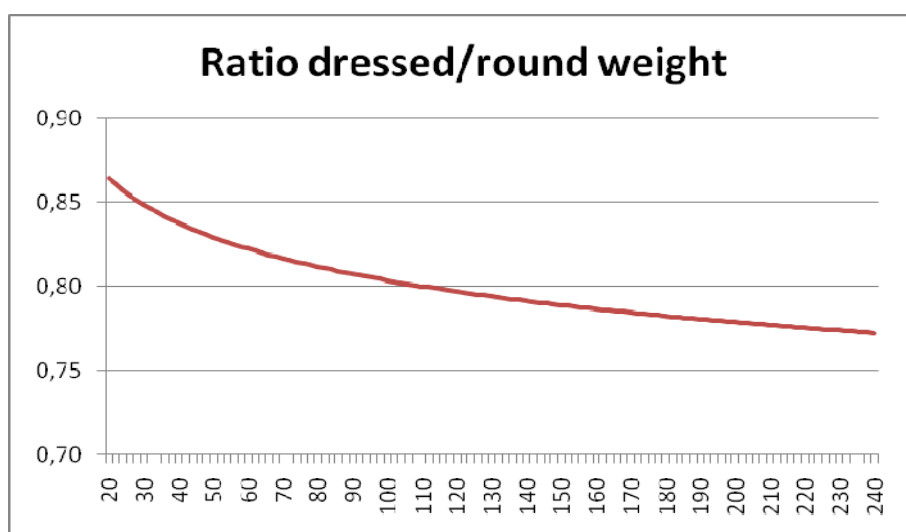


Figure 2. Conversion factor between processed weight from SCRS/2007/068 and the round weight ICCAT weight at length.

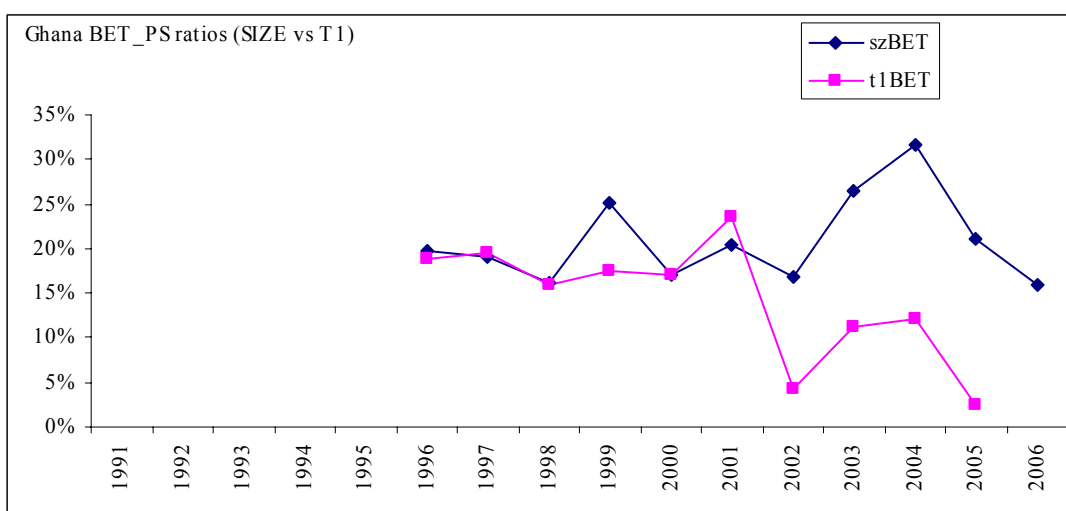
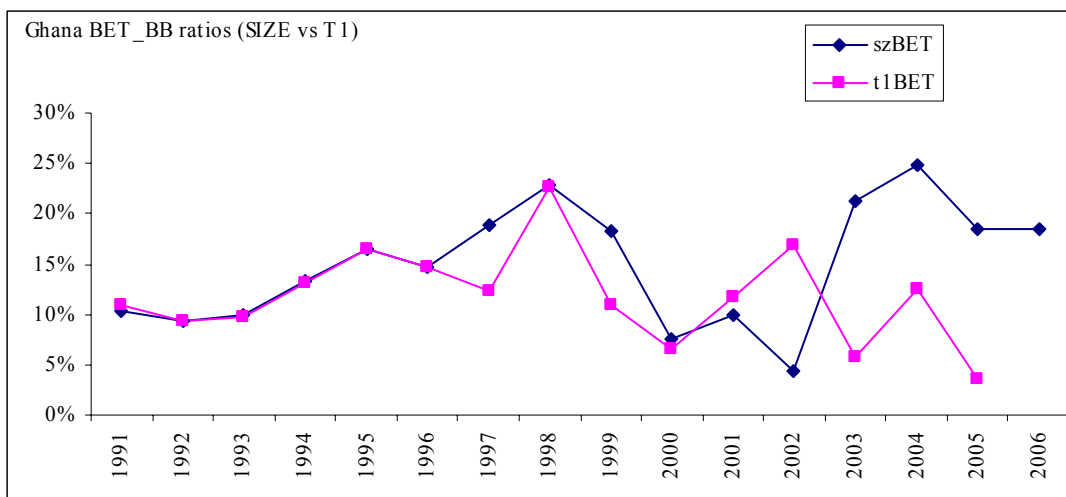


Figure 3. Evolution of the proportion of bigeye in the Task I and catch at size Ghanaian baitboat (upper figure) and purse seine (lower figure) data, since 1991.

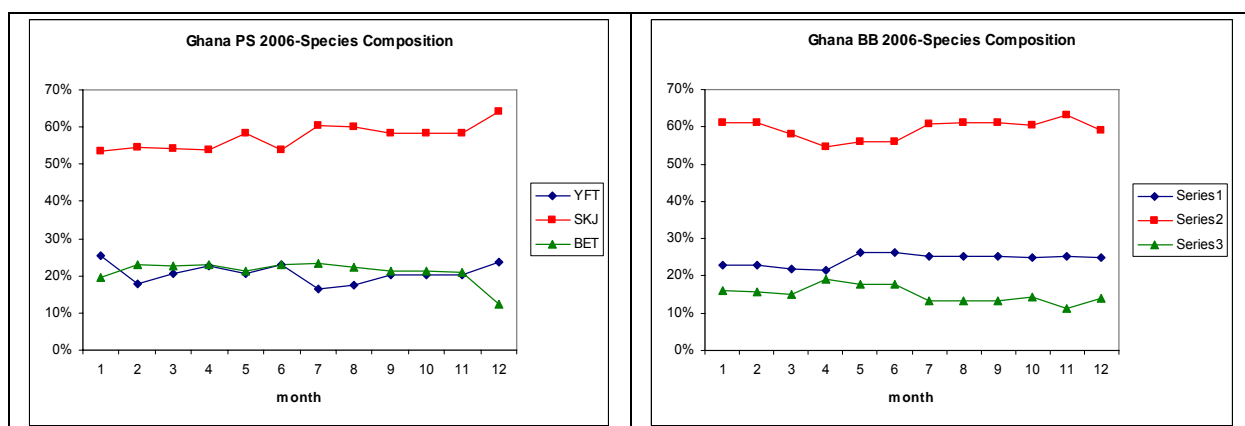


Figure 4. Species composition of Ghanaian catch for the year 2006 estimated from the new data processing system used in this fishery recently.

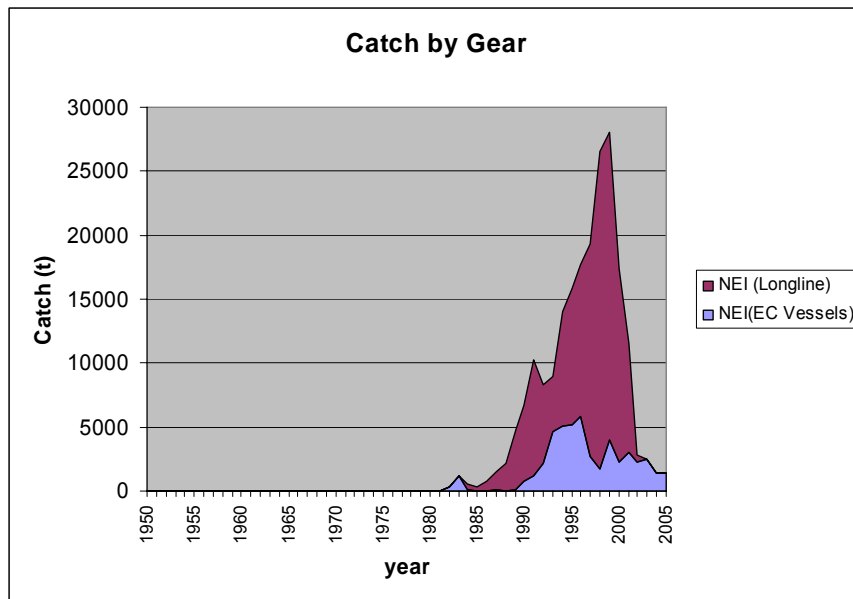


Figure 5. Estimated catches as recorded NEI in ICCAT catch data base.

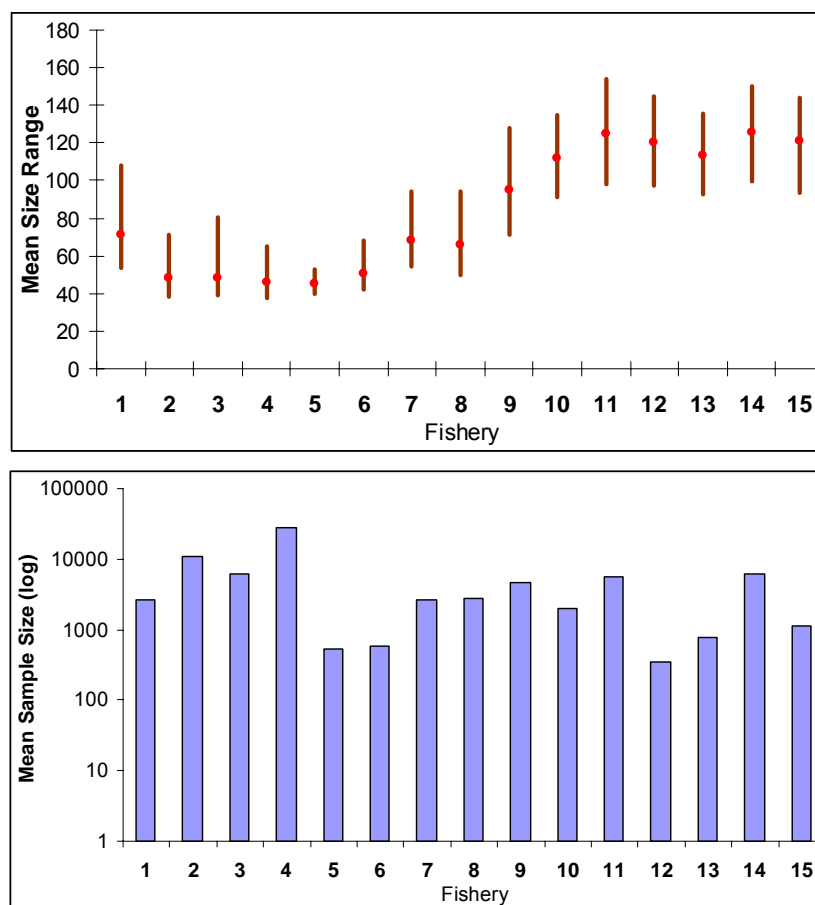


Figure 6. Average of the mean of the 10th, 50th and 90th percentiles of relative size frequency distributions used in the Multifan-CL analysis (upper) and mean sample size in logarithmic scale (lower).

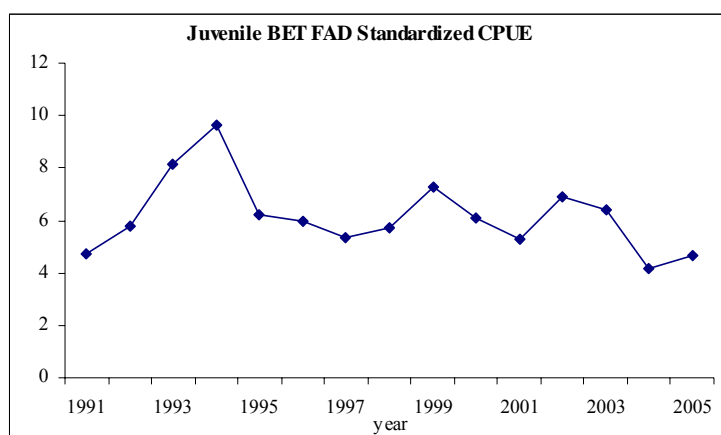
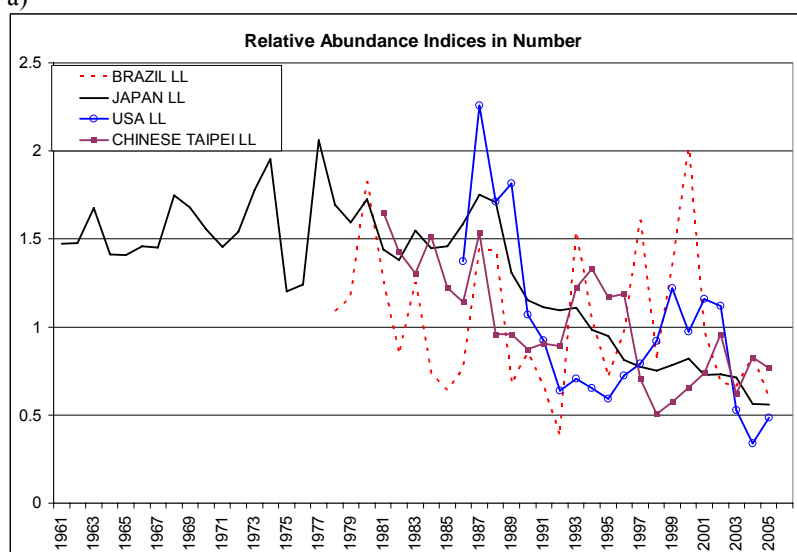


Figure 7. Standardized juvenile bigeye CPUE from European and associated purse seine fleets fishing with FADs.

a)



b)

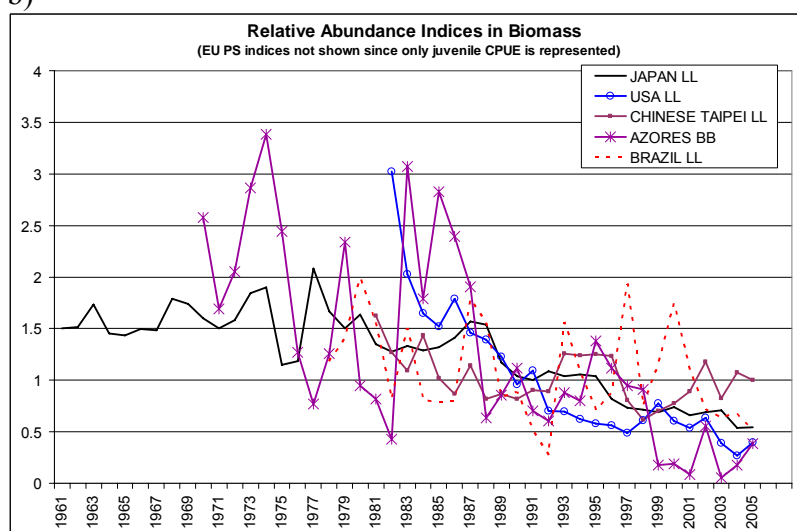


Figure 8. Relative abundance indices for different longline fleets in number (a) and biomass (b).

