

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin—Boletín

Vol. 20, No. 9

(Completing the Volume)

(Completando el Volumen)

**GROWTH AND AGE COMPOSITION OF NORTHERN BLUEFIN TUNA,
THUNNUS THYNNUS, CAUGHT IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN,
AS ESTIMATED FROM LENGTH-FREQUENCY DATA, WITH
COMMENTS ON TRANS-PACIFIC MIGRATIONS**

**CRECIMIENTO Y COMPOSICION POR EDAD DEL ATUN ALETA AZUL DEL
NORTE, *THUNNUS THYNNUS*, CAPTURADO EN EL OCEANO PACIFICO
ORIENTAL, ESTIMADOS A PARTIR DE DATOS DE FRECUENCIA DE TALLA,
CON COMENTARIOS SOBRE MIGRACIONES TRANSPACIFICAS**

by—por

William H. Bayliff

La Jolla, California

1993

CONTENTS – INDICE

ENGLISH VERSION – VERSION EN INGLES

	Page
ABSTRACT	503
INTRODUCTION	503
MATERIALS AND METHODS	503
ANALYSES AND RESULTS	504
Calculations	504
Growth	505
Age composition	506
Cohort analysis	507
Timing of the migrations and portions of the population which migrate	507
Factors influencing the availability of northern bluefin in the EPO	510
ACKNOWLEDGEMENTS	510

FIGURES – FIGURAS	511
--------------------------------	------------

TABLES – TABLAS	513
------------------------------	------------

VERSION EN ESPAÑOL – SPANISH VERSION

	Página
RESUMEN	523
INTRODUCCION	523
MATERIALES Y METODOS	523
ANALISIS Y RESULTADOS	524
Cálculos	524
Crecimiento	525
Composición por edad	527
Análisis de cohortes	527
Fechas de las migraciones y las porciones de la población que migran	528
Factores que afectan la disponibilidad del aleta azul del norte en el OPO	531
RECONOCIMIENTOS	531

LITERATURE CITED – BIBLIOGRAFIA CITADA	532
---	------------

APPENDIX – ANEXO	534
-------------------------------	------------

**GROWTH AND AGE COMPOSITION OF NORTHERN BLUEFIN TUNA,
THUNNUS THYNNUS, CAUGHT IN THE EASTERN PACIFIC OCEAN,
AS ESTIMATED FROM LENGTH-FREQUENCY DATA, WITH
COMMENTS ON TRANS-PACIFIC MIGRATIONS**

by

William H. Bayliff

ABSTRACT

The spawning of Pacific northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, takes place only in the western Pacific Ocean (WPO), but substantial numbers of the juveniles migrate to the eastern Pacific Ocean (EPO), where they remain for several months, or longer, and then return to the WPO. Length-frequency and tagging data show that many bluefin arrive in the EPO as 1- and 2-year olds, and remain there for one or two fishing seasons before returning to the WPO. The proportion of the fish which make the west-to-east migration varies among years. The numbers of 1-, 2-, 3-, 4-, and >4-year-olds in the catches of the EPO are estimated for most years of the 1952-1991 period.

INTRODUCTION

The spawning of Pacific northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, takes place only in the western Pacific Ocean (WPO), but substantial numbers of the juveniles migrate to the eastern Pacific Ocean (EPO), where they remain for several months, or longer, and then return to the WPO (Bayliff, 1991). While in the EPO these are caught by purse seiners, and occasionally by baitboats, gillnetters, trollers, and sport-fishing vessels. Most of these fish are less than 100 cm in length, but some larger, older fish are also caught. It is not known whether the latter had remained in the EPO since they were juveniles or had arrived recently.

Tagging data have shown that southern bluefin, *Thunnus maccoyii*, reach ages of about 20 years (Anonymous, 1982), and northern bluefin are believed to reach about 25 years of age in the Atlantic Ocean (Cort, 1990: Table 9), so it is likely that northern bluefin reach comparable ages in the Pacific Ocean. It is not possible to estimate the growth rates for the entire life spans of such long-lived fish, or to assign ages to them, from length-frequency data alone, but it is possible to use this method for the younger fish which are the principal component of the fishery of the EPO.

In previous studies of Pacific northern bluefin, vertebrae (Aikawa and Kato, 1938; Foreman, 1991), length-frequencies (WPO only; Yokota *et al.*, 1961: 217), scales (Bell, 1963; Yukinawa and Yabuta, 1967; Schultze and Collins, 1977), and tagging data (Bayliff *et al.*, 1991) have been used to estimate the growth rates of the fish and to assign ages to them.

METHODS AND MATERIALS

The length-frequency samples which are available are listed in Table 1. The samples for 1923-1925 and 1952-1971 were taken by the California Department of Fish and Game (CDFG). The data for 1923-1925 and 1952-1965 were obtained from a magnetic tape supplied by the CDFG and those for 1970-1971 were obtained from paper forms supplied by that organization. The data for 1966-1969 were obtained from Schultze and Collins (1977: Tables 6-9). The samples for 1973-1991 were taken by the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC). The fish were measured to the nearest millimeter, from the tip of the snout to the fork of the tail, with calipers (Hennemuth, 1957; Schultze and Collins, 1977). Later they were combined into 1-cm groups.

ANALYSES AND RESULTS

Calculations

The length-frequency data were combined with landings data or catch data and logbook data for the same years to estimate the catches, in numbers of fish, by years, months, and 1-cm intervals. (The landings and catch data for a particular time period are not the same, as fish caught during one time period are often landed during a subsequent time period. The logbook data contain most, but not all, of the catch data, as usable logbook data are not obtained for some fishing trips.) The following calculations were employed:

n_{ijkl} = number of fish of length l in sample from landing k of fish caught in month j of year i ,

\bar{w}_{il} = average weight of fish of length l in year i ,

$w_{ijkl} = n_{ijkl} \bar{w}_{il}$ = weight of all fish of length l in sample from landing k which were caught in month j of year i ,

$w_{ijk} = \sum_{l=1}^L w_{ijkl}$ = weight of all fish in sample from landing k which were caught in month j of year i ,

W_{ijk} = weight of all fish in landing k which were caught in month j of year i ,

$W_{ij} = \sum_{k=1}^K W_{ijk}$ = weight of all fish in all landings sampled of fish caught in month j of year i ,

W_{ij} = weight of all fish landed by vessels from which logbook data were obtained which were caught in month j of year i ,

$W_i = \sum_{j=1}^J W_{ij}$ = weight of all fish landed by vessels from which logbook data were obtained which were caught in year i ,

W_i = weight of all fish landed which were caught in year i ,

$W_{ij} = W_{ij} (W_i / W_i)$ = weight of all fish landed which were caught in month j of year i ,

$N_{ijkl} = n_{ijkl} (W_{ijk} / w_{ijk})$ = number of fish of length l in landing k which caught in month j of year i ,

$N_{ijl} = \sum_{k=1}^K N_{ijkl}$ = number of fish of length l in all landings sampled of fish caught in month j of year i ,

$N_{ijl} = N_{ijl} (W_{ij} / W_{ij})$ = number of fish of length l caught in month j of year i , and

$N_{ij} = \sum_{l=1}^L N_{ijl}$ = number of fish caught in month j of year i .