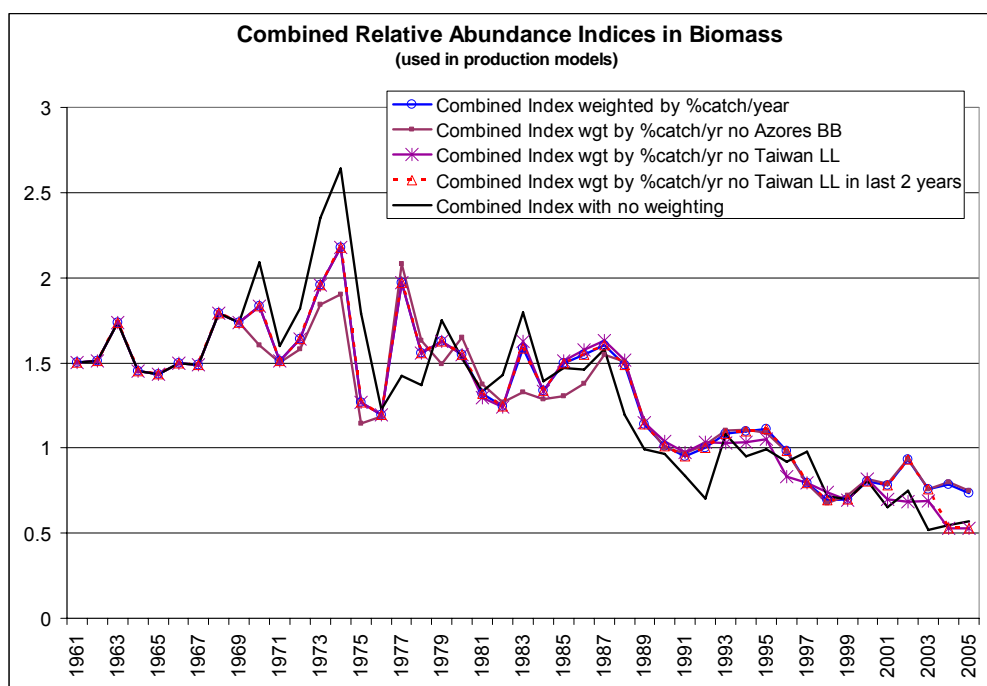
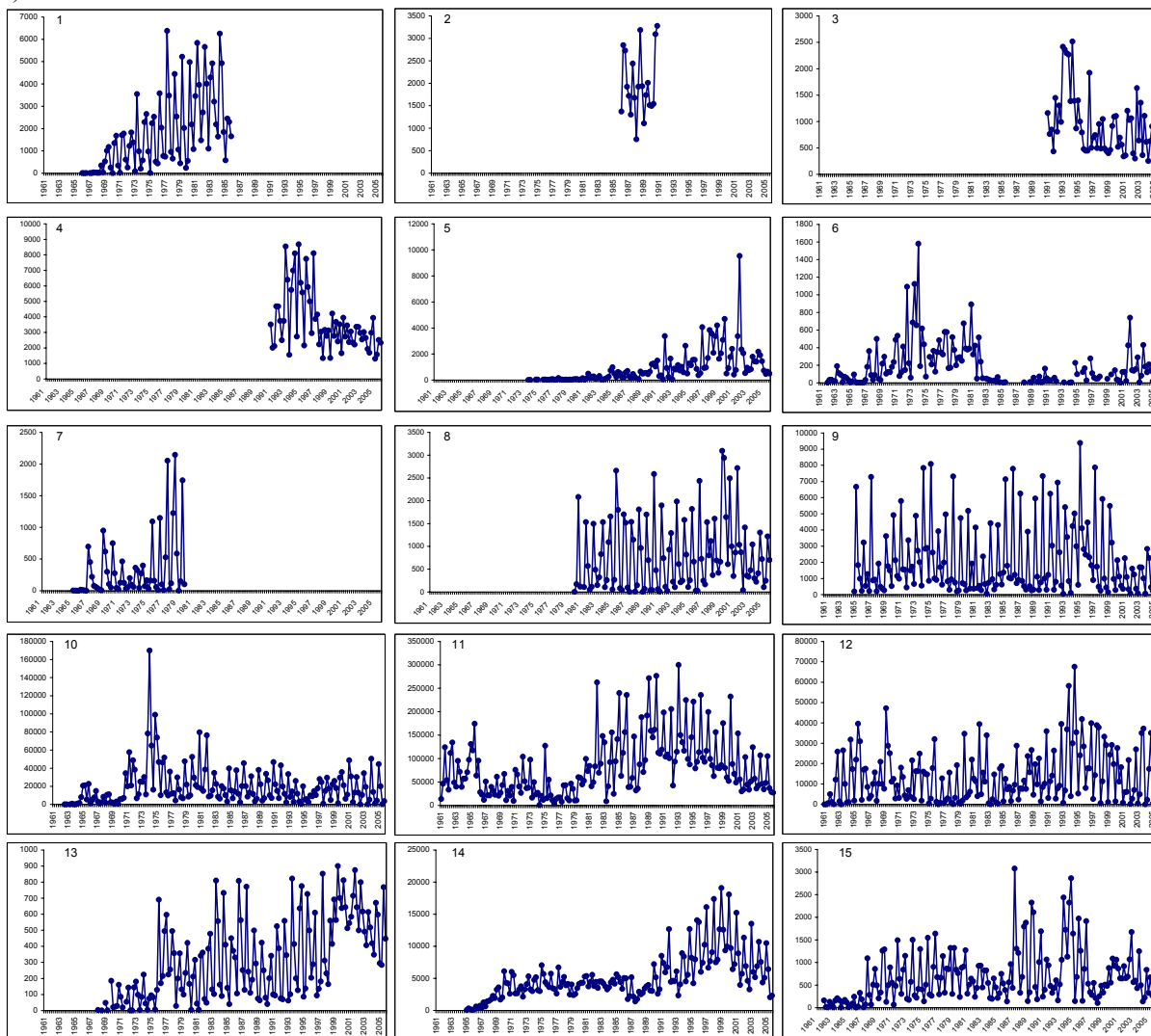
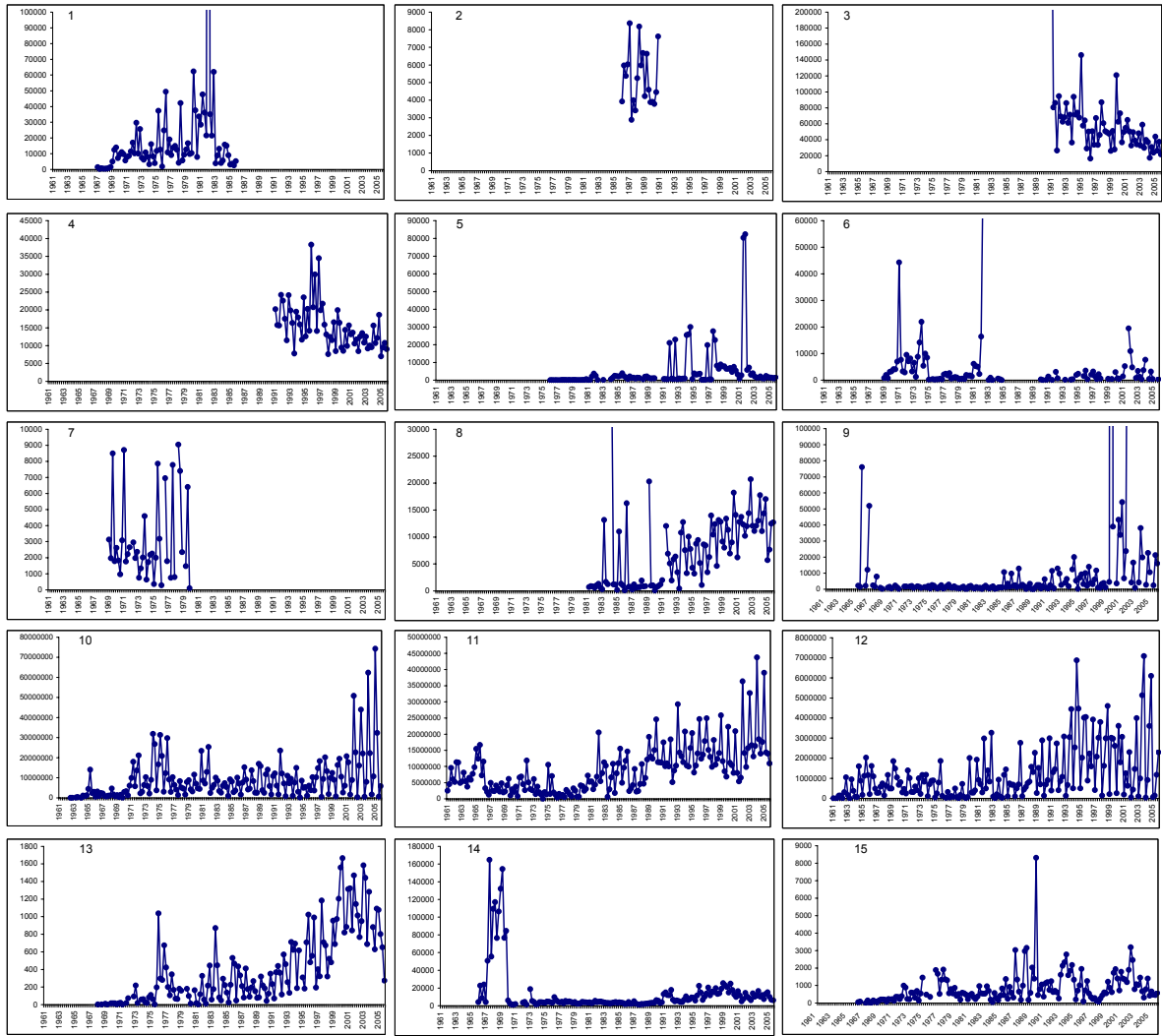


Figure 9. Combined relative abundance indices in biomass used in production models.

a)



b)



c)

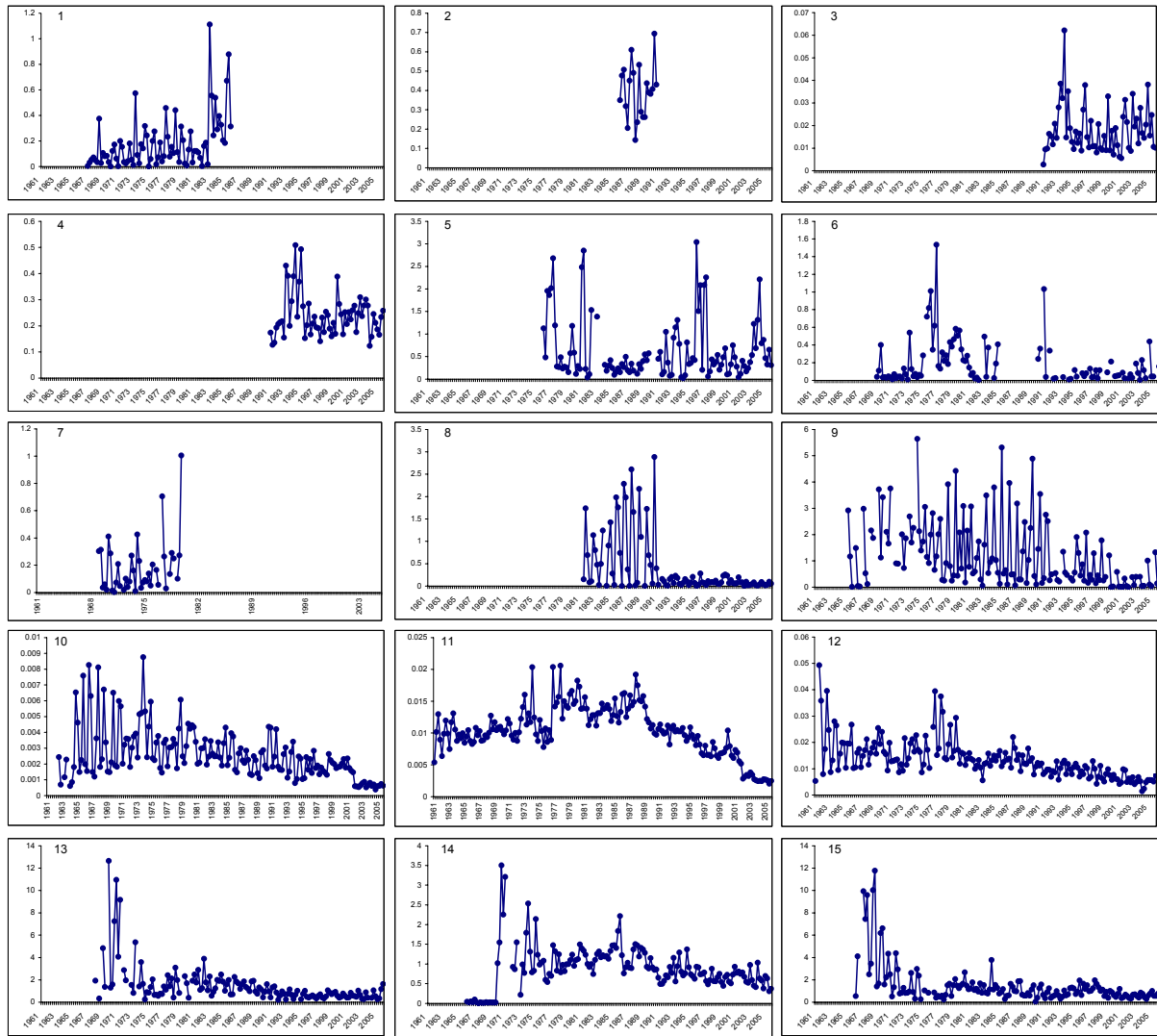
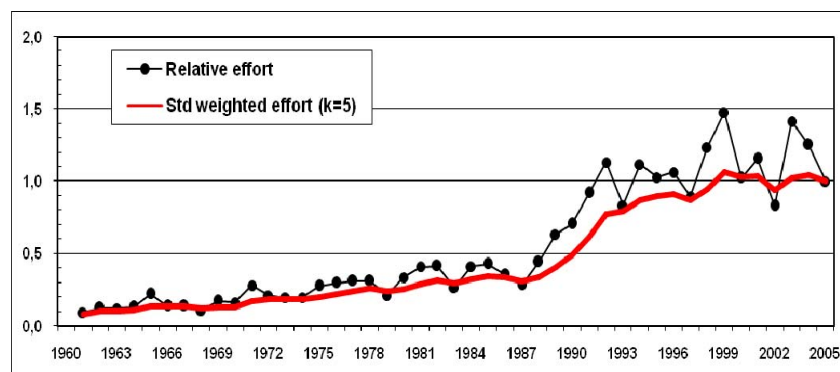


Figure 10. Data used in MULTIFAN-CL by fishery for. Catch (a), effort (b) and CPUE (c) series.



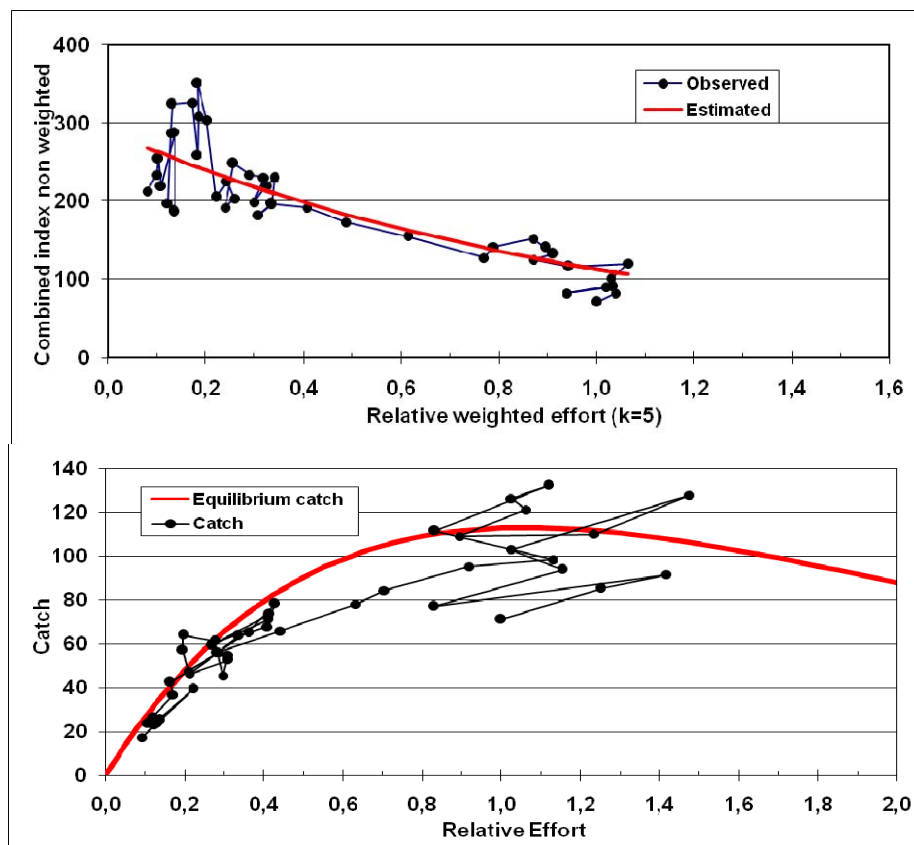


Figure 11. Fits of PRODFIT models obtained from the combined index not weighted, in the case of Fox model ($m=1$) and $k=5$.

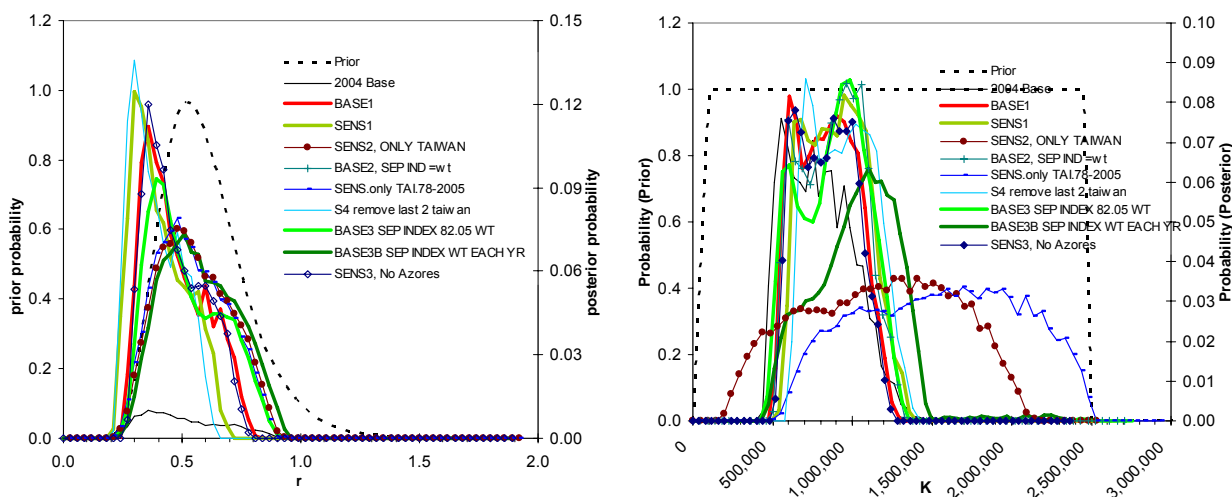


Figure 12. Prior and posterior distributions for r and K for each model run.

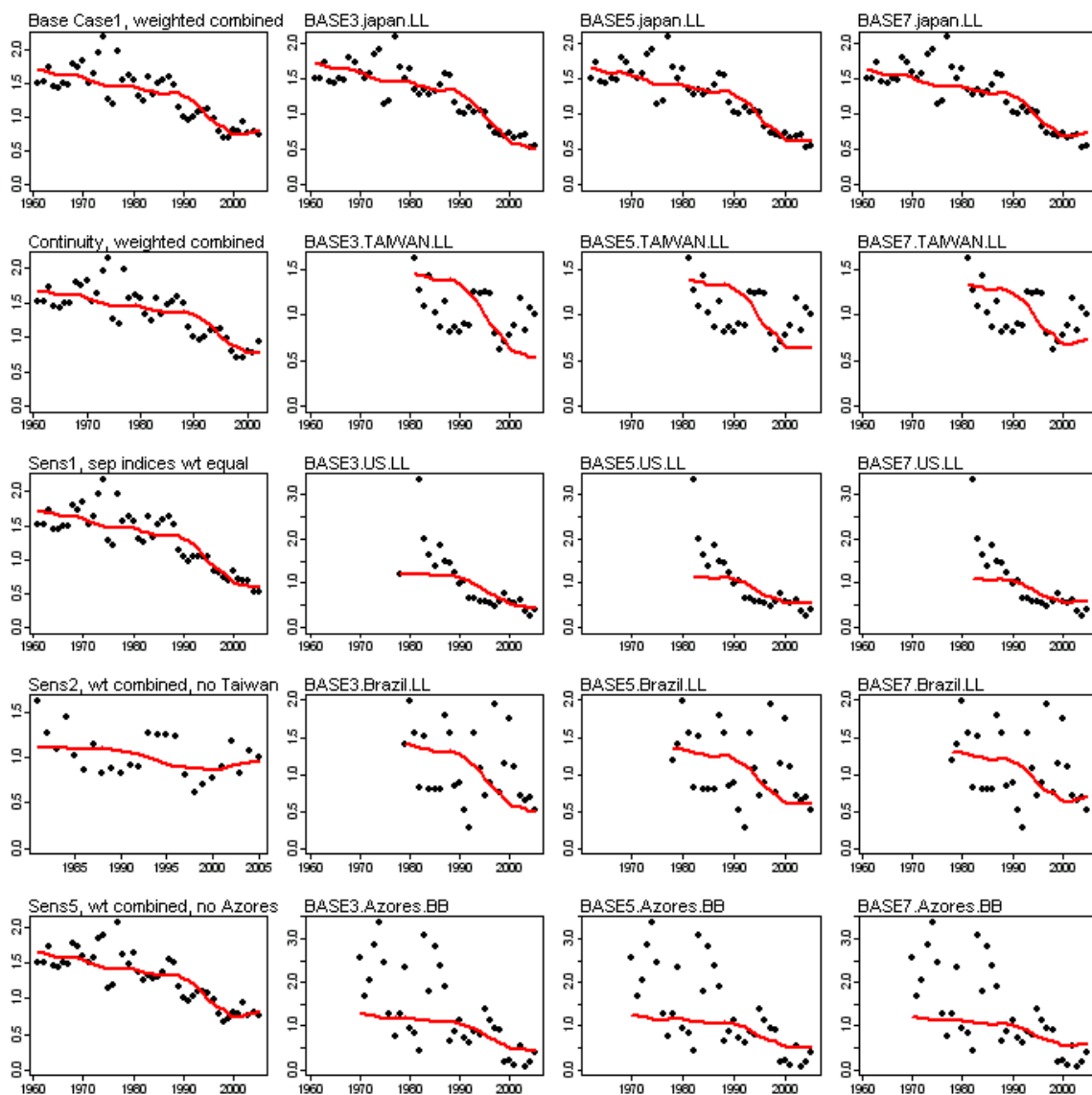


Figure 13. BSP model fits to individual standardized indices.

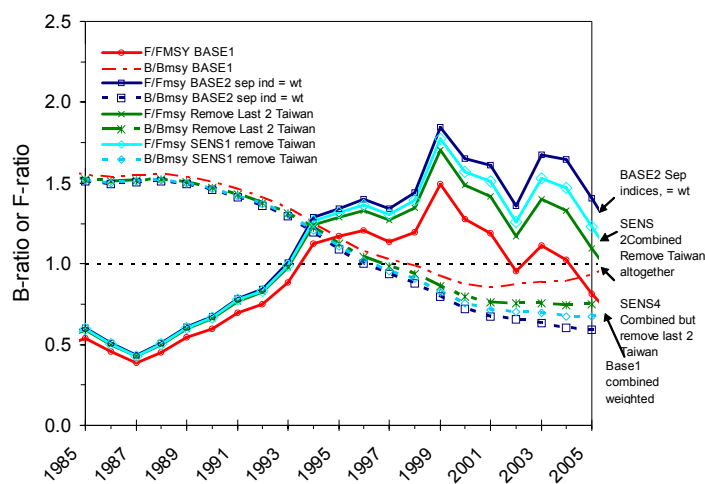


Figure 14. Biomass and F-ratio plot for comparisons of the two base models (weighted by landings and equal weighting of separate indices) and two sensitivity models.

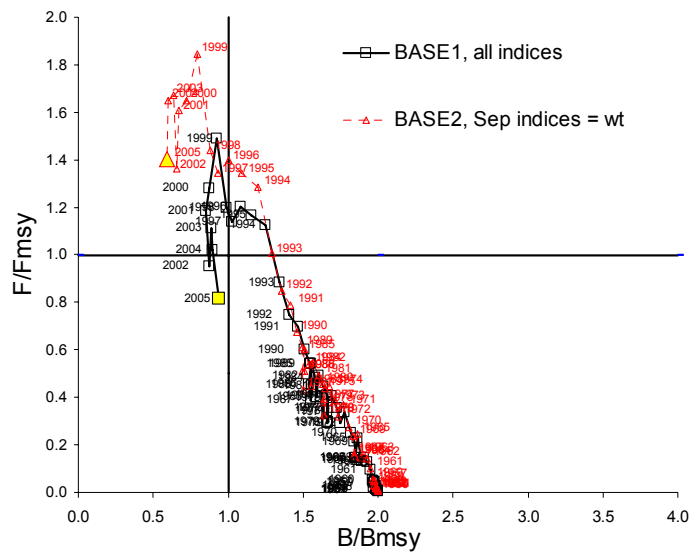


Figure 15. Stock status trajectory plot for base case 1, all indices weighted by landings and base case 2, separate indices weighted equally. The terminal year is shown as indicated shown in yellow.

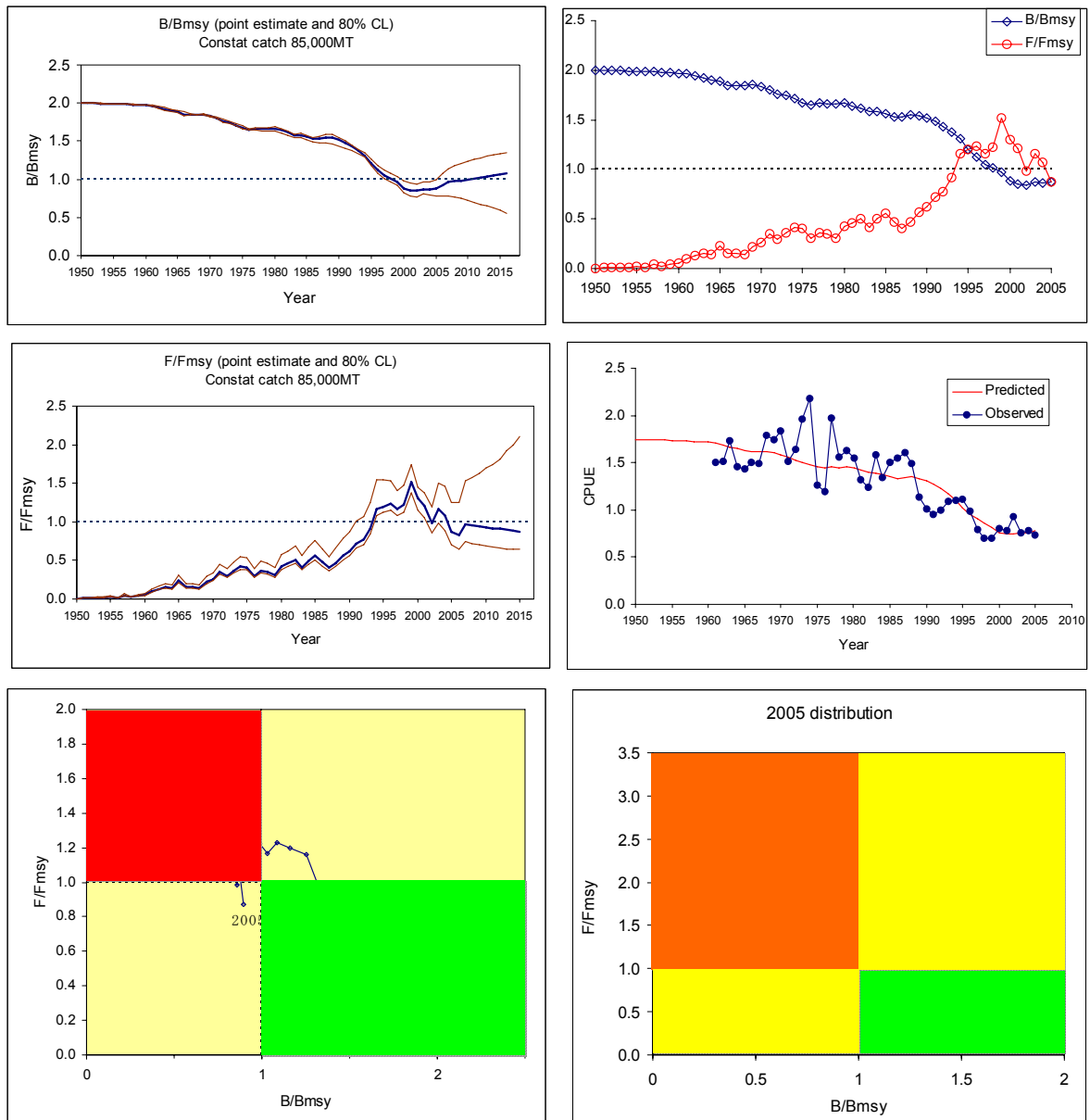


Figure 16. Results of base case ASPIC (Ver. 5.16) run (top left: B-ratio with 80% bootstrap C.L., top right: B-ratio and F-ratio, middle left: F-ratio with 80% C.L., middle right: CPUE trajectory, bottom left: historical trend of the relationship between B-ratio and F-ratio, and bottom right: distribution of relationship between B-ratio and F-ratio in 2005).

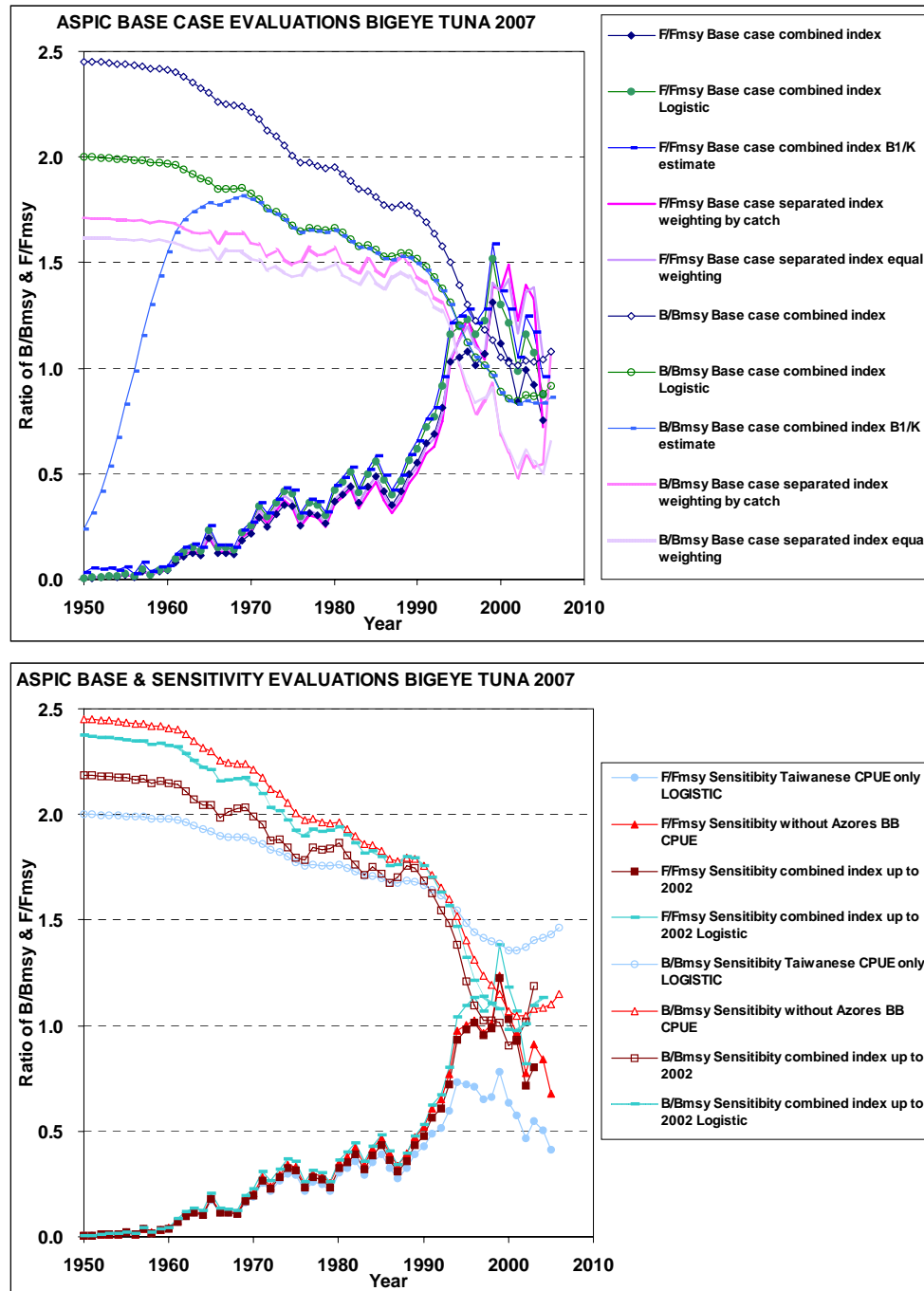


Figure 17. Comparison of B-ratio and F-ratio by analyses of ASPIC (Ver. 5.16) run (top: base cases including potential base cases, bottom: sensitivity analyses).

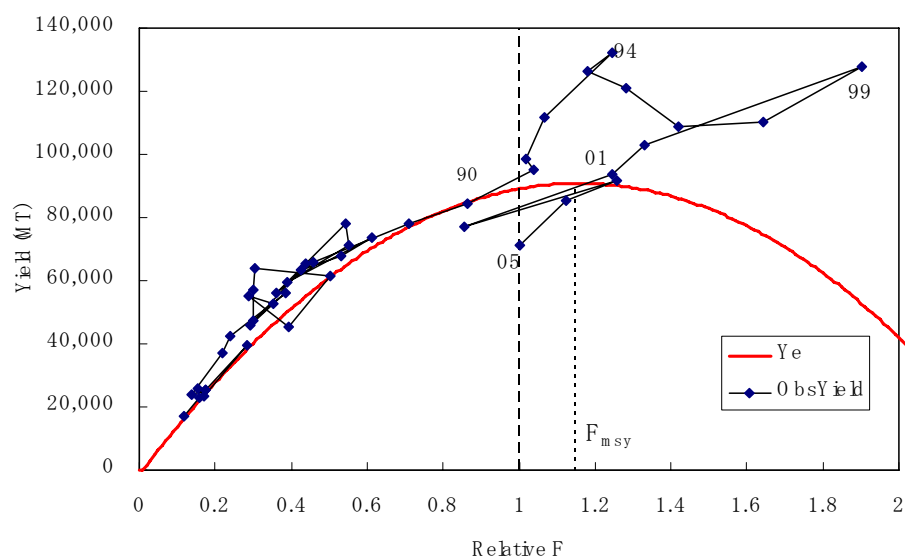


Figure 18. Equilibrium yield obtained from ASPIC base case model and yearly catches.

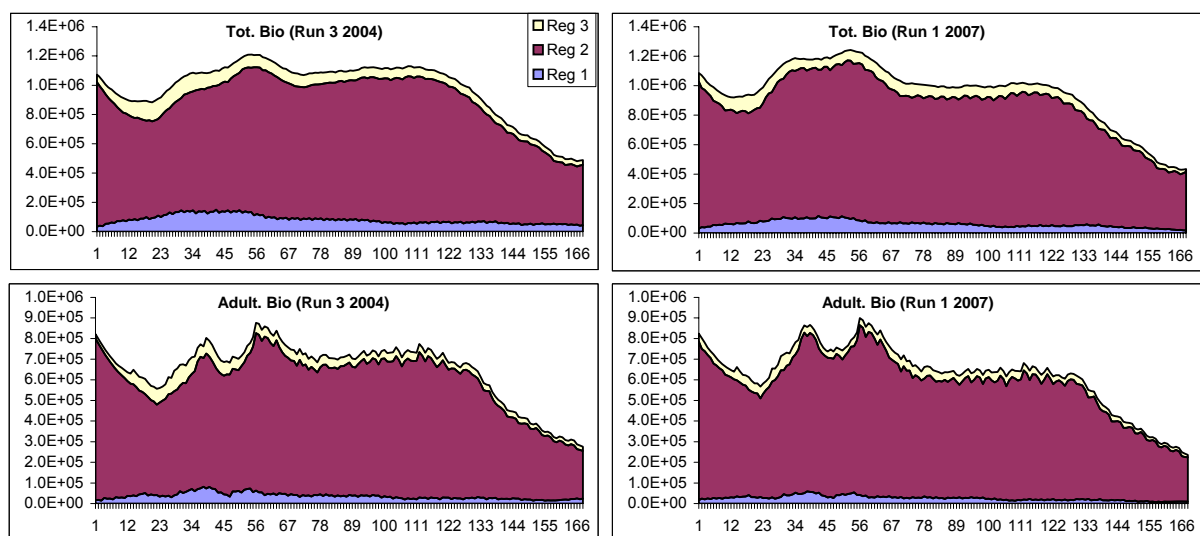


Figure 19. Comparison of total and adult biomass obtained with changes to assumed region sizes and recruitment distributions.

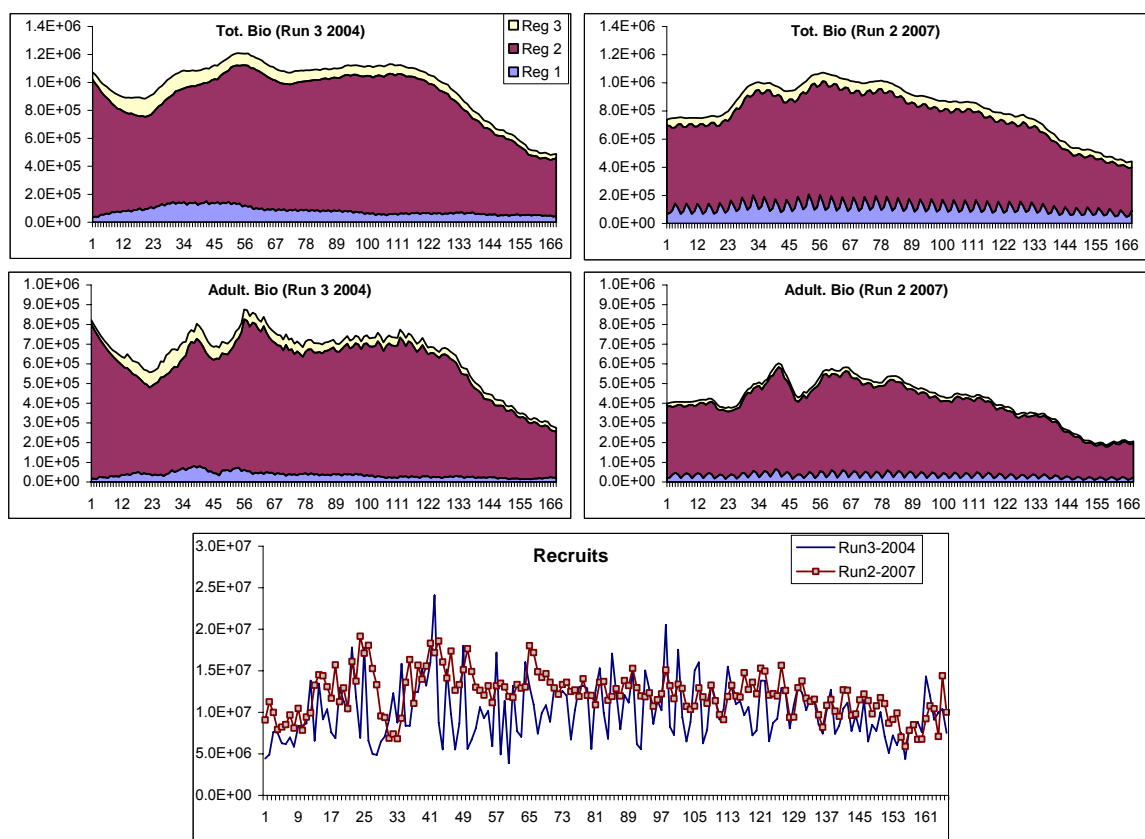
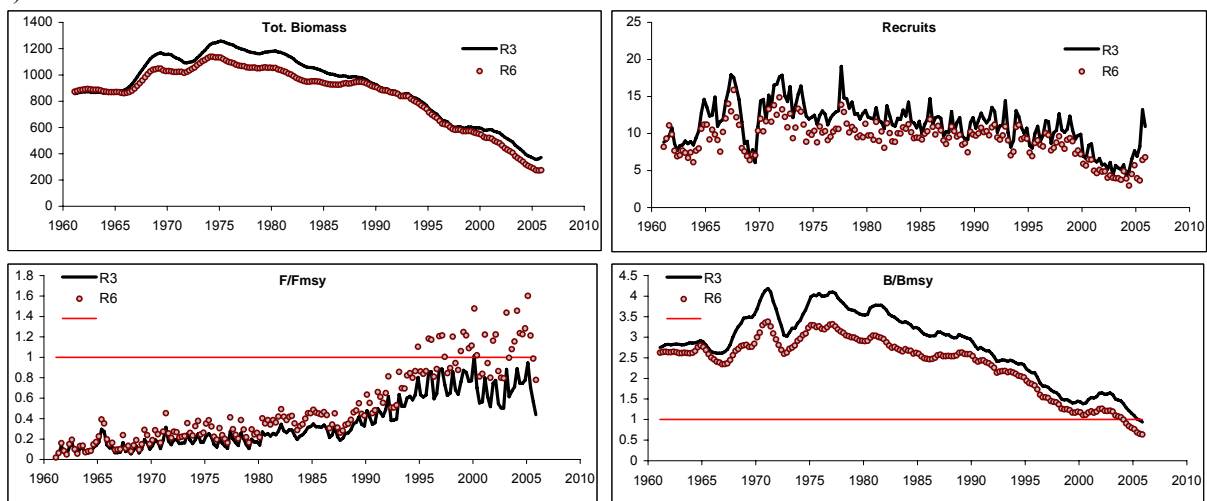


Figure 20. Comparison of estimates of total biomass, adult biomass and recruitment obtained using similar assumptions and different datasets (developed in 2004 and in this assessment).

a)



b)

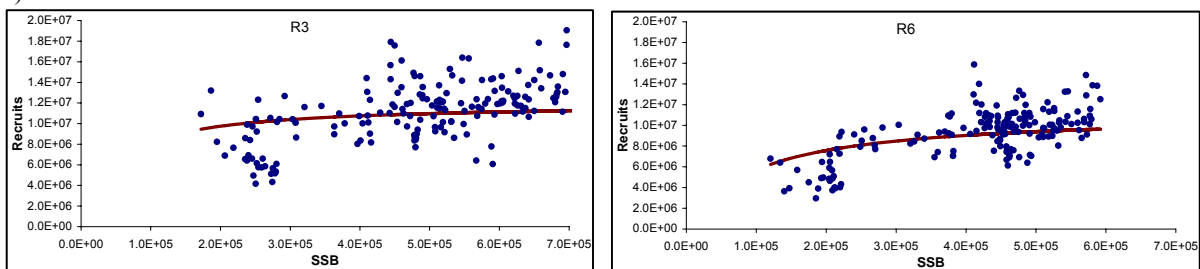


Figure 21. Multifan-CL results. Estimates of total biomass, recruitment, F/F_{msy} and SSB/SSB_{msy} obtained with 3 regions (Run 3) and a single region without tagging data (Run 6) (a). Stock-recruitment relationships obtained with 3 regions (Run 3) and a single region without tagging data (Run 6) (b).