The estimates of the average weights of the fish of various lengths were obtained from the weight-length relationship data compiled by Bayliff (1991: Table 7).

The length-frequency data for 1923-1925 could not be used to estimate the catches in numbers of fish of each length in each month because no data on the landings or logged catches by month were available. For 1952-1958, monthly landings data (Staff, Marine Fisheries Branch, 1954, 1956, and 1958; Biostatistical Section, 1960) were used as approximations of the monthly catches, as no logged catch data were available. These are listed in Table 2. The errors associated with this procedure are small, as during this period most of the catches were made by small purse seiners which made short trips and usually landed the fish during the months in which they were caught. The 1959-1991 monthly catches were estimated from the logged monthly catch and total annual landings data, as described above. These estimates are also listed in Table 2. The weights of fish caught corresponding to some of the samples of the 1952-1965 period were not available, and in those cases a weight of 10 tons was assigned if the fish were caught by a purse seiner and a weight of 5 tons was assigned if the fish were caught by a baitboat. Only estimates of the numbers of fish of each age and length caught during each year (Schultze and Collins, 1977: Tables 6-9) were available for 1966-1969. These data could not be used for estimation of the growth, but they are incorporated into Table 5.

Growth

The peak of spawning of northern bluefin probably occurs in May, and the juveniles reach a size of roughly 60 cm a year later (Bayliff *et al.*, 1991). For convenience, however, it is assumed in this report that spawning occurs on January 1, making the 1952-year-class fish 1-year-olds throughout 1953, and so on.

There are computer programs, such as ELEFAN (Pauly, 1987) and MULTIFAN (Fournier *et al.*, 1990), which objectively separate length-frequency distributions of fish into age groups, but most of these are based on the assumption that the growth of the fish follows the von Bertalanffy function, which is not the case for bluefin between the lengths of 564 and 1530 mm (Bayliff *et al.*, 1991). Furthermore, the use of such a procedure is not necessary, as the modes can, in most cases, be separated readily by visual inspection.

The length-frequency data (in estimated numbers of fish caught) for each month of each year were listed and plotted as histograms, and these were used to estimate the lengths which separated fish of different ages. For June 1960, for example, fish less than 65 cm in length were assigned to age 1, fish 65 to 88 cm in length to age 2, fish 89 to 114 cm in length to age 3, and fish greater than 114 cm in length to age 4+. Accordingly, the separation lengths for June 1960 were 64.5, 88.5, and 114.5 cm. The average separation lengths are listed in Table 3. Few data were available for January-May and October-December. For the June-September period, in most cases, only two ages, 1 and 2, were present in numbers large enough to be visible in the histograms. For most months of most years the modes were easily separable, but in some cases the modes overlapped so much that it was not possible to designate separation lengths. Histograms for two years, 1960 and 1962, are shown in Figures 1 and 2. The histograms for 1960 show more age groups than do those for any other year. The data for 1962 are among the worst, as far as separation of modal groups is concerned; when histograms looked like this no attempts were made to designate separation lengths.

Bayliff *et al.* (1991) showed that the growth of bluefin between 564 and 1530 mm is linear, so linear regressions of the average separation lengths on the months were calculated for all the data and for the three summer periods (June to September for age-1 and -2 fish and June to August for age-3 fish). The results were as follows:

Period	Intercept (cm)	Slope (cm/mo)	Degrees of freedom	Growth (mm/day)
May (Ages 1-2)-August (Ages 3-4)	54.434	2.1148	156	0.705
June-September (Ages 1-2)	43.078	3.6720	83	1.224
June-September (Ages 2-3)	33.300	3.2173	49	1.072
June-August (Ages 3-4)	9.333	3.5000	2	1.167

The linear growth rate for all the data is almost identical to the value of 0.709 mm per day estimated by Bayliff *et al.* (1991).

The estimated separation lengths (Table 3) for June-September were obtained from the second, third, and fourth regressions above. Since there were few data for estimation of the separation lengths for January-May and October-December, these were calculated by linear interpolation between the estimated separation lengths for September and June (all but the first two values for years 1-2, the last four values for years 3-4, and all the values for years 4-5, for which estimates were obtained by linear extrapolation at the rates shown in the table). (The value of 1.68 is the growth rate for the September-June period for 1- to 2- and 2- to 3-year-olds, the value of 3.50 is the growth rate for the June-August period for 3- to 4-year-olds, and the value of 1.49 is the growth rate for the September-June period for 2- to 3- and 3- to 4-year olds.)

It is apparent from the data in Table 3 that the growth is more rapid during the summer than during the winter. Such has also been found to be the case for northern bluefin in the Atlantic Ocean (Cort, 1990: Figure 68) and for southern bluefin (Burgess *et al.*, 1991). The period for which the growth rate of 0.705 mm per day was estimated (May (year 1) through August (year 3)) includes three periods of rapid growth, but less than three periods of slow growth (Table 3). Use of only the data for the period from July of years 1-2 through July of years 3-4 in Table 3 results in a growth rate for the 2-year period of 0.675 mm per day, which is still not much different from the rate of 0.709 mm per day estimated for tagged fish.

The relationship between growth and time is shown in Table 4. The value for the first April in the table is the midpoint between the separation lengths for April of year 1 and April of year 2 in Table 3, and so on, to the last December of year 4. The values for the period prior to the first April in the figure were obtained by extrapolating backward, using slopes equal to those for the periods between the first April and the last December. The backward extrapolation was stopped at the first July in the figure because, according to Bayliff *et al.* (1991), the growth relationship for fish less than 564 mm in length is different from that for fish greater than that length.