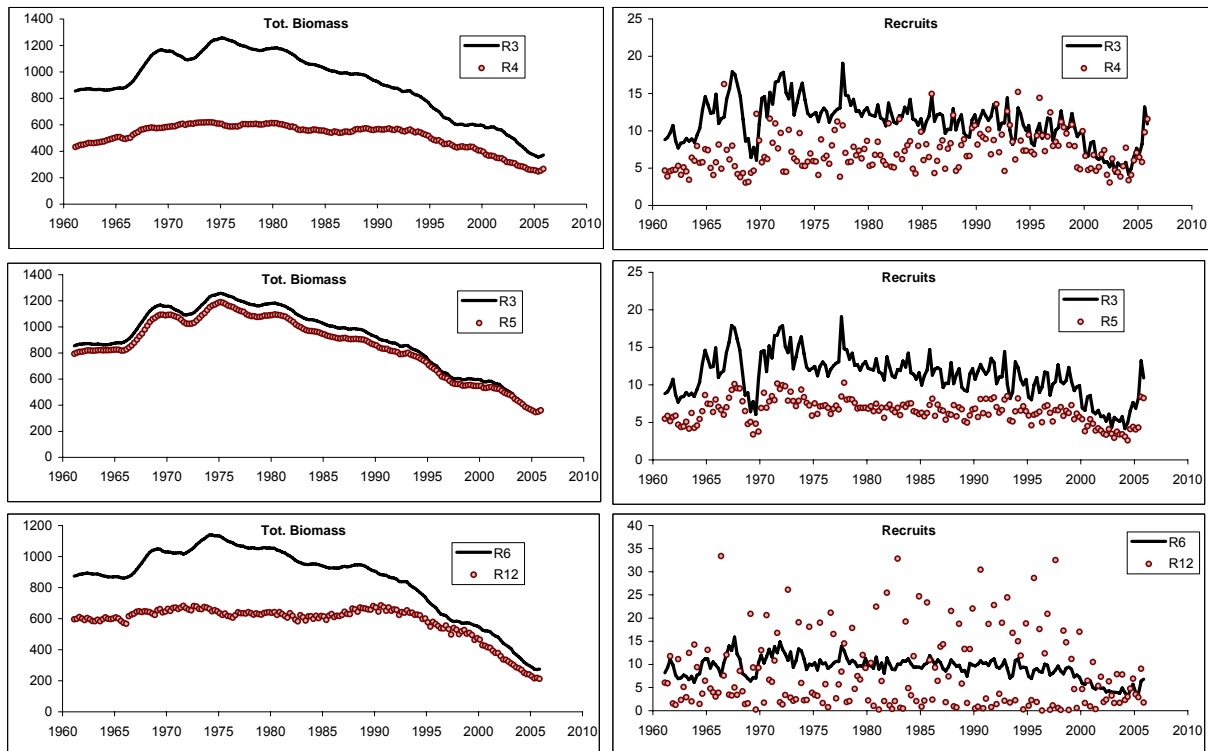


Figure 22. Estimates of total biomass and recruitment obtained with runs where M was estimated (R3 and R6) or fixed (R4, R5 and R12).

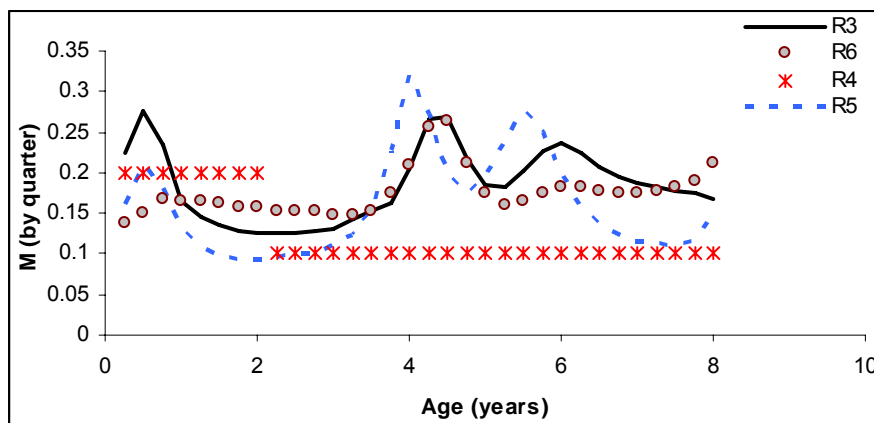


Figure 23. Estimated or input natural mortality for various runs.

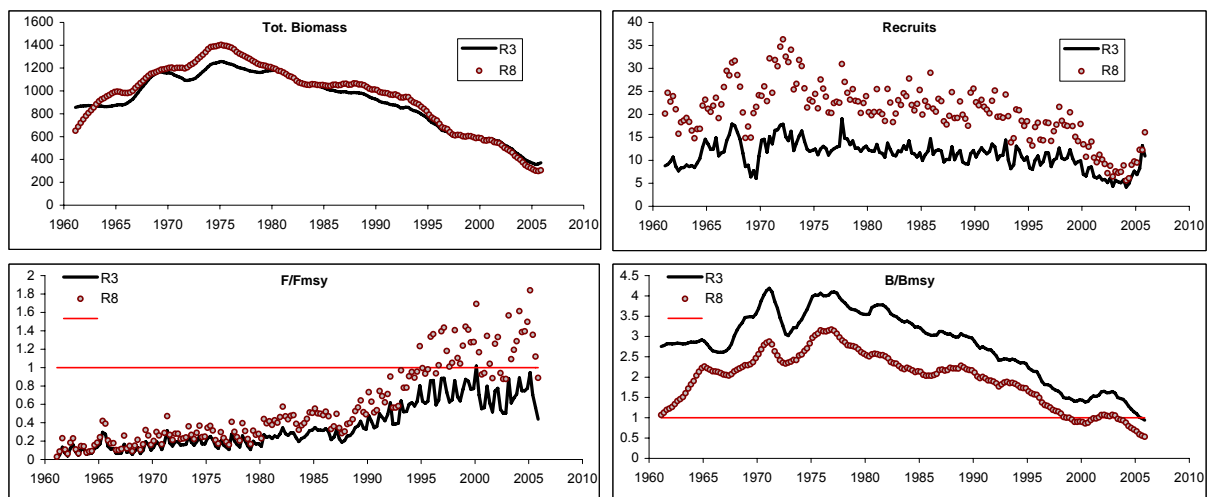


Figure 24. Estimates of total biomass, recruitment, F/F_{msy} and SSB/SSB_{msy} obtained when the 1961 stock size was estimated using total mortality (R3) or natural mortality only (R8).

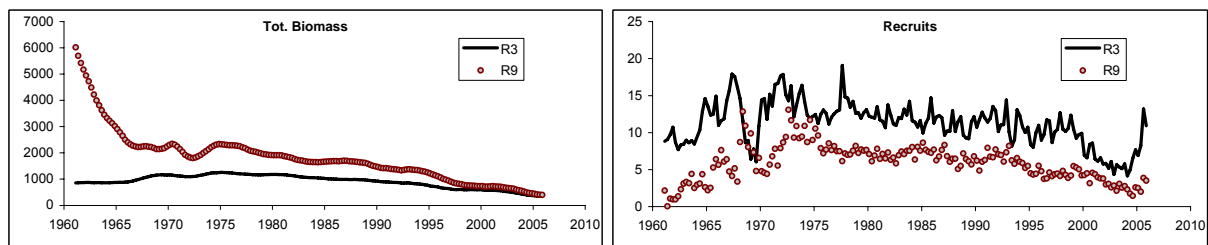


Figure 25. Estimates of total biomass and recruitment obtained with different software versions and different assumptions underlying trends in catchability.

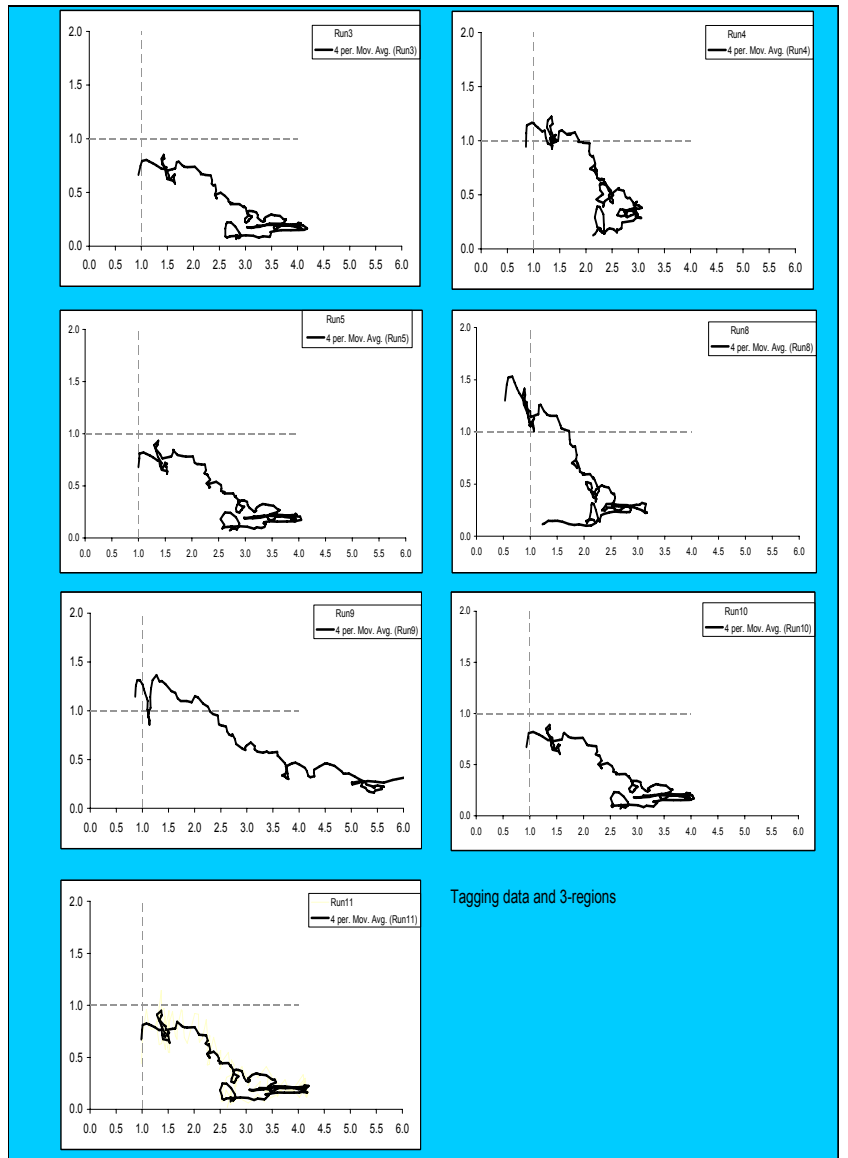
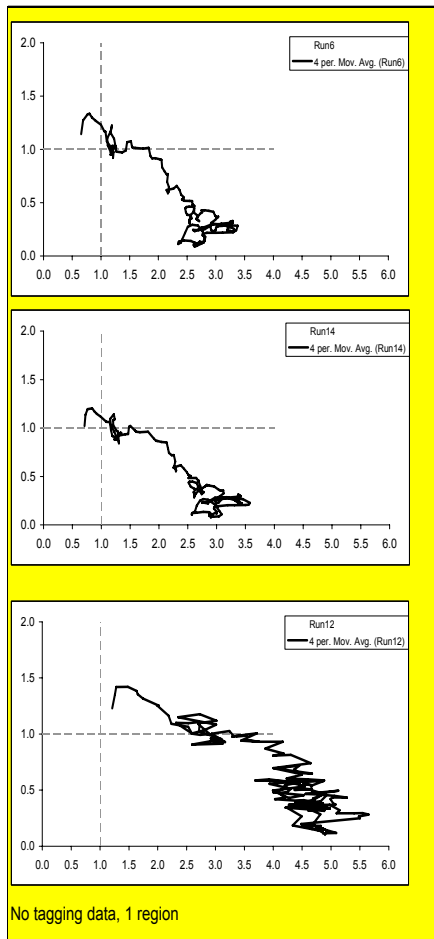


Figure 26. Estimates of the time-series of B/B_{MSY} and F/F_{MSY} for the various MULTIFAN-CL model fits.

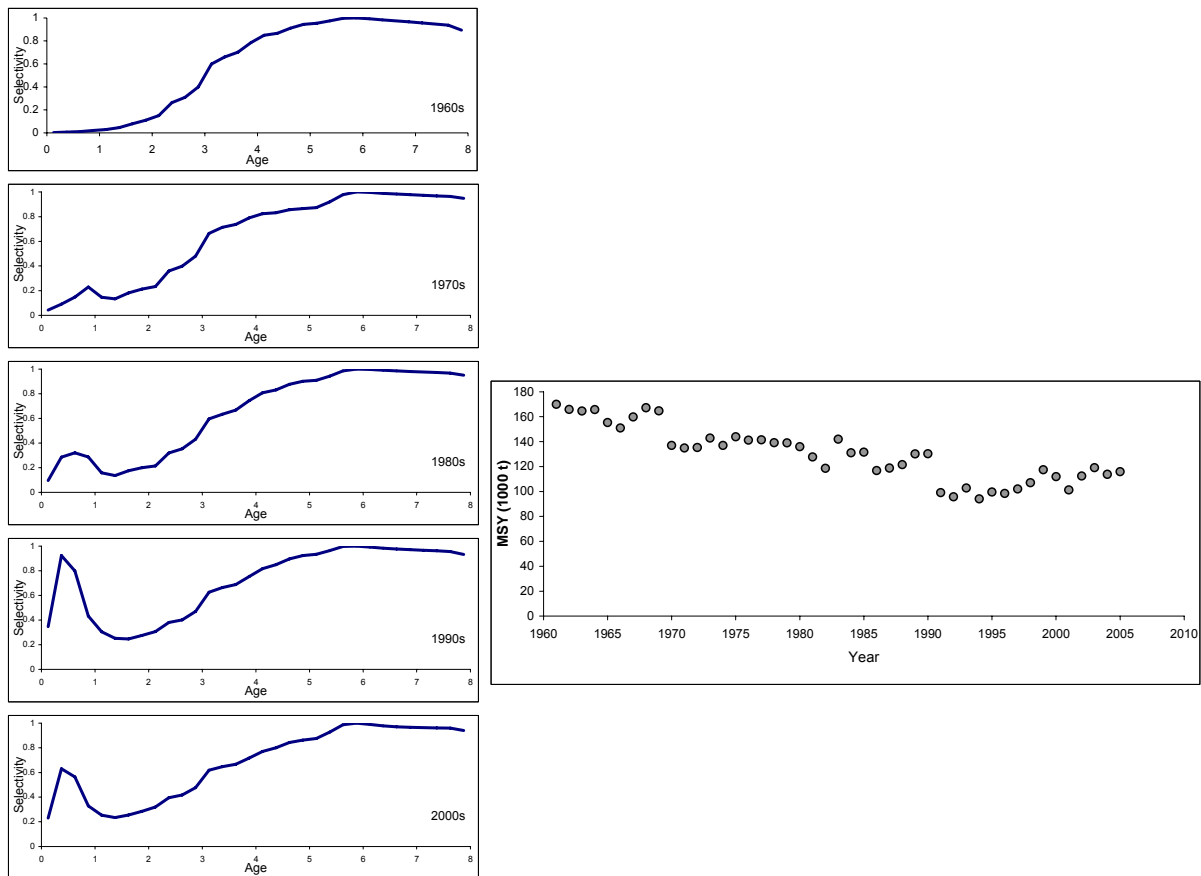


Figure 27. MSY can change considerably with changes in the relative fishing effort exerted by surface and longline fisheries. As an example, the plates on the left represent the estimated overall selectivity for BET exerted by the mix of fisheries harvesting this species by decade from the MULTIFAN-CL Run 3 outcomes. On the right is the resulting estimate of MSY implied by that mix of fisheries. As the selectivity on small fish increases, the MSY declines as does the overall fishing mortality rate that results in the corresponding MSY.

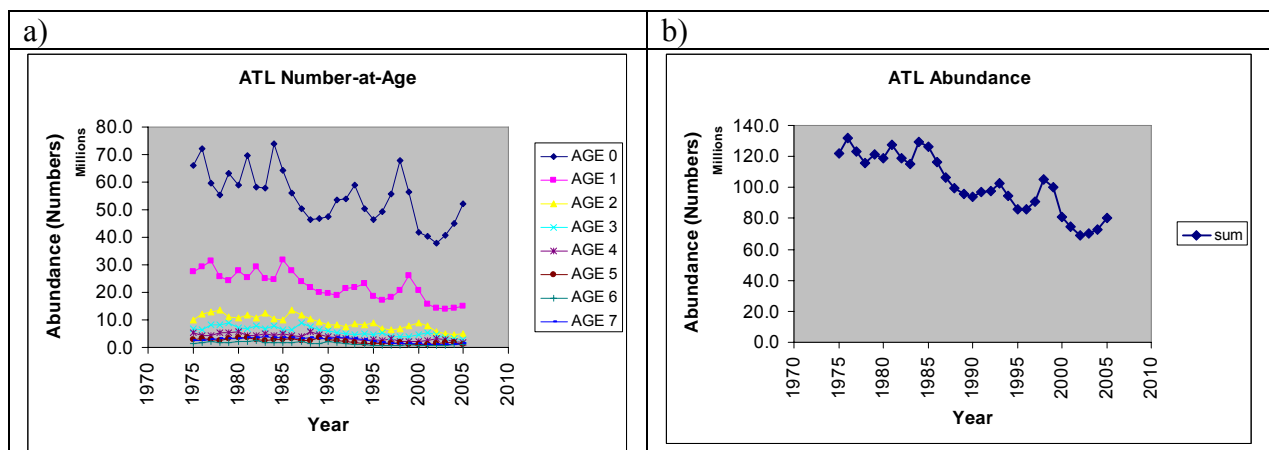


Figure 28. Number-at-age (A) and abundance (B) of bigeye tuna.

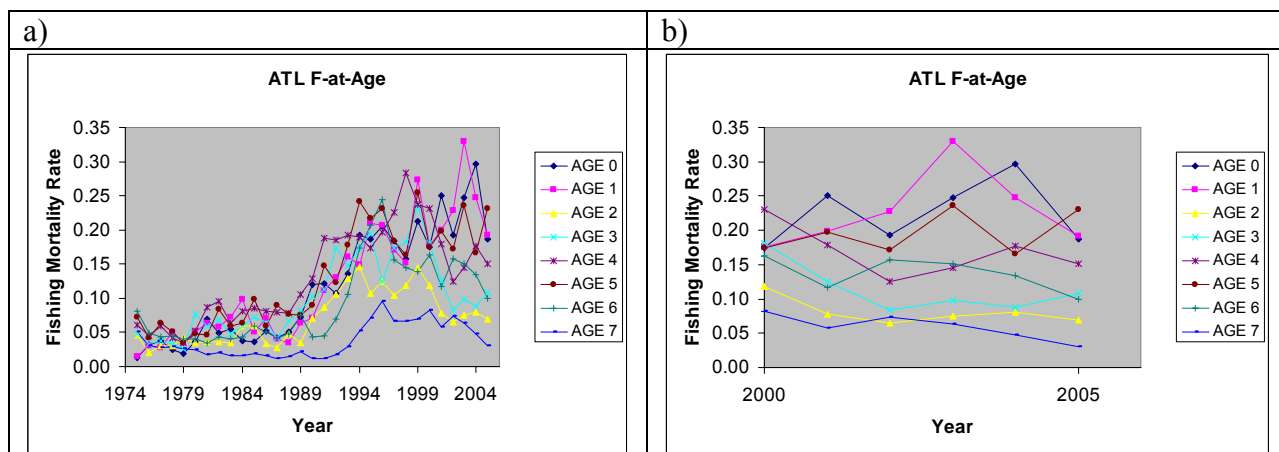


Figure 29. Fishing mortality-at-age for bigeye 1975-2005 (A), and 2000-2005(B).

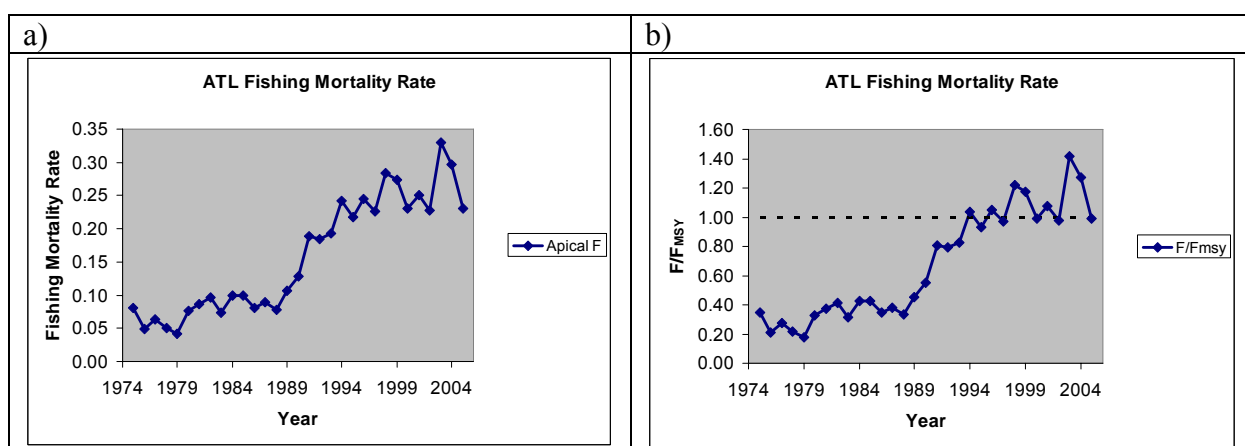


Figure 30. Apical fishing mortality (A), and Apical F/F_{MSY} (B) for bigeye 1975-2005.

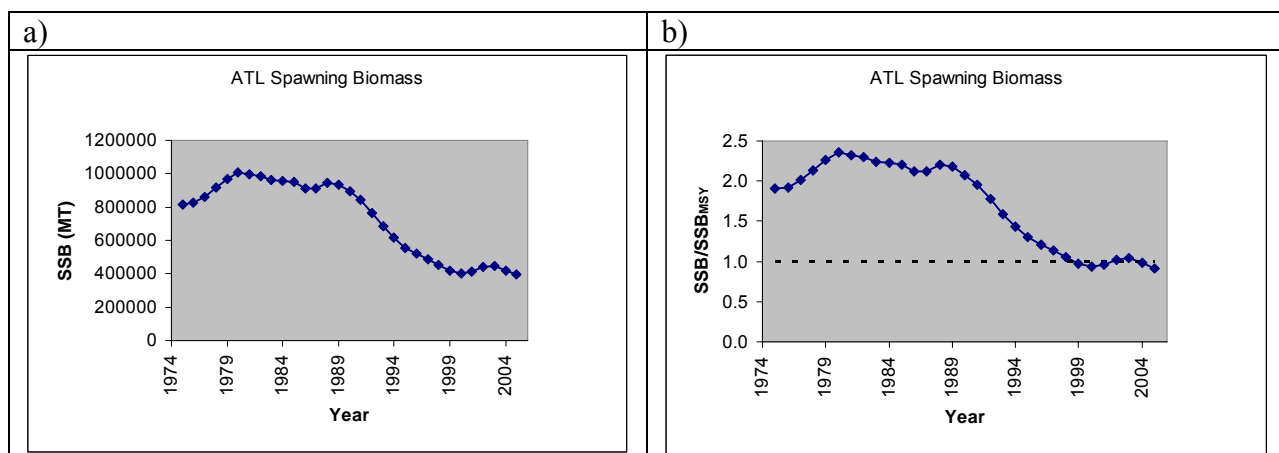
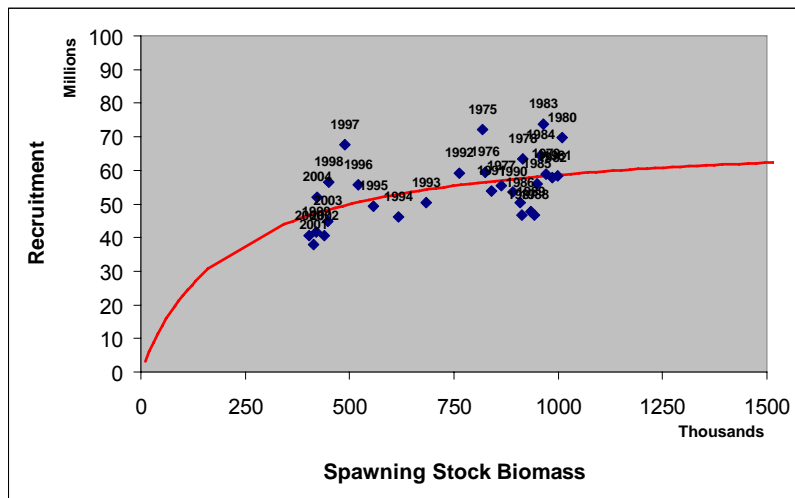


Figure 31. Spawning stock biomass (A), and SSB/SSB_{MSY} (B) for bigeye 1975-2005.

a)



b)

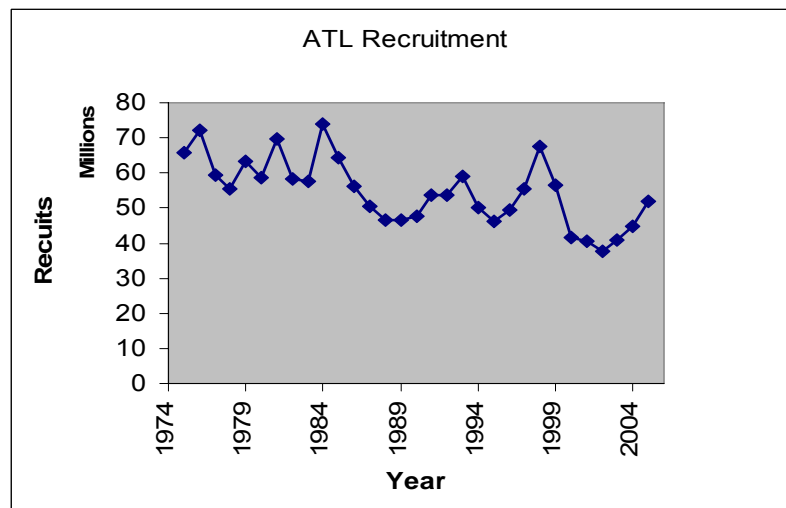


Figure 32. a) VPA estimates Spawner/Recruit relationship fit with Beverton-Holt. b) Recruitment of bigeye, 1997-2005.

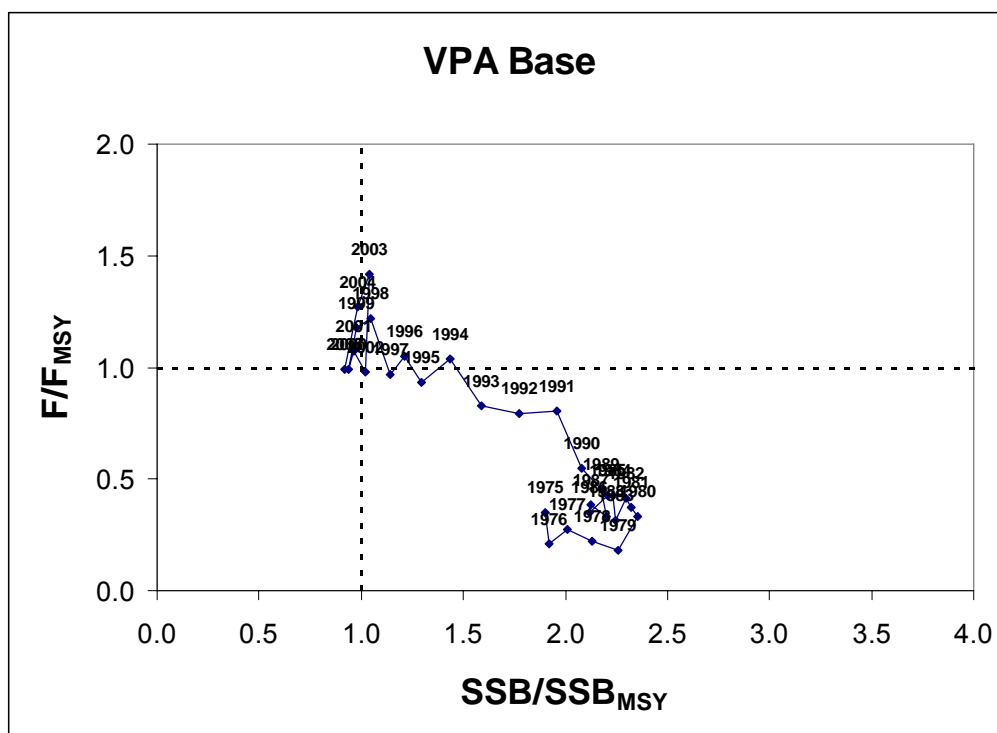


Figure 33. Trajectory of stock status by year.

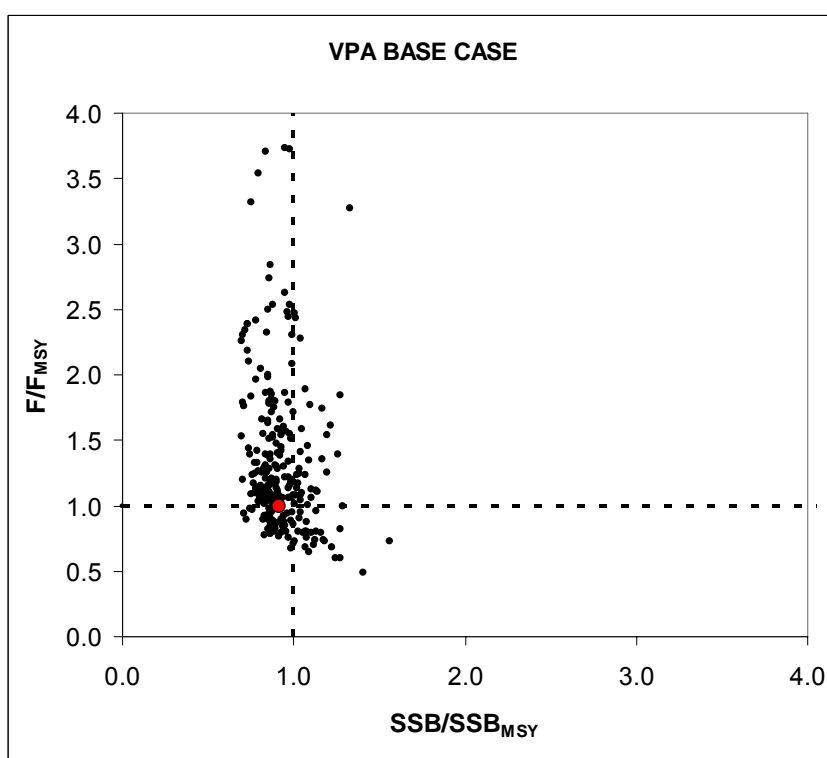


Figure 34. Stock status estimates from 250 bootstrap runs on the VPA Base run. The large red data point is the deterministic run result.

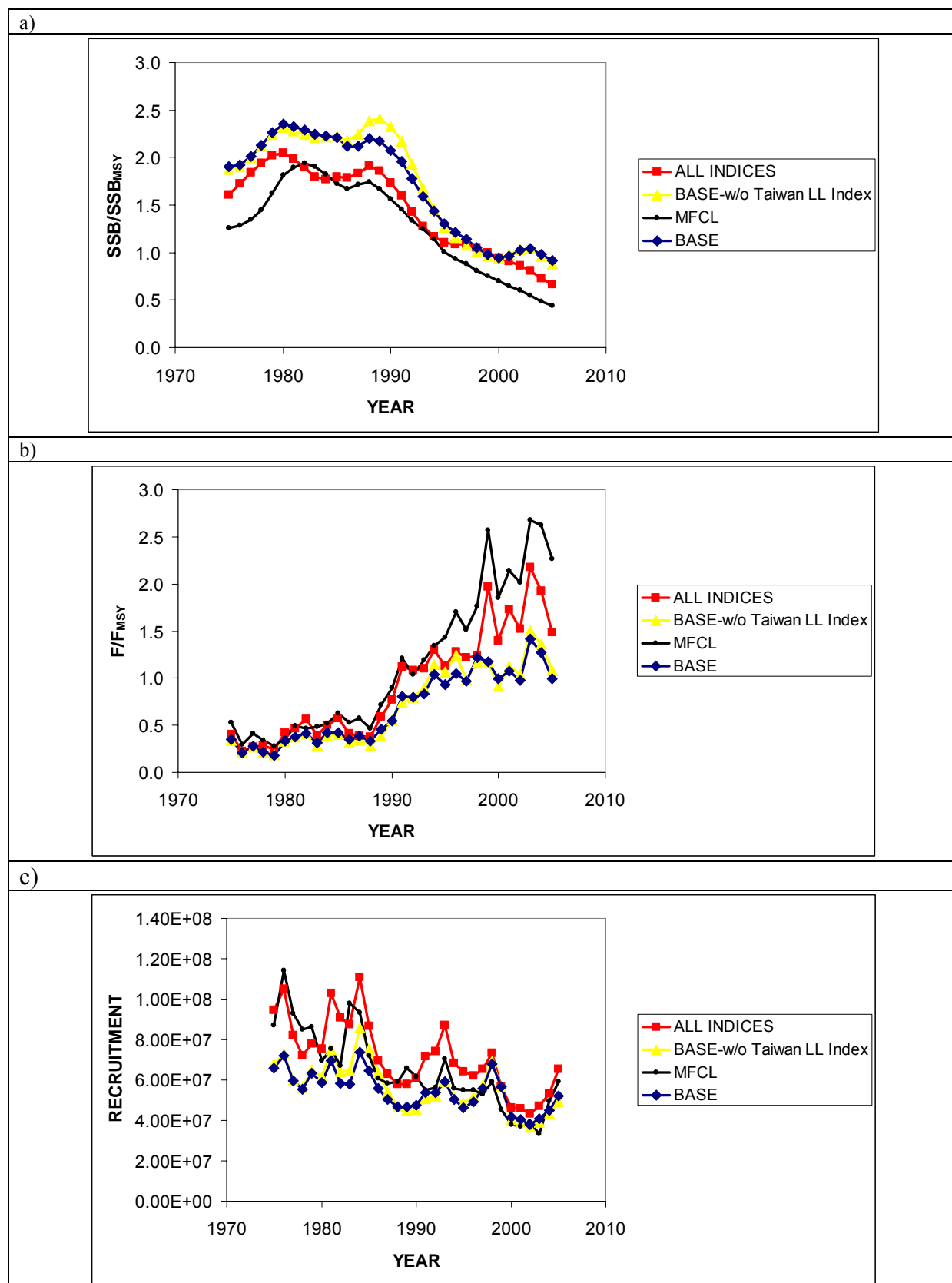


Figure 35. Annual estimates of SSB/SSB_{MSY} (A), F/F_{MSY} (B) and recruitment (C) for the VPA base and sensitivity runs.

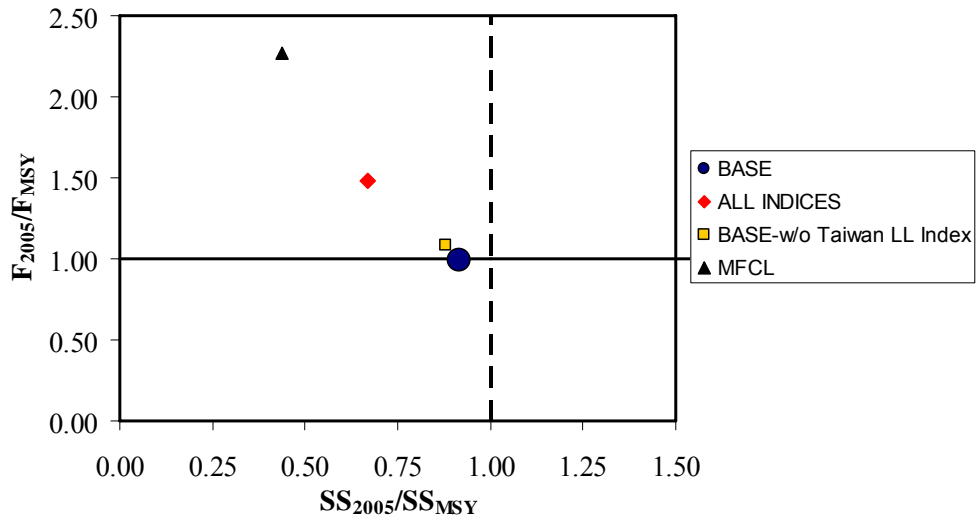


Figure 36. Current stock status (2005) of bigeye from the VPA base and sensitivity runs.

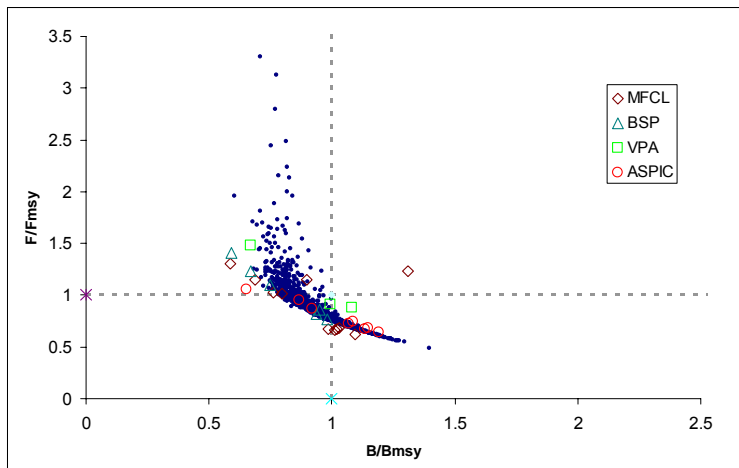


Figure 37. Range of stock status evaluations from the various model formulations applied, not all of which were judged to be equally likely. The small open circles represent the bootstrapped distribution of the most appropriate production model used to assess bigeye status in 2005. While the group felt this characterization best represented the current status of bigeye in the Atlantic, there are other model formulations which would admit both more optimistic and more pessimistic stock status evaluations.