Age composition

The estimated separation lengths in Table 3 were used to estimate the numbers of fish of each age group caught during each month of each year. For example, the fish caught in April of each year were assigned to age 1 if they were less than 62 cm in length, age 2 if they were 62 to 87 cm in length, age 3 if they were 88 to 111 cm in length, age 4 if they were 112 to 135 cm in length, and greater than age 4 if they were greater than 135 cm in length. These results are shown in Appendix 1. No length-frequency samples were taken of the fish caught during some months. When such was the case, it was assumed that the length frequencies were the same as those for the same month of another year for which length-frequency data were available. For June 1952, for example, the number of age-1 fish landed was estimated to be $(117/699) \times 3,789 = 634$, where 117 and 699 are the weights of fish landed in June of 1952 and 1954, respectively (Table 2) and 3,789 is the estimated number of age-1 fish landed in June 1954 (Appendix 1). (The other year was selected on the basis of resemblance

of the age compositions of fish caught in other months. The data for June 1956, instead of those for June 1954, could have been used to estimate the numbers of fish of each age group caught in June 1952, but the age composition for June 1954 more closely resembles those for May and July 1952 than does that for June 1956.)

Ishizuka (1989) estimated the age compositions of the catches of northern bluefin by Japanese vessels during the 1966-1986 period. His results are summarized by Bayliff (1991: Table 15). Parts of those data and the data in Appendix 1 of this report are listed, by year class, in Table 5. Age-composition data for 1966-1969 obtained from Schultze and Collins (1977: Table 11) are also used in this table.

Cohort analysis

Cohort analyses were run, using the data in Appendix 1 of this report for the EPO and Table 5-1 of Ishizuka (1989) for the WPO with the methods described by Tomlinson (1970). Data for the catches during each quarter were necessary for the cohort analyses, so the annual catches were multiplied by the following values to estimate the catches by quarters:

- year of hatching, WPO, first and second quarters—0.0, third quarter—0.8, fourth quarter—0.2;
- years subsequent to the year of hatching, WPO, first quarter—0.1, second quarter—0.3, third quarter—0.5, fourth quarter—0.1;
- years subsequent to the year of hatching, EPO, first quarter—0.0, second quarter—0.1, third quarter—0.7, fourth quarter—0.2.

No assumptions were made regarding trans-Pacific migrations, so the results reflect the catches made in the WPO and the EPO (and the unavailability of the fish during their trans-Pacific migrations) during the 1956-1987 period. The analyses were begun at the end of the 12th year in the fishery (December 31). Initiating rates of F of 0.5 and 0.4 were used with M values of 0.2 and 0.3, respectively. Values of 0.2 and 0.3 were selected for M because they bracket the estimate of 0.276 calculated by Bayliff *et al.* (1991). Actually, M probably varies among age groups. The results for the first five years of life are summarized in Table 6. Because no data were available for the EPO for 1972, the estimates for fish of age 1 for that year were obtained by calculating the average of the estimates of numbers of age-1 fish caught in the EPO during the 1970-1971 and 1973-1986 periods and adding this to the estimate of the number of age-1 fish caught in the WPO in 1972. An equivalent procedure was employed for estimating the numbers of age-2, -3, and -4 fish caught during 1972. It can be seen in Table 6 that the catches for the WPO usually exceed those for the EPO for all ages except the 2-year-olds. The 1969 year class, which was about average (Table 6, second column), produced very poor catches of age-2 fish in the WPO and excellent catches of age-2 fish in the EPO. The 1972 year class, which was a little below average, produced very poor catches of age-0 and -1 fish in the WPO and excellent catches of age-1 and -2 fish in the EPO. The 1981 year class, which was about average, produced above-average catches of age-2 fish in the WPO and very poor catches of age-2 fish in the EPO.

The cohort analysis is highly speculative. The errors in assigning the fish to ages 0, 1, 2, and 3 are probably minimal, but those in assigning them to greater ages are almost certainly greater. In addition, the fact that many of the fish migrate back and forth across the Pacific Ocean probably causes the results to be less accurate than they would be otherwise.

Timing of the migrations and portions of the population which migrate

Tagged fish released in the WPO as late as January of the year after hatching have been recaptured in the EPO during the same year (Bayliff *et al.*, 1991: Figure 16). The return journey to the WPO apparently takes longer, as the minimum time between release in the EPO and recapture in the WPO is 674 days (Bayliff *et al.*, 1991: Table 9).

Age-1 fish appear in the catches of the EPO as early as April in some years, but in most years they do not appear until June or July. In Appendix 1 it can be seen that age-1 fish were first sampled in April in three years, in May in four years, in June in ten years, and in July in eight years. (The data for years in which age-1 fish were estimated to have first appeared in months for which no samples were taken are not included in these sums.)

Nakano and Bayliff (1992: Figure 16) showed that bluefin are caught by longline vessels west of California and Baja California during the fourth and first quarters of the year, and stated that these were probably migrating from the EPO to the WPO. If so, this would indicate that the westward migration begins mostly in the fall, after the period of greatest catches in the EPO.

The catches of bluefin in the EPO consist mostly of age-1 and age-2 fish. The catches of age-2 fish in the EPO exceed those of age-2 fish in the WPO in most years, whereas the opposite is the case for age-3 fish. This probably indicates that the population of age-2 fish is greater in the EPO and that of age-3 fish is greater in the WPO, although it is possible that area- and/or size-related differences in fishing effort and/or vulnerability to capture are responsible for the differences in the catches. Several scenarios for migration of fish between the EPO and the WPO are possible. These include:

1. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year i , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year $i + 1$ or as 3-year-olds early in year $i + 2$ (*e.g.* most of the fish of the 1972 year class (Table 5));
2. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year i , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 1-year-olds late in year i or as 2-year-olds early in year $i + 1$ (*e.g.* many of the fish of the 1981 year class (Table 5));
3. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year $i + 1$ and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year $i + 1$ or as 3-year-olds early in year $i + 2$ (*e.g.* most of the fish of the 1969 year class (Table 5));
4. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year i , mostly in June or July, and begin their return journey as older fish;
5. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year $i + 1$ and begin their return journey as older fish.

Other scenarios, which do not involve 1- and 2-year-olds in the EPO, are:

6. The fish do not migrate to the EPO at all;
7. The fish arrive in the EPO at ages greater than 2 and subsequently return to the WPO.

Scenario 6 probably applies to most of the fish of some year classes. This could explain the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s. An eighth scenario is a combination of Scenarios 1, 2, 3, 4, or 5 with Scenario 7, *i.e.* the fish make more than one migration from the WPO to the EPO. Some of these scenarios can be evaluated by examining the age composition and tagging data.