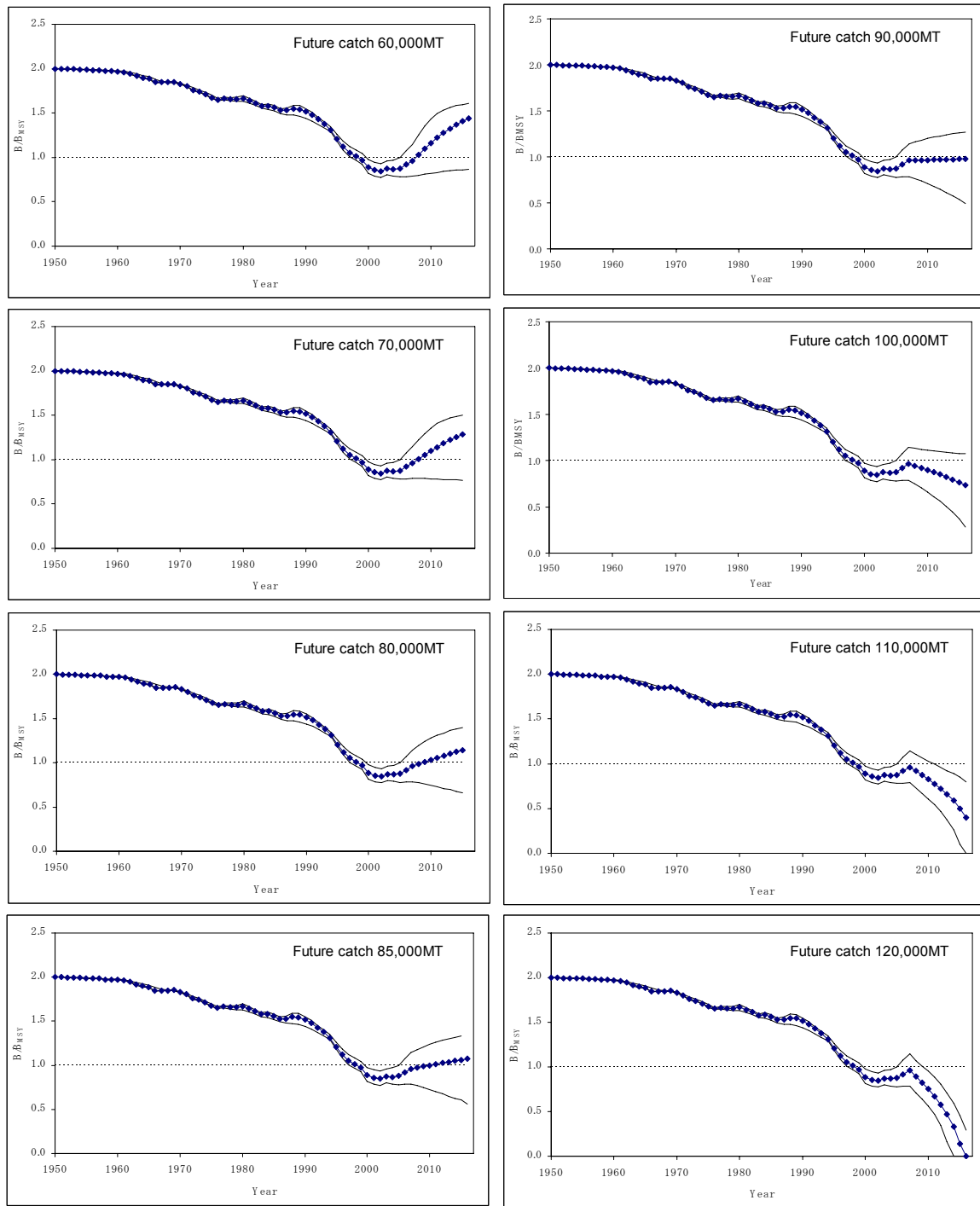


Figure 38. Median biomass trajectories as well as 80% confidence limits estimated from ASPIC runs with different future constant catch policies. Combined biomass CPUE and logistic model fit were used in this ASPIC run. Catch in 2006 is assumed to be the same as the reported catch in 2005 (71,020t).

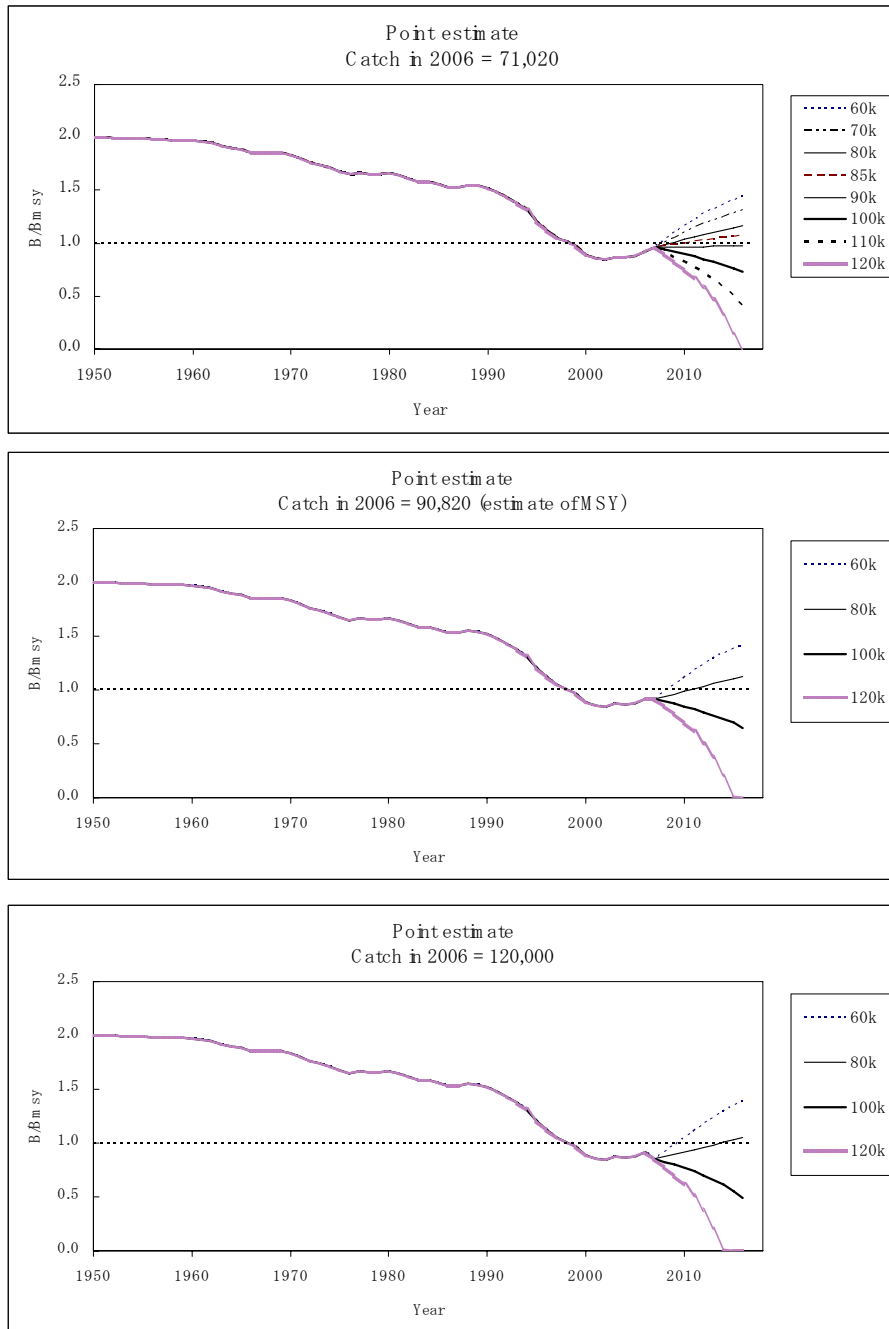


Figure 39. Comparison of future catch by using different catch level in 2006 based on ASPIC base case analysis.

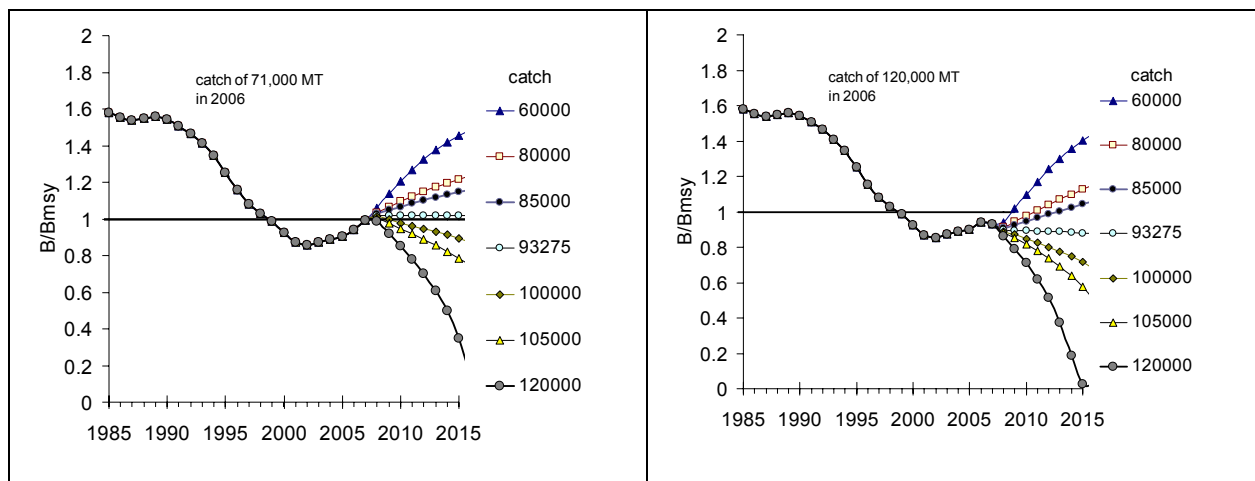


Figure 40. BSP base case 1 (weighted by landings) projections of B/B_{msy} with various levels of fixed catches and an initial harvest of either 71,000 (2005 harvest) or 120,000 metric tons (t) in 2005. Note 93,275 is the estimated base case MSY.

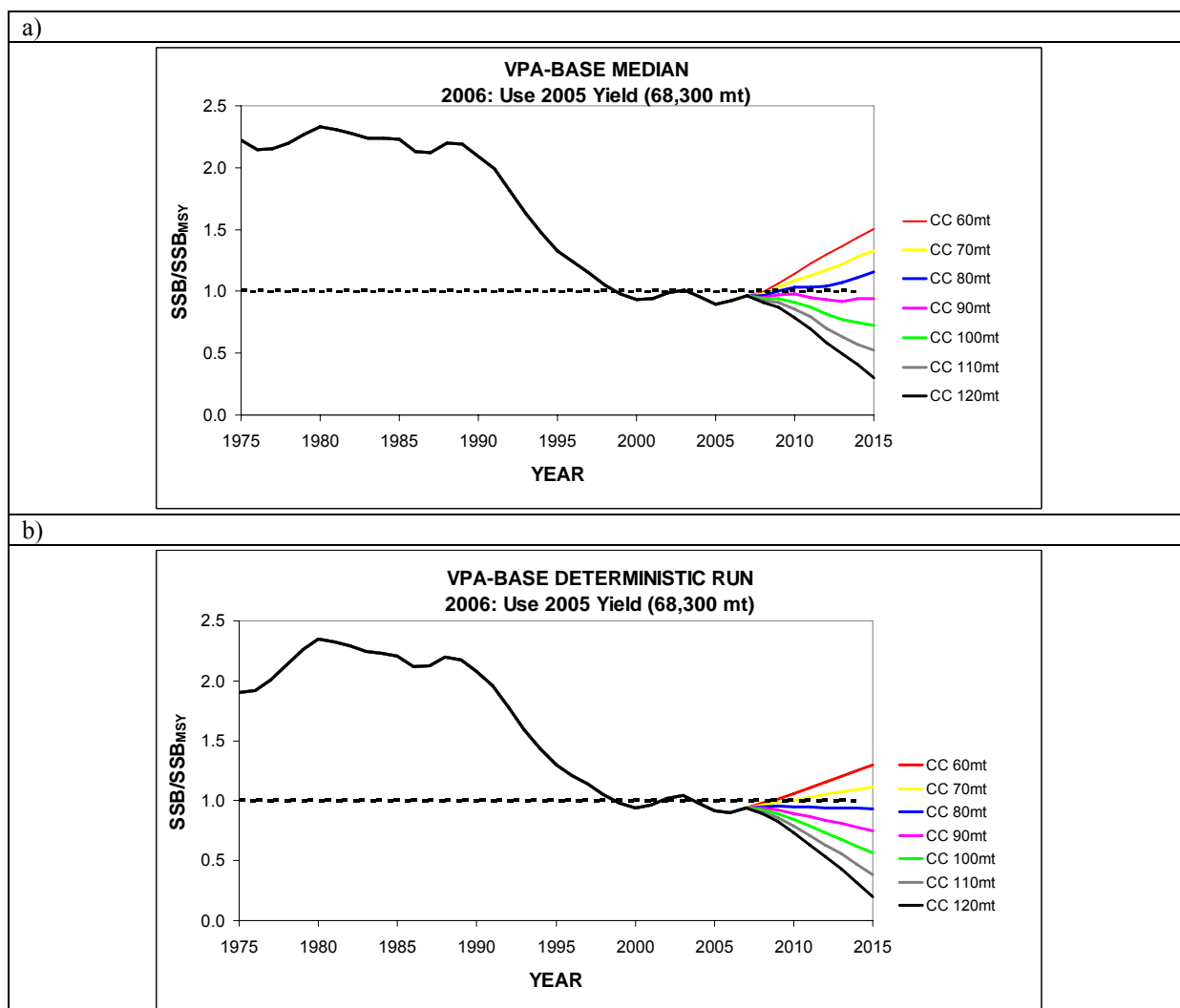
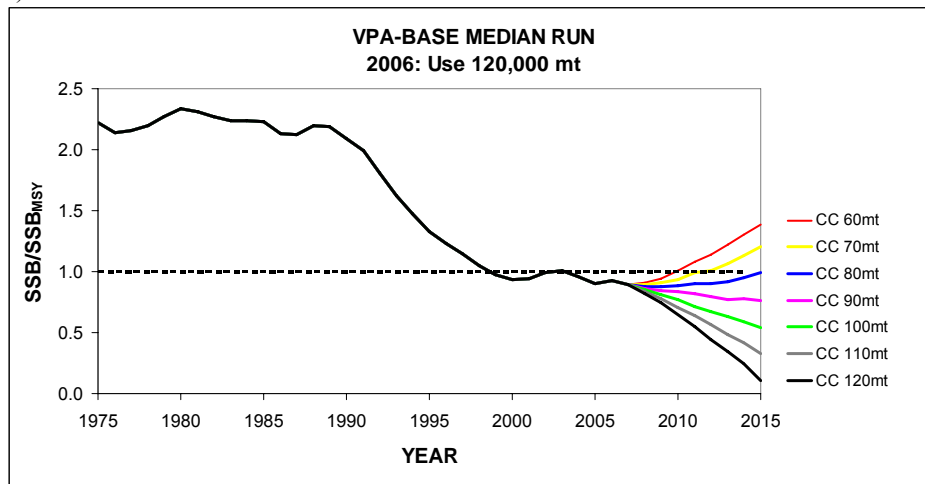


Figure 41. Projection of the VPA base model at various levels of catch applied 2007-2015. A yield at the 2005 level (68,300 t) was applied in 2006: a) the median of the bootstrap runs, b) the deterministic projection.

a)



b)

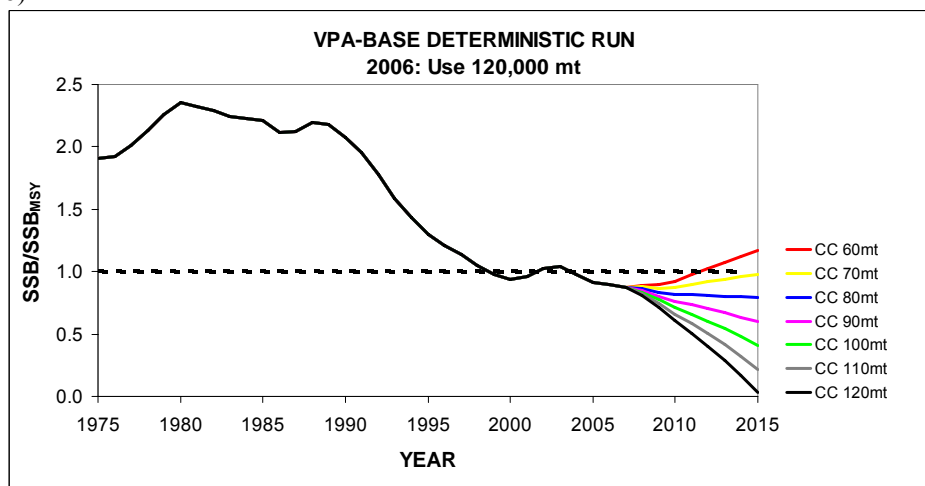
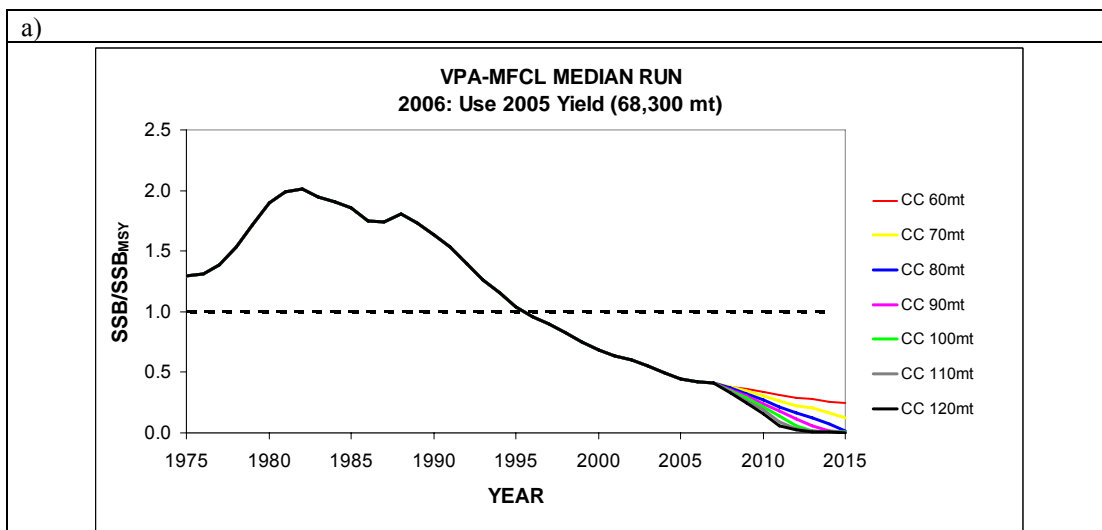


Figure 42. Projection of the VPA base model at various levels of catch applied 2007-2015. A yield of 120,000 t was applied in 2006: a) the median of the bootstrap runs, b) the deterministic projection.

a)



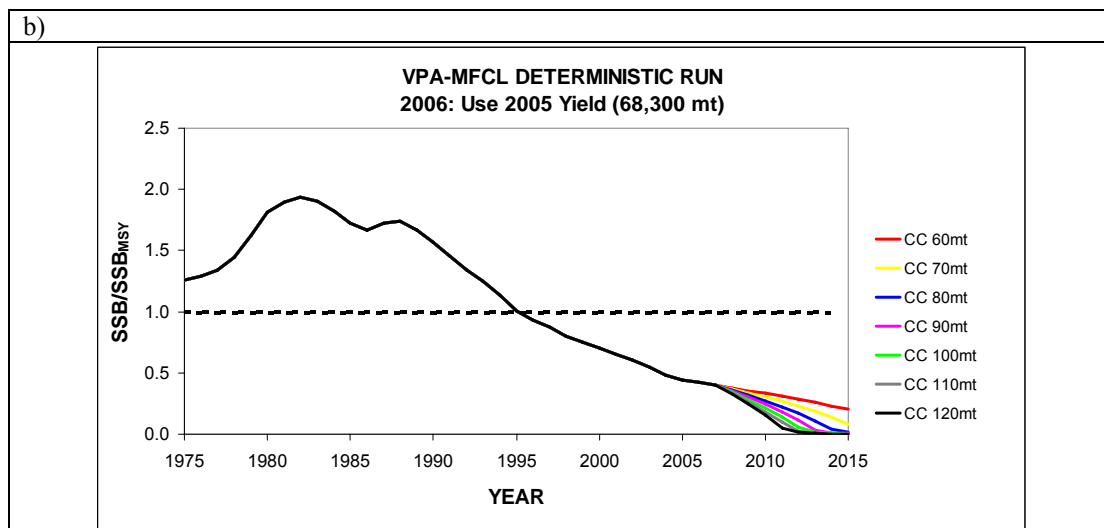


Figure 43. Projection of the VPA “MFCL” run at various levels of catch applied 2007-2015. The 2005 yield (68,300 t) was used to project 2006: a) the median of the bootstrap runs, b) the deterministic projection.

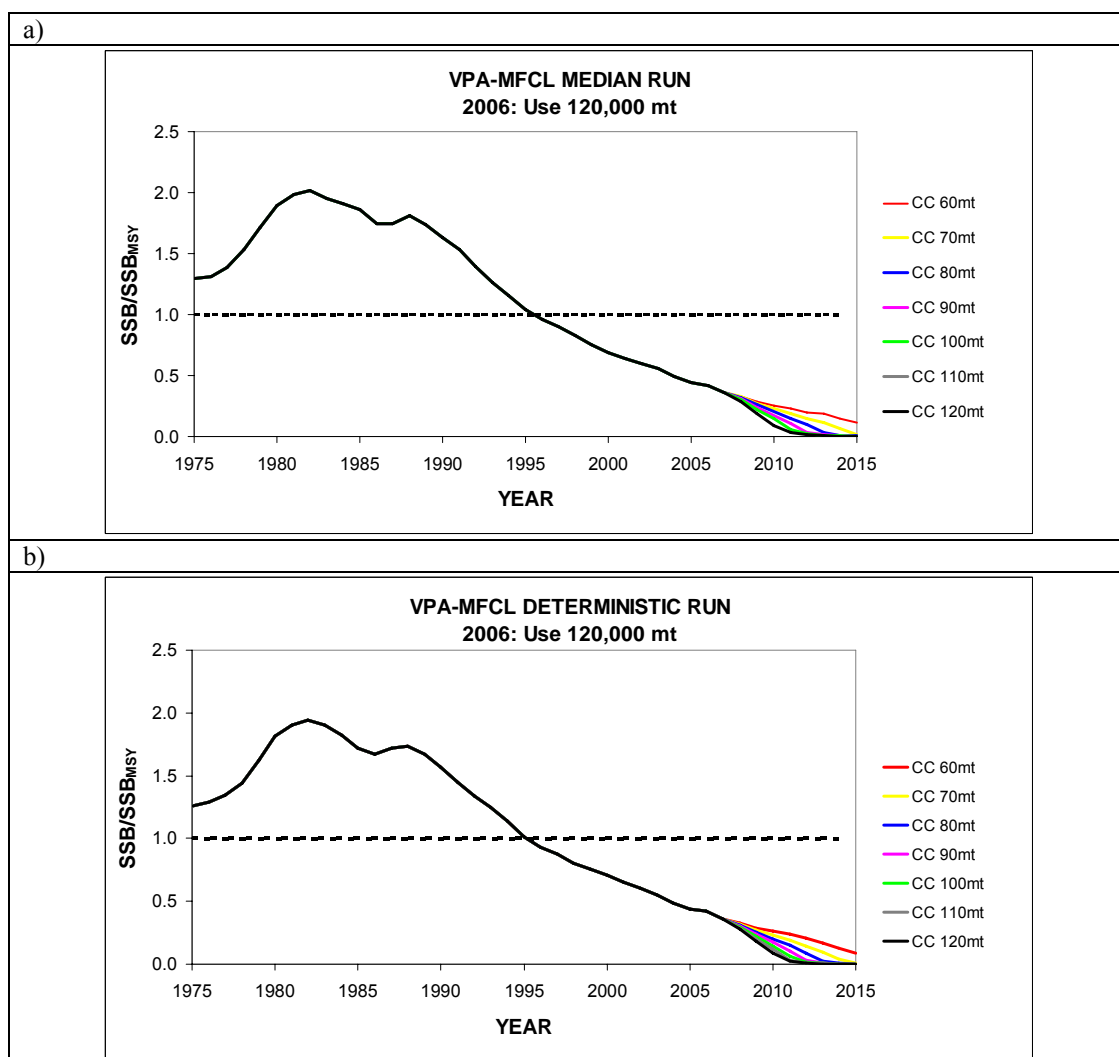


Figure 44. Projection of the VPA “MFCL” run at various levels of catch applied 2007-2015. A yield of 120,000 t was applied in 2006: a) the median of the bootstrap runs, b) the deterministic projection.

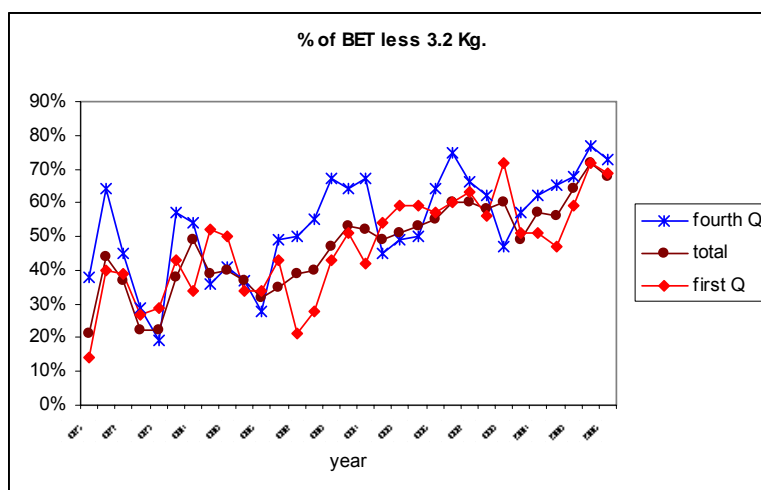


Figure 45. Percentage in number of fish of small bigeye (fish less 3.2 Kg.) annual and for the first and last quarters.

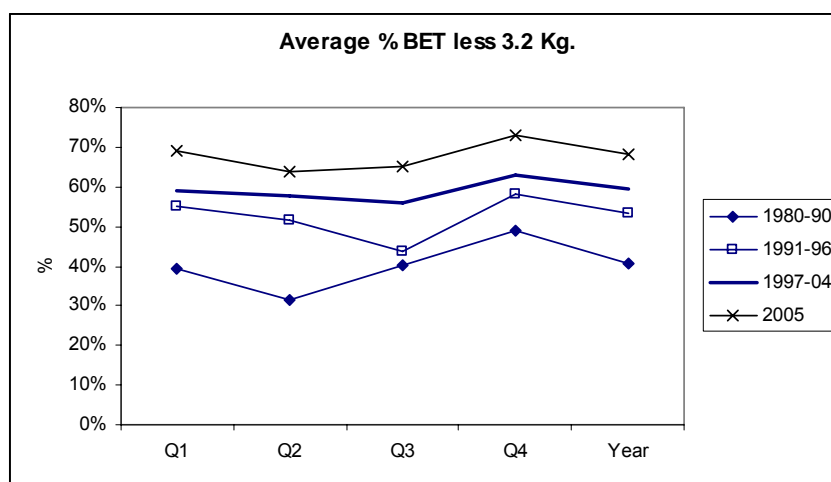


Figure 46. Average percentage in number of fish of small bigeye for four periods: 1) before the extension of the fishing with FADs (1980-90), 2) previous to the first time-area closure (1991-1996), 3) during the first time-area closure (1997-2004) and 4) under new time-area closure (2005).

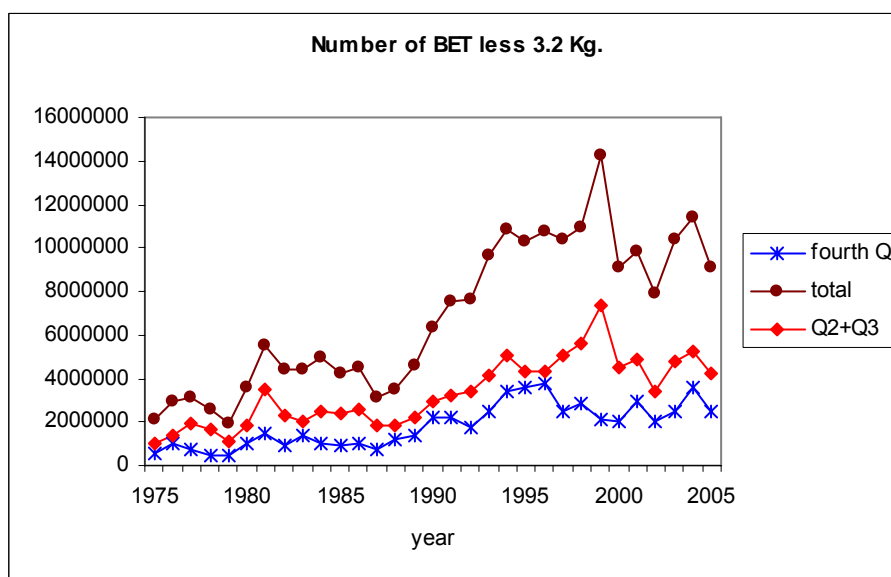


Figure 47. Number of small bigeye in the catch by year and quarters 4 and 2-3 combined.

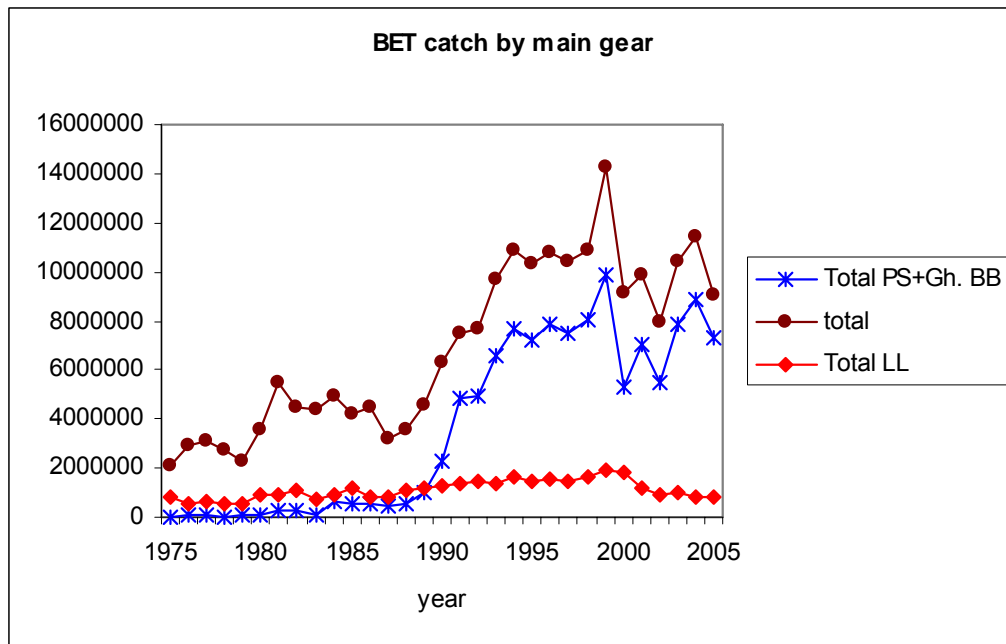


Figure 48. Bigeye catches total and by groups of fisheries: longline targeted in adult bigeye and purse seine and Ghanaian baitboat fishing small fishes.

Agenda

1. Opening, adoption of the Agenda and meeting arrangements.
2. Biological data, including tagging information
3. Catch data, including size frequencies and fisheries trends
4. Relative abundance indices
5. Methods and other data relevant to the assessment
 - 5.1 Production models
 - 5.2 Multifan-CL
 - 5.3 VPA
6. Stock status results
 - 6.1 Production models
 - 6.2 Multifan-CL
 - 6.3 VPA
 - 6.4 Overall
7. Projections
8. Recommendations
 - 8.1 Research and Statistics
 - 8.2 Management
9. Other matters
10. Adoption of the report and closure

List of Participants

CONTRACTING PARTIES

BRAZIL

Hazin, Fabio H. V.

Universidade Federal de Pernambuco - UFRPE / Departamento de Pesca e Aquicultura-DEPAq, Rua Desembargador Célio de Castro Montenegro, 32 - Apto 1702, 52070-008, Monteiro Recife, Pernambuco
Tel: +55 81 3320 6500; Fax: +55 81 3320 6512; E-Mail: fhvhazin@terra.com.br

CÔTE D'IVOIRE

N'Da, Konan

Centre de Recherches Océanologiques (CRO), BP V-18, Abidjan, Treichville
Tel: +225 21 355 880, Fax: +225 21 351 155, E-Mail: ndakonanci@yahoo.fr

EUROPEAN COMMUNITY

Ariz Telleria, Javier

Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Canarias, Apartado 1373, 38080, Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands, Spain
Tel: +34 922 549 400; Fax: +34 922 549 554; E-Mail: javier.ariz@ca.ieo.es

Delgado de Molina Acevedo, Alicia

Instituto Español de Oceanografía, C.O. de Canarias, Apartado 1373, 38080, Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands, Spain
Tel: +34 922 549 400; Fax: +34 922 549 554; E-Mail: alicia.delgado@ca.ieo.es

Ferreira de Gouveia, Lidia

Divisao De Tecnicas E Artes de Pesca, Direcção Regional das Pescas, Estrada da Pontinha, 9000, Funchal, Madeira, Portugal
Tel: +351 291 203251, Fax: +351 291 229691, E-Mail: lidiagouveia@hotmail.com

Monteagudo, Juan Pedro

ANABAC/OPTUC, c/ Txibitxiaga, 24 - entreplanta, 48370, Bermeo, Vizcaya, Spain
Tel: +34 94 688 2806; Fax: +34 94 688 5017; E-Mail: monteagudog@yahoo.es

Murua, Hilario

AZTI-Tecnalia. Herrera kaia portualdea z/g, 20110 Pasaia (Gipuzkoa), Spain
Tel: 943 004 800 Ext. 821; Fax: 943 004 801; E-Mail: hmurua@pas.azti.es

Pereira, Joao Gil

Universidade dos Açores, Departamento de Oceanografia e Pescas, 9900, Horta, Portugal
Tel: +351 292 200 431; Fax: +351 292 200 411; E-Mail: pereira@notes.horta.uac.pt

Pianet, Renaud

I.R.D. US n° 007 (OSIRIS) Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale, Avenue Jean Monnet, B.P. 171, 34203, Sète Cedex, France
Tel: +33 4 99 57 32 39; Fax: +33 4 99 57 32 95; E-Mail: pianet@ird.fr

GHANA**Bannerman, Paul**

Ministry of Food and Agriculture, Fisheries Department, P.O. Box BT 62, Tema
Tel: +233 222 02346, Fax: +233 222 06627, E-Mail: mfrd@africaonline.com.gh;paulbann@hotmail.com

JAPAN**Matsumoto, Takayuki**

National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency (NRIFS), Tropical Tuna Section Pelagic Fish Resources Division, 5-7-1, Shimizuorido, Shizuoka-city, Shizuoka 424-8633
Tel: +81 543 36 6000, Fax: +81 543 35 9642, E-Mail: matumot@affrc.go.jp

Miyabe, Naozumi

Director, Temperate Tuna Resources Division, National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency of Japan, 7-1, 5 chome, Orido, Shizuoka-Shi, Shimizu-ku 424-8633
Tel: +81 543 366 032, Fax: +81 543 359 642, E-Mail: miyabe@fra.affrc.go.jp

Miyake, Makoto P.

Scientific Advisor, Japan Tuna Fisheries Co-operative Association, , 3-3-4 Shimorenjaku, Mitaka-Shi, Tokyo, 181-0013
Tel: +81 422 46 3917, Fax: +81 422 43 7089, E-Mail: p.m.miyake@gamma.ocn.ne.jp

Oshima, Kazuhiro

National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency of Japan, 7-1, 5 chome, Orido, Shizuoka-Shi, Shimizu-ku, 424-8633
Tel: +81 543 36 6034, Fax: +81 543 36 6033, E-Mail: oshimaka@affrc.go.jp

Takeuchi, Yukio

National Research Institute of Far Seas Fisheries, Fisheries Research Agency of Japan, Mathematical Biology Section-Pelagic Resource Division, 7-1, 5 chome Orido, Shizuoka-Shi, Shimizu-ku 424-8633
Tel: +81 543 36 6039, Fax: +81 543 35 9642, E-Mail: yukiot@fra.affrc.go.jp

MOROCCO**Abid, Nouredine**

Center Regional de L'INRH á Tanger/M'dig, , B.P. 5268, 90000, Drabed, Tanger
Tel: +212 3932 5134, Fax: +212 3932 5139, E-Mail: abid.n@menara.ma

UNITED STATES**Brown, Craig A.**

NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149-1099
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 33149-1099
Tel: +1 305 361 4231; Fax: +1 305 361 4562; E-Mail: shannon.calay@noaa.gov

Scott, Gerald P.

SCRS Chairman, NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Science Center Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149-1099
Tel: +1 305 361 4220; Fax: +1 305 361 4219; E-Mail: gerry.scott@noaa.gov

Walter, John F.