The catches of age-1 fish in year i and age-2 fish in year $i + 1$ in the EPO are positively correlated (see next section), which indicates that, for most year classes, most of the fish which migrate follow Scenario 1. For some year classes, however, *e.g.* 1975 and 1981, the catches of age-2 fish have been substantially less than those of age-1 fish, and for other year classes, *e.g.* 1959, 1969, 1973, 1978, 1983, and 1984, the opposite has been the case (Table 5). These examples indicate that, for some year classes, most of the fish which migrate follow Scenarios 2 or 3.

The length-frequency histograms for some years, particularly those for 1960 (Figure 1), appear to indicate that many of the fish were following Scenarios 4 and/or 5.

Data for tagged fish released in the EPO (Bayliff *et al.*, 1991) are shown in Table 7. For this table, the ages were assigned to the tagged fish on the basis of their lengths at release. If the length

at release was unknown the age was assigned on the basis of the length at recapture (with an allowance for growth between the date at release and the date at recapture). If neither length was known the fish was temporarily assigned to the unknown-age category. Then the values in the unknown-age category were prorated to the age-1 and -2 categories on the basis of the proportions of fish assigned to those categories. For the tagged fish released and recaptured in 1962, for example, there were 45 fish assigned to age 1, 1 fish assigned to age 2, and 40 fish temporarily assigned to the unknown-age category. Since 98 percent ($45/(45 + 1)$) of the fish for which measurements were available were assigned to age 1, 98 percent of the 40 fish in the unknown-age category (39 fish) were assigned to age 1 and 1 fish was assigned to age 2. These numbers appear after the plus signs in Table 7 (lines 5 and 3, respectively). For the fish of the principal year classes released as 1- and 2-year-olds, the numbers of returns of fish recaptured in the EPO during the year of release and the following years were as follows:

Year class	Year of release	Year of recapture		
		Year of release	Year of release + 1	Year of release + 2
		1-year-olds	2-year-olds	3-year-olds
1961	1962	84	79	1
1962	1963	55	25	4
1963	1964	103	67	17
		2-year-olds	3-year-olds	4-year-olds
1961	1963	24	5	2
1962	1964	4	8	0
1964	1966	63	0	0
1977	1979	34	2	0

It is apparent that fish released as 1-year-olds were frequently recaptured in the EPO as 2-year-olds, but fish released as 1- and 2-year-olds were less frequently recaptured in the EPO as 3-year-olds. These data indicate that most of these fish were following Scenarios 1, 3, or 4. (It can be seen in Table 3 that 44 of the 48 returns of age-3 fish were from fish recaptured in the EPO. The minimum time between release of a tagged bluefin in the EPO and recapture of that fish in the WPO is 674 days (Bayliff *et al.*, 1991: Table 9), indicating that it probably takes about 2 years for the average fish to migrate from the EPO to the WPO. Such being the case, it is not surprising that the returns of 3-year-olds consist mostly of fish which remained in the EPO.)

Data for tagged fish released in the WPO (Bayliff *et al.*, 1991) are shown in Table 8. Fish of the 1981 year class were relatively abundant in the EPO as 1-year-olds during the 1982 season (45 returns), but scarce there as 2-year-olds during the 1983 season (4 returns). Fish of the 1979, 1983, and 1984 year classes were scarce in the EPO as 1-year-olds (0, 1, and 2 returns, respectively), but relatively abundant there as 2-year-olds (24, 19, and 26 returns, respectively). Few fish of the 1980, 1982, 1985, and 1986 year classes were recaptured in the EPO. These data indicate that most of the fish were following Scenarios 2 (1981 year class), 3 (1979, 1983, and 1984 year classes), and 6 (1980, 1982, 1985, and 1986 year classes).

It is also possible that some of the fish migrate only part of the distance from the WPO to the EPO, and then return to the WPO. In addition, it is possible that some of the fish which have migrated to the EPO migrate part of the distance to the WPO in the fall and then return to the EPO in the

spring. This could explain the low catches of bluefin in the EPO during the winter. Such migrations could be best detected by analysis of length-frequency data for fish caught in the central Pacific Ocean and/or tagged fish released in the central Pacific Ocean and recaptured in the EPO and the WPO.

In conclusion, it appears that different scenarios are followed by fish of different year classes. During the 1980s and early 1990s, a period of below-average catches in the EPO, there were no year classes which contributed average numbers of fish to the EPO catches as both 1-year-olds and 2-year-olds. The 1981 year class contributed about average numbers of 1-year-olds in 1982, but few 2-year-olds in 1983. The 1983 and 1984 year classes contributed few 1-year-olds in 1984 and 1985, but about average numbers of 2-year-olds in 1985 and 1986.

Factors influencing the availability of northern bluefin in the EPO

Correlation coefficients were calculated for 12 pairs of data in Table 5. The results are shown in Table 9. Five of the twelve tests were significant at the 5-percent level. The numbers of age-2 fish in the EPO and the WPO are negatively correlated (Test 6), indicating that low catches in the EPO could be due at least partly to less-than-normal portions of the total population migrating from the WPO to the EPO. The catches of age-1 and -2 fish in the EPO are positively correlated (Test 7), indicating that the catch of age-2 fish in the EPO can be predicted, albeit poorly, from the catch of age-1 fish in the EPO one year previously. The catches of age-0 and -1 fish in the WPO are highly correlated (Test 8), indicating that the catch of age-1 fish in the WPO can be predicted from the catch of age-0 fish in the WPO one year previously.

Test 11 gave an r value which was significant at the 1-percent level, which is not surprising in view of the fact that an even higher r value was obtained from Test 8. An r value which was significant at the 5-percent level was obtained for Test 12; this, also, is not surprising in view of the fact that a nearly-significant value was obtained from Test 2.

The coefficient of correlation for the catches of age-0 fish in the WPO and the catches of age-2 fish in the EPO two years later is 0.442 (Test 2). Although this relationship is not significant at the 5-percent level, it may indicate that the catch of age-2 fish in the EPO is related to recruitment two years previously, assuming that the catch of age-0 fish in the WPO is a valid index of recruitment. Since the catch of age-2 fish in the EPO appears to be related to the recruitment two years previously (Test 2) and the catch of age-2 fish in the WPO in the same year (Test 6), a multiple correlation coefficient (Pierce, 1965) was calculated (Test 13). The resulting coefficient of correlation is highly significant, indicating that 56 percent ($0.746^2 \times 100$) of the variation of the catches of age-2 fish in the EPO is explained by (1) a positive relationship to recruitment in the WPO and (2) a negative relationship to the catch of age-2 fish in the WPO. Since the catches of age-2 fish make up the majority of the catch by weight in the EPO in most years, recruitment and emigration from the WPO appear to have major influences on the total catches in the EPO.

ACKNOWLEDGEMENTS

The data for the fish sampled by the CDFG were made available by Mr. Doyle A. Hanan of that organization and Mr. Atilio L. Coan of the U.S. National Marine Fisheries Service. Most of the computer programs which were used were written by Mr. Patrick K. Tomlinson of the IATTC, for use with data for yellowfin and skipjack. Mr. Tomlinson also performed the cohort analyses. The manuscript was reviewed by Mr. Tomlinson and Drs. Richard B. Deriso, Vivian Haist, and George M. Leigh.

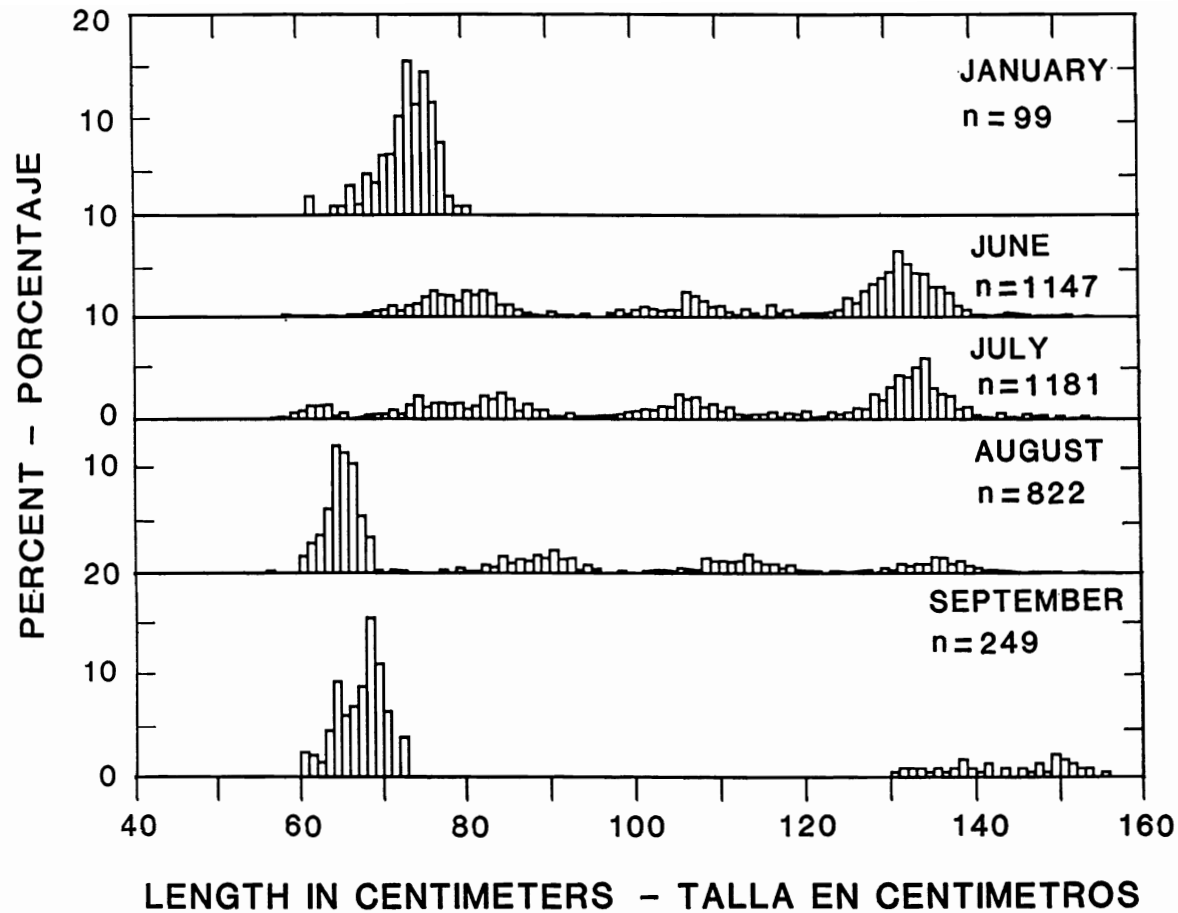


FIGURE 1. Length-frequency distributions of bluefin tuna caught in the eastern Pacific Ocean during 1960.

FIGURA 1. Distribuciones de frecuencia de talla de atunes aleta azul capturados en el Océano Pacífico oriental durante 1960.