NOAA Fisheries, Southeast Fisheries Center, Sustainable Fisheries Division, 75 Virginia Beach Drive, Miami, Florida 33149-1099
Tel: +305 365-4114; Fax: +1 305 361 4562; E-Mail: john.f.walter@noaa.gov

OBSERVERS FROM COOPERATING NON-CONTRACTING PARTIES

CHINESE TAIPEI

Chang, Shui-Kai (Eric)

Section Chief, Har Sea Fisheries Division, Fisheries Agency, 2, Chao-Chow Street, Taipei 100

Tel: +886 2 3343 7250, Fax: +886 2 3393 6018, E-Mail: shuikai@msl.f.a.gov.tw/sktuna@hotmail.com

Hsu, Chien-Chung

Professor, Institute of Oceanography National Taiwan University, P.O. Box 23-13, Taipei

Tel: +886 2 3362 2987, Fax: +886 2 2366 1198, E-Mail: hsucc@ntu.edu.tw

Liu, Hung-I

Overseas Fisheries Development council of the Republic of China, 19 Lane 113, Roosevelt Road, Sec 4, Taipei

Tel: +886 2 2138 152-Ext.124, Fax: +886 2 2738 4329, E-Mail: luoe@ofdc.org.tw

ICCAT SECRETARIAT

C/ Corazón de María, 8 – 6th Fl., 28002 Madrid, Spain

Tel: + 34 91 416 5600, Fax: +34 91 415 2612, E-Mail: info@iccat.int

Restrepo, Victor

Kebe, Papa

Pallarés, Pilar

Palma, Carlos

Appendix 3

List of Documents

SCRS/2007/061	Bigeye (<i>Thunnus obesus</i>) bycatch estimates from the albacore Spanish surface fishery in the north east Atlantic: 2004-2006 years. ORTIZ DE ZÁRATE, V., C. Rodriguez-Cabello, S. Barreiro.
SCRS/2007/062	Dynamics stock assessment of the Atlantic bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>) using the verhulst's logistic model in the period 1950-2005. GRANDE-VIDAL, J.M.
SCRS/2007/063	Standardized catch per unit effort of bigeye tuna in the Atlantic Ocean for Taiwanese longline fishery by general additive model. HSU, CHIEN-CHUNG.
SCRS/2007/064	Standardized purse seine CPUE for juvenile Atlantic bigeye tuna, 1991-2005. PALLARES, P. and V. Restrepo
SCRS/2007/065	A comparison of bigeye tuna standardized CPUE series, for Brazilian tuna longline fisheries, from 1978 to 2005, with and without target species as a factor in the GLM analysis. HAZIN, F.
SCRS/2007/066	Note on the procedure followed to split fishing effort by fishing mode in the tropical purse seine fishery. PALLARES, P., A. Delgado de Molina and J. Ariz.
SCRS/2007/067	Japanese longline CPUE for bigeye tuna standardized for two area definitions in the Atlantic Ocean from 1961 up to 2005. OKAMOTO, H.
SCRS/2007/068	Summary of bigeye tuna catch status of the Chinese Taipei longline fleet in the Atlantic Ocean. LIU, HUNG-I., Hsiang-Wen Huang and Shui-Kai Chang.
SCRS/2007/069	Standardized catch rates for bigeye tuna (<i>Thunnus obesus</i>) from the pelagic longline fishery in the northwest Atlantic and the Gulf of Mexico. WALTER, John, Mauricio Ortiz and Craig Brown.
SCRS/2007/086	Situation recente de la pêche du thon obèse (<i>Thunnus obesus</i>) des côtes marocaines. ABID, Nouredine et M'Hamed Idrissi.

SCRS/2007/087	Standardized catch rates for bigeye tuna in the Azorean baitboat fishery. PEREIRA, J., M. Ortiz and V. Restrepo.
SCRS/2007/088	Preliminary estimation of length-weight relationship of Atlantic bigeye tuna from Taiwanese observer data. CHANG, Sh-K, Ch-Ch. Hsu and H-I Liu.

Appendix 4

Resultados de la evaluación del stock de patudo atlántico (*Thunnus obesus*) mediante el modelo de producción logístico de Verhulst

Los modelos de producción excedente basados en la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo pesquero como el de Schaefer y de Fox, consideran que la tasa de mortalidad por pesca se estima mediante la relación $F_1 = q * f$ en donde las dimensiones de las unidades del esfuerzo pesquero determinan las unidades de la tasa de mortalidad por pesca estimada en la escala de tiempo real. Por otra parte, la variable intrínseca a la dinámica de la población denominada por Pauly (1984) tasa de mortalidad susceptible a la explotación $F_2 = 0.5 * r$ es una variable adimensional que depende de la tasa intrínseca de incremento natural y tiene un comportamiento alométrico con respecto a la densidad poblacional. En consecuencia, ambas tasas de mortalidad por pesca no son comparables para efectos de evaluación de la población ($F_1 \neq F_2$) y esto conduce a dificultar y complicar el proceso de estandarización del esfuerzo pesquero, del coeficiente de capturabilidad o de la cpue.

El modelo de crecimiento logístico de Verhulst considera que el crecimiento de la población es un proceso denso-dependiente y que la tasa intrínseca de incremento natural actúa como función regulatoria de la misma. Entonces los fundamentos teóricos de este modelo se satisfacen si es posible encontrar en la práctica, una función parabólica homogénea representativa de los cambios en la población sujeta a la explotación.

El enfoque de Grande-Vidal utiliza las capturas acumuladas como índice de abundancia de la población y la relación entre las capturas anuales con respecto a dicho índice como una función de producción de biomasa de la misma. De esta manera, es posible obtener estimaciones de los principales parámetros biológicos de la población explotada como la biomasa máxima y la productividad excedente por unidad de tiempo y por otro lado, la tasa de mortalidad por pesca aplicada a la población en tiempo real se mide por la proporción de biomasa extraída por unidad de tiempo respecto al índice de abundancia en ese periodo de tiempo y se denomina tasa de extracción pesquera (TEP).

La **Tabla 1** muestra los resultados obtenidos mediante este enfoque para el periodo 1950-2005 usando las capturas totales anuales del atún patudo del Océano Atlántico. El comportamiento alométrico de la tasa intrínseca de incremento natural respecto a la densidad de la población se muestra en la figura 1 y la trayectoria de productividad excedente anual de la **Figura 2**, indica que el nivel de explotación debe ser congruente con el nivel predictivo de productividad excedente de la población.

De acuerdo con estos resultados la población de atún patudo del Atlántico está alcanzando su límite de crecimiento y el medio ambiente se estará saturando aproximadamente en 2038, aunque esta condición depende del nivel de explotación aplicado en los próximos años y de las respuestas de la población ante los efectos de la pesca. El comportamiento del nivel de saturación ambiental (S) con respecto a la densidad de la población de la **Figura 3**, así como el de la tasa de extracción pesquera (TEP) de la **Figura 4**, muestran un comportamiento alométrico similar al de la tasa intrínseca de la población; lo cuál indica la posibilidad de regular y controlar el sistema usando estas variables.

Modelo logístico de crecimiento de Verhulst

Tabla 1. Evaluación de la población de atún patudo del atlántico.

t	t_0	$t_0 - t$	S	r	B_{∞}	$0.5*B_{\infty}$	ASP	F
1952	1950.5	-1.5	7.0E-04	2.6417	3,774	1,887	2,492	1.3209
1953	1951.5	-1.5	2.0E-04	1.3876	6,938	3,469	2,407	0.6938
1954	1952.2	-1.8	1.0E-04	1.1524	11,524	5,762	3,320	0.5762
1955	1954.5	-0.5	3.0E-05	0.7595	25,317	12,658	4,807	0.3798
1956	1953.8	-2.2	4.0E-05	0.8427	21,068	10,534	4,438	0.4214
1957	1960.1	3.1	5.0E-06	0.4682	93,640	46,820	10,961	0.2341
1958	1955.8	-2.2	2.0E-05	0.6209	31,045	15,523	4,819	0.3105
1959	1958.1	-0.9	1.0E-05	0.5079	50,790	25,395	6,449	0.2540
1960	1961.1	1.1	5.0E-06	0.4149	82,980	41,490	8,607	0.2075
1961	1973.3	12.3	1.0E-06	0.2456	245,600	122,800	15,080	0.1228
1962	1972.1	10.1	2.0E-06	0.2226	111,300	55,650	6,194	0.1113
1963	1975.2	12.2	2.0E-07	0.2989	1,494,500	747,250	111,677	0.1495
1964	1966.3	2.3	1.0E-06	0.3770	377,000	188,500	35,532	0.1885
1965	1971.8	6.8	4.0E-07	0.3161	790,250	395,125	62,450	0.1581
1966	1965.7	-0.3	1.0E-06	0.3943	394,300	197,150	38,868	0.1972
1967	1965.5	-1.5	1.0E-06	0.4009	400,900	200,450	40,180	0.2005
1968	1965.7	-2.3	1.0E-06	0.3936	393,600	196,800	38,730	0.1968
1969	1968.0	-1.0	9.0E-07	0.3428	380,889	190,444	32,642	0.1714
1970	1972.0	2.0	6.0E-07	0.2901	483,500	241,750	35,066	0.1451
1971	1979.6	8.6	3.0E-07	0.2316	772,000	386,000	44,699	0.1158
1972	1979.8	7.8	3.0E-07	0.2300	766,667	383,333	44,083	0.1150
1973	1983.5	10.5	2.0E-07	0.2147	1,073,500	536,750	57,620	0.1074
1974	1985.5	11.5	2.0E-07	0.2009	1,004,500	502,250	50,451	0.1005
1975	1985.5	10.5	2.0E-07	0.2009	1,004,500	502,250	50,451	0.1005
1976	1983.2	7.2	2.0E-07	0.2167	1,083,500	541,750	58,699	0.1084
1977	1983.6	6.6	2.0E-07	0.2136	1,068,000	534,000	57,031	0.1068
1978	1984.0	6.0	2.0E-07	0.2111	1,055,500	527,750	55,704	0.1056
1979	1984.0	5.0	2.0E-07	0.2113	1,056,500	528,250	55,810	0.1057
1980	1985.8	5.8	2.0E-07	0.1987	993,500	496,750	49,352	0.0994
1981	1991.7	10.7	1.0E-07	0.1856	1,856,000	928,000	86,118	0.0928
1982	1994.5	12.5	1.0E-07	0.1722	1,722,000	861,000	74,132	0.0861
1983	1995.2	12.2	1.0E-07	0.1693	1,693,000	846,500	71,656	0.0847
1984	1997.2	13.2	1.0E-07	0.1609	1,609,000	804,500	64,722	0.0805
1985	2001.2	16.2	8.0E-08	0.1514	1,892,500	946,250	71,631	0.0757
1986	2001.9	15.9	8.0E-08	0.1491	1,863,750	931,875	69,471	0.0746
1987	2001.8	14.8	8.0E-08	0.1496	1,870,000	935,000	69,938	0.0748
1988	2002.9	14.9	8.0E-08	0.1460	1,825,000	912,500	66,613	0.0730
1989	2006.1	17.1	7.0E-08	0.1391	1,987,143	993,571	69,103	0.0696
1990	2010.1	20.1	6.0E-08	0.1316	2,193,333	1,096,667	72,161	0.0658
1991	2015.3	24.3	5.0E-08	0.1227	2,454,000	1,227,000	75,276	0.0614
1992	2021.0	29.0	4.0E-08	0.1151	2,877,500	1,438,750	82,800	0.0576
1993	2028.7	35.7	3.0E-08	0.1066	3,553,333	1,776,667	94,696	0.0533
1994	2040.3	46.3	2.0E-08	0.0962	4,810,000	2,405,000	115,681	0.0481
1995	2045.0	50.0	2.0E-08	0.0909	4,545,000	2,272,500	103,285	0.0455

1996	2046.9	50.9	2.0E-08	0.0889	4,445,000	2,222,500	98,790	0.0445
1997	2045.7	48.7	2.0E-08	0.0901	4,505,000	2,252,500	101,475	0.0451
1998	2045.1	47.1	2.0E-08	0.0908	4,540,000	2,270,000	103,058	0.0454
1999	2047.0	48.0	2.0E-08	0.0888	4,440,000	2,220,000	98,568	0.0444
2000	2045.2	45.2	2.0E-08	0.0907	4,535,000	2,267,500	102,831	0.0454
2001	2043.1	42.1	2.0E-08	0.0930	4,650,000	2,325,000	108,113	0.0465
2002	2040.4	38.4	2.0E-08	0.0961	4,805,000	2,402,500	115,440	0.0481
2003	2040.0	37.0	2.0E-08	0.0966	4,830,000	2,415,000	116,645	0.0483
2004	2039.4	35.4	2.0E-08	0.0973	4,865,000	2,432,500	118,341	0.0487
2005	2038.3	33.3	2.0E-08	0.0987	4,935,000	2,467,500	121,771	0.0494

t = tiempo real.

t₀ = tiempo biológico.

S = saturación del medio ambiente.

r = tasa intrínseca de incremento natural.

B_∞ = biomasa asintótica.

0.5*B_∞ = B_{msy} = biomasa máxima.

ASP = productividad excedente anual.

F = tasa de mortalidad susceptible a la explotación (F = 0.5* r).

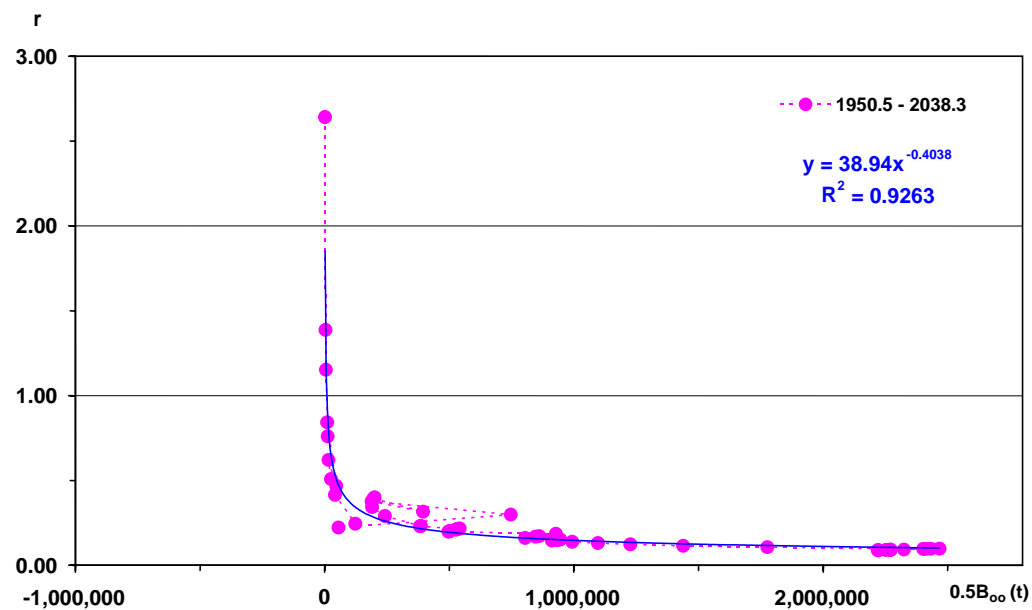


Figura 1. Relación alométrica de la tasa intrínseca respecto a la densidad poblacional.

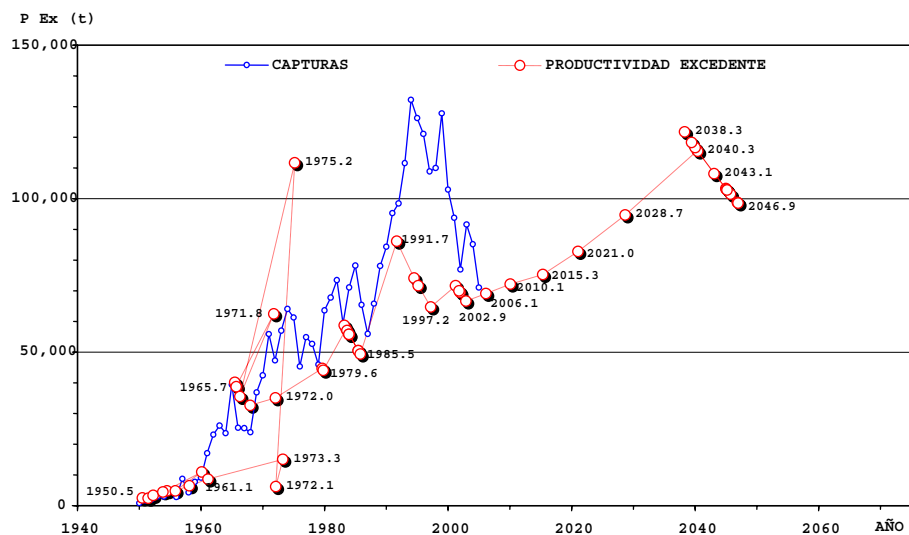


Figura 2. Trayectoria de productividad excedente anual.

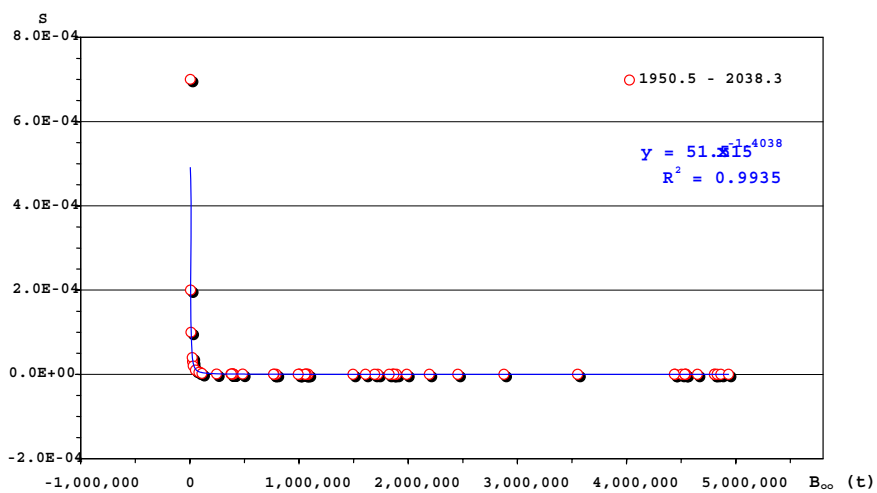


Figura 3. Nivel de saturación ambiental respecto a la densidad de la población.

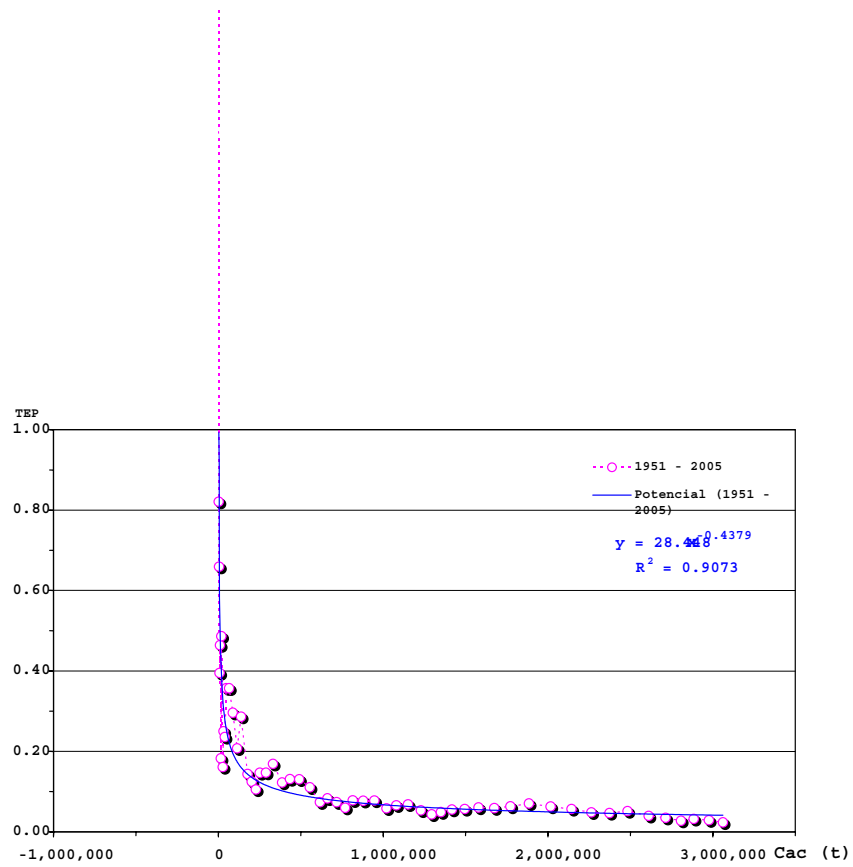


Figura 4. Tasa de extracción pesquera respecto a la abundancia.