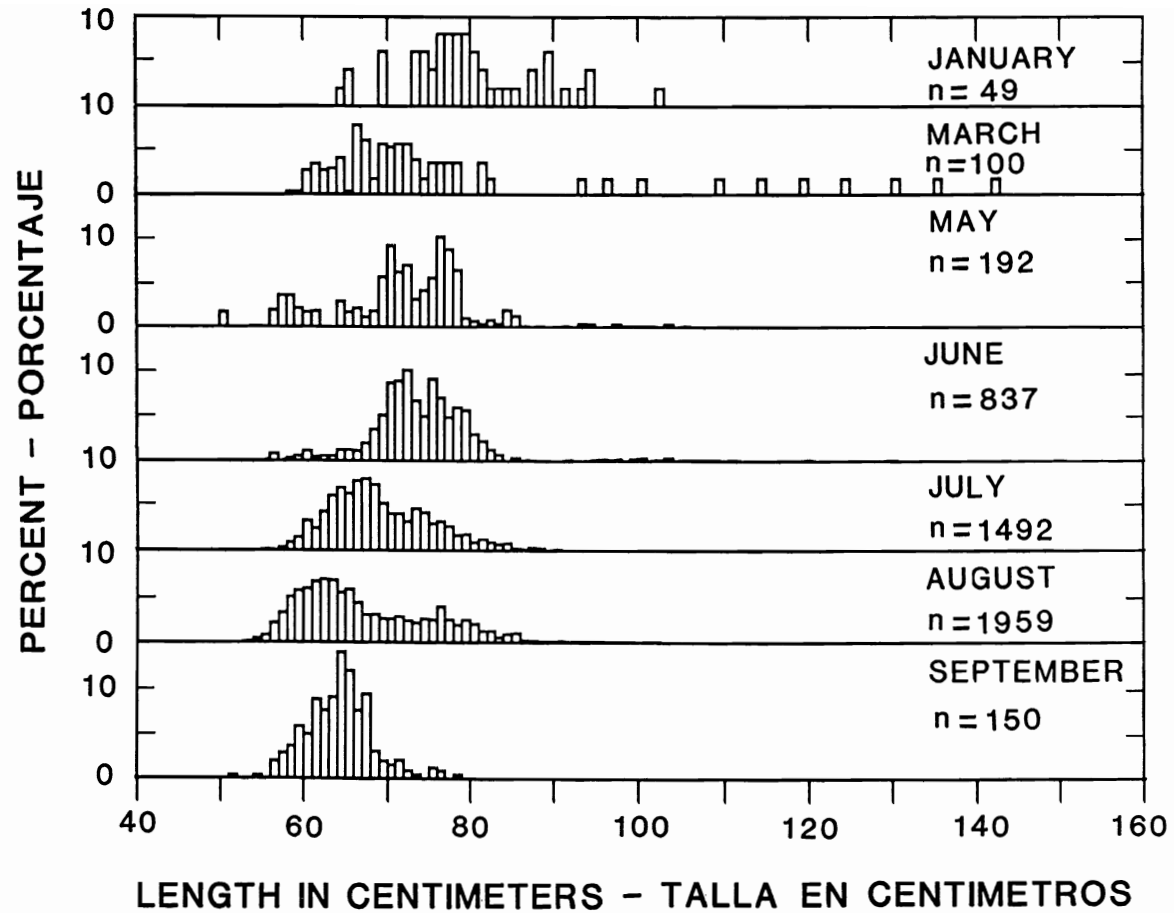


FIGURE 2. Length-frequency distributions of bluefin tuna caught in the eastern Pacific Ocean during 1962.

FIGURA 2. Distribuciones de frecuencia de talla de atunes aleta azul capturados en el Océano Pacífico oriental durante 1962.

TABLE 1. Length samples of northern bluefin caught in the eastern Pacific Ocean in the files of the IATTC. CDFG and IATTC stand for California Department of Fish and Game and Inter-American Tropical Tuna Commission, respectively.

TABLA 1. Muestras de talla de aletas azules del norte capturados en el Océano Pacífico oriental en los archivos de la CIAT. CDFG = California Department of Fish and Game; IATTC = Comisión Interamericana del Atún Tropical.

Year	Number of samples	Number of fish	Number of months for which fish were sampled	Number of months in which fish were landed (1952-1958) or caught (1959-1991)	Organization which performed the sampling
Año	Número de muestras	Número de peces	Número de meses en los cuales se muestrearon peces	Número de meses en los cuales se desembarcaron (1952-1958) o capturaron (1959-1991) peces	Organización que realizó el muestreo
1923	9	411	3		CDFG
1924	1	21	1		CDFG
1925	5	241	1		CDFG
1952	11	1,140	3	8	CDFG
1953	12	1,060	6	8	CDFG
1954	36	3,603	8	12	CDFG
1955	41	3,526	7	11	CDFG
1956	59	5,409	6	8	CDFG
1957	96	5,361	6	10	CDFG
1958	132	6,621	10	9	CDFG
1959	128	6,494	5	6	CDFG
1960	63	3,498	5	7	CDFG
1961	107	5,274	6	7	CDFG
1962	98	4,779	7	8	CDFG
1963	117	5,850	9	11	CDFG
1964	96	4,812	7	9	CDFG
1965	110	5,522	7	9	CDFG
1966		1,640		5	CDFG
1967		840		8	CDFG
1968		720		5	CDFG
1969		831		9	CDFG
1970	25	497	5	6	CDFG
1971	34	680	6	8	CDFG
1973	15	750	3	6	IATTC
1974	17	771	4	6	IATTC
1975	22	1,101	5	9	IATTC
1976	67	3,352	8	11	IATTC
1977	32	1,607	7	8	IATTC
1978	30	1,459	3	6	IATTC
1979	25	1,251	5	6	IATTC
1980	30	1,472	5	5	IATTC
1981	15	750	4	5	IATTC
1982	39	2,001	4	4	IATTC
1983	13	650	3	5	IATTC
1984	18	872	6	8	IATTC
1985	58	2,882	8	9	IATTC
1986	59	2,848	7	10	IATTC
1987	16	627	5	8	IATTC
1988	26	1,000	7	7	IATTC
1989	21	966	5	7	IATTC
1990	11	650	3	7	IATTC
1991	4	302	2	3	IATTC
Total	1,698	93,141			

TABLE 2. Landings (1952-1958) and estimated catches (1959-1991) of northern bluefin in the eastern Pacific Ocean, in short tons.

TABLA 2. Desembarcos (1952-1958) y capturas estimadas (1959-1991) de aletas azules del norte en el Océano Pacífico oriental, en toneladas cortas.

Year Año	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1952	>0	0	0	0	6	117	438	1632	89	5	2	0	2288
1953	0	0	9	0	0	>0	1116	2278	972	456	6	49	4886
1954	280	159	15	120	243	699	3310	3552	1680	131	23	301	10512
1955	121	27	69	0	60	686	525	3624	424	213	431	626	6805
1956	0	0	0	0	167	1239	290	2610	1322	330	354	>0	6313
1957	>0	145	3	0	>0	757	3526	4851	707	168	>0	0	10157
1958	0	218	247	447	877	311	6010	5178	2004	68	0	0	15360
1959	0	224	20	495	17	0	3032	3834	0	0	0	0	7621
1960	127	24	0	0	0	2090	2318	1138	245	0	35	0	5977
1961	0	0	0	0	34	1262	1212	4921	1308	155	77	0	8968
1962	27	0	107	37	377	2314	3854	5261	444	0	0	0	12421
1963	53	30	0	120	98	2377	1944	5171	3680	8	17	29	13527
1964	10	0	0	8	23	1878	2705	4537	987	6	7	0	10161
1965	0	8	23	12	4	679	1053	2936	1738	1139	0	0	7592
1966	0	0	0	0	253	5525	7724	3842	179	0	0	0	17523
1967	13	0	4	0	57	3391	2637	100	269	20	0	0	6491
1968	0	0	0	0	0	970	2687	1772	958	200	0	0	6587
1969	13	0	1	287	626	854	2826	2183	787	0	0	57	7635
1970	13	0	0	33	0	1560	2385	321	59	0	0	0	4372
1971	0	39	0	0	2371	2140	1582	869	1223	977	0	14	9215
1972	0	0	0	0	419	2789	2923	5917	854	1812	0	0	14714
1973	0	12	0	0	21	2278	6258	2995	281	0	0	0	11845
1974	0	0	0	0	0	1821	2164	955	1152	93	0	7	6192
1975	0	3	0	0	82	3942	2383	569	2475	892	182	35	10563
1976	212	417	0	2	294	2012	341	4134	3747	379	169	28	11735
1977	0	0	0	0	1726	488	77	2439	809	414	34	45	6033
1978	113	0	0	0	0	813	1970	2903	134	15	0	0	5948
1979	0	0	0	0	2136	509	1000	2635	305	159	0	0	6744
1980	0	0	0	0	408	1477	320	672	362	0	0	0	3239
1981	0	0	0	0	7	420	176	430	168	0	0	0	1201
1982	0	0	0	0	0	0	1219	944	832	478	0	0	3472
1983	127	0	0	0	0	0	371	242	145	55	0	0	940
1984	9	0	0	59	28	100	394	157	152	73	0	0	972
1985	0	90	0	0	31	1744	366	888	146	641	476	87	4469
1986	0	0	115	16	17	365	1853	1856	432	573	258	119	5604
1987	112	3	0	0	0	42	328	309	235	57	11	0	1097
1988	0	0	0	0	0	250	972	117	19	69	98	44	1569
1989	9	0	0	0	0	0	8	897	260	43	22	50	1289
1990	13	7	0	0	0	0	532	333	597	91	109	0	1682
1991	0	0	0	0	0	112	19	331	0	0	0	0	462

TABLE 3. Separation lengths for northern bluefin in the eastern Pacific Ocean.

TABLA 3. Tallas de separación de aletas azules del norte en el Océano Pacífico oriental.

	Month	Actual			Increment	Estimated separation length	
		Number of years	Separation length	Standard deviation			
	Mes	Real			Incremento	Talla de separación estimada	
		Número de años	Talla de separación	Desviación estandar			
Years 1-2	April				1.68	61.7	
	May	4	62.0	4.80	1.68	63.4	
	June	15	64.6	3.15		65.1	
	July	26	68.8	3.64		68.8	
	August	25	73.4	4.26		72.5	
	September	17	75.2	4.44		76.1	
	October	4	77.0	3.79		77.8	
	November					79.5	
	December	3	78.8	1.53		81.2	
	Years 2-3	January	1	74.5	—		82.8
		February	2	80.5	5.66		84.5
		March					86.2
April		2	88.0	2.12		87.9	
May		3	88.5	6.24		89.5	
June		14	91.0	4.54		91.2	
July		15	94.6	3.43		94.4	
August		16	97.9	4.46		97.6	
September		5	100.1	4.72		100.9	
October		1	99.5	—		102.3	
November						103.9	
December		1	108.5	—		105.4	
Years 3-4	January					106.8	
	February					108.3	
	March					109.8	
	April					111.3	
	May					112.8	
	June	1	114.5	—		114.3	
	July	1	117.5	—		117.8	
	August	1	121.5	—		121.3	
	September				3.50	124.8	
	October				1.49	126.3	
	November				1.49	127.8	
	December				1.49	129.3	
Years 4-5	January				1.49	130.8	
	February				1.49	132.2	
	March				1.49	133.7	
	April				1.49	135.2	
	May				1.49	136.7	
	June				3.50	140.2	
	July				3.50	143.7	
	August				3.50	147.2	
	September				3.50	150.7	
	October				1.49	152.2	
	November				1.49	153.7	
	December				1.49	155.2	

TABLE 4. Estimated growth of northern bluefin in the eastern Pacific Ocean.**TABLA 4.** Crecimiento estimado de aletas azules del norte en el Océano Pacífico oriental.

Year	Month	Length (cm)	Year	Month	Length (cm)	Year	Month	Length (cm)
Año	Mes	Talla (cm)	Año	Mes	Talla (cm)	Año	Mes	Talla (cm)
1	July	56.8	2	September	88.5	3	November	115.8
1	August	60.2	2	October	90.0	3	December	117.4
1	September	63.7	2	November	91.7	4	January	118.8
1	October	65.2	2	December	93.3	4	February	120.2
1	November	66.9	3	January	94.8	4	March	121.8
1	December	68.5	3	February	96.4	4	April	123.2
2	January	70.0	3	March	98.0	4	May	124.8
2	February	71.6	3	April	99.6	4	June	127.2
2	March	73.2	3	May	101.2	4	July	130.8
2	April	74.8	3	June	102.8	4	August	134.2
2	May	76.4	3	July	106.1	4	September	137.8
2	June	78.2	3	August	109.4	4	October	139.2
2	July	81.6	3	September	112.8	4	November	140.8
2	August	85.0	3	October	114.3	4	December	142.2

TABLE 5. Estimated numbers of northern bluefin, in thousands, caught in the western and eastern Pacific Oceans. The values in parentheses were obtained from Schultze and Collins (1977: Table 11).

TABLA 5. Número estimado de aletas azules del norte, en miles de peces, capturados en el Océano Pacífico occidental y oriental. Los valores en paréntesis fueron obtenidos de Schultze y Collins (1977: Tabla 11).

Year class	Western Pacific Ocean					Eastern Pacific Ocean			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Clase anual	Océano Pacífico occidental					Océano Pacífico oriental			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
1948	—	—	—	—	—	—	—	—	>0
1949	—	—	—	—	—	—	—	>0	>0
1950	—	—	—	—	—	—	140	6	4
1951	—	—	—	—	—	54	6	6	2
1952	—	—	—	—	—	651	493	19	>0
1953	—	—	—	—	—	413	348	9	>0
1954	—	—	—	—	—	185	168	20	0
1955	—	—	—	—	—	433	373	4	4
1956	—	—	—	—	—	575	905	109	69
1957	—	—	—	—	—	285	269	33	>0
1958	—	—	—	—	—	12	66	6	1
1959	—	—	—	—	—	58	347	9	5
1960	—	—	—	—	—	524	608	80	4
1961	—	—	—	—	—	829	521	29	1
1962	—	—	—	—	30	526	256	16	(0)
1963	—	—	—	62	8	972	305	(35)	(1)
1964	—	—	91	5	17	327	(715)	(34)	(0)
1965	—	266	3	52	1	(622)	(308)	(5)	(1)
1966	1270	461	1	13	17	(97)	(155)	(32)	1
1967	3607	964	78	23	24	(416)	(311)	35	0
1968	2300	371	48	14	18	(290)	258	7	—
1969	2970	378	2	18	16	14	711	—	0
1970	1938	443	15	4	3	467	—	2	0
1971	3316	682	20	12	29	—	589	1	>0
1972	498	124	28	115	26	609	440	2	24
1973	4875	1403	46	61	95	51	722	172	21
1974	3953	676	96	44	10	260	150	21	8
1975	1277	222	61	14	28	488	250	7	>0
1976	1784	698	151	38	7	55	81	>0	0
1977	2542	478	98	76	84	508	539	1	>0
1978	5091	1452	119	584	99	78	284	11	1
1979	2088	611	180	64	56	48	70	2	>0
1980	2810	605	200	54	15	4	120	6	1
1981	1975	785	139	21	75	249	62	6	0
1982	665	213	44	86	30	12	44	>0	>0
1983	1362	421	49	123	—	33	315	5	>0
1984	2417	757	61	—	—	76	388	6	>0
1985	2046	760	—	—	—	22	74	21	>0
1986	1470	—	—	—	—	7	45	6	1
1987	—	—	—	—	—	34	40	8	>0
1988	—	—	—	—	—	45	78	1	—
1989	—	—	—	—	—	5	8	—	—
1990	—	—	—	—	—	52	—	—	—

TABLE 6a. Results of the cohort analysis described in the text, with an annual coefficient of natural mortality of 0.2. IPS, WPO, EPO, F , and Mort. stand for initial population size, catch in western Pacific Ocean, catch in eastern Pacific Ocean, annual coefficient of fishing mortality, and natural mortality, respectively. All the values except those for F are thousands of fish.

TABLA 6a. Resultados del análisis de cohortes descrito en el texto, con un coeficiente anual de mortalidad natural de 0.2. IPS = tamaño inicial de la población; WPO = Océano Pacífico occidental; EPO = Océano Pacífico oriental; F = coeficiente anual de mortalidad por pesca; Mort. = mortalidad natural. Se expresan todos los valores excepto los de F en miles de peces.

Year class Clase anual	Age—Edad 0					Age—Edad 1				
	IPS	WPO	EPO	F	Mort.	IPS	WPO	EPO	F	Mort.
1966	2692	1270	0	0.72	351	1071	461	97	0.84	133
1967	6959	3607	0	0.83	869	2483	964	416	0.93	298
1968	4221	2300	0	0.90	512	1409	371	290	0.71	184
1969	5156	2970	0	0.98	604	1582	378	14	0.32	247
1970	4012	1938	0	0.75	519	1555	443	467	1.01	181
1971	6217	3316	0	0.87	764	2137	682	292	0.59	190
1972	3532	498	0	0.17	591	2443	124	609	0.40	369
1973	10139	4875	0	0.74	1314	3950	1403	51	0.52	565
1974	6331	3953	0	1.13	700	1678	676	260	0.93	201
1975	3331	1277	0	0.54	469	1585	222	488	0.67	212
1976	3750	1784	0	0.73	489	1477	698	55	0.81	186
1977	5950	2542	0	0.63	809	2599	478	508	0.54	368
1978	9958	5091	0	0.81	1252	3615	1452	78	0.62	495
1979	3927	2088	0	0.86	483	1356	611	48	0.75	175
1980	4601	2810	0	1.09	519	1272	605	4	0.74	165
1981	4510	1975	0	0.65	607	1928	785	249	0.88	236
1982	1685	665	0	0.56	235	785	213	12	0.38	120
Average-Promedio	5116	2527	0	0.76	652	1937	622	232	0.68	254

Year class Clase anual	Age—Edad 2					Age—Edad 3					Age—Edad 4				
	IPS	WPO	EPO	F	Mort.	IPS	WPO	EPO	F	Mort.	IPS	WPO	EPO	F	Mort.
1966	380	1	155	0.59	52	172	13	32	0.34	27	100	17	1	0.21	15
1967	805	78	311	0.75	104	312	23	35	0.23	50	204	24	0	0.14	35
1968	564	48	258	0.89	68	190	14	7	0.13	33	136	18	6	0.19	19
1969	943	2	711	1.67	84	146	18	24	0.31	16	88	16	0	0.22	15
1970	464	15	269	1.43	89	91	4	2	0.08	16	69	3	0	0.05	12
1971	973	20	589	1.13	108	256	12	1	0.06	45	198	29	0	0.18	33
1972	1341	28	440	0.48	194	679	115	2	0.21	112	450	26	24	0.13	76
1973	1931	46	722	0.57	269	894	61	172	0.34	139	522	95	21	0.28	83
1974	541	96	150	0.68	71	224	44	21	0.38	34	125	10	8	0.17	21
1975	663	61	250	0.72	87	265	14	7	0.09	46	198	28	0	0.18	34
1976	538	151	81	0.64	73	233	38	0	0.20	40	155	7	0	0.05	27
1977	1245	98	539	0.81	155	453	76	1	0.20	74	302	84	0	0.36	46
1978	1590	119	284	0.33	247	940	584	11	1.16	104	241	99	1	0.60	33
1979	522	180	70	0.74	68	204	64	2	0.44	30	108	56	0	0.83	13
1980	498	200	120	1.18	53	125	54	6	0.74	16	49	15	1	0.41	6
1981	658	139	62	0.41	99	358	21	6	0.09	63	268	75	0	0.37	41
1982	440	44	44	0.24	70	282	86	0	0.41	42	154	30	0	0.24	25
Average-Promedio	829	78	297	0.78	111	343	73	19	0.32	52	198	37	4	0.27	31

TABLE 6b. Results of the cohort analysis described in the text, with an annual coefficient of natural mortality of 0.3.

TABLA 6b. Resultados del análisis de cohortes descrito en el texto, con un coeficiente anual de mortalidad natural de 0.3.

Year class Clase anual	Age-Edad 0					Age-Edad 1				
	IPS	WPO	EPO	F	Mort.	IPS	WPO	EPO	F	Mort.
1966	3271	1270	0	0.59	651	1350	461	97	0.64	263
1967	8132	3607	0	0.70	1541	2984	964	416	0.75	555
1968	4965	2300	0	0.75	923	1742	371	290	0.57	348
1969	6004	2970	0	0.82	1082	1952	378	14	0.26	448
1970	4656	1938	0	0.64	904	1814	443	467	0.84	325
1971	7428	3316	0	0.71	1404	2708	682	292	0.46	464
1972	5336	498	0	0.11	1311	3527	124	609	0.27	806
1973	12453	4875	0	0.59	2472	5106	1403	51	0.40	1105
1974	7285	3953	0	0.95	1246	2086	676	260	0.71	393
1975	4316	1277	0	0.41	925	2114	222	488	0.48	440
1976	4539	1784	0	0.59	900	1855	698	55	0.62	364
1977	7224	2542	0	0.51	1482	3200	478	508	0.44	680
1978	11622	5091	0	0.69	2212	4319	1452	78	0.52	885
1979	4532	2088	0	0.74	845	1599	611	48	0.63	312
1980	5168	2810	0	0.95	884	1474	605	4	0.64	287
1981	5610	1975	0	0.52	1152	2483	785	249	0.64	482
1982	2285	665	0	0.40	491	1129	213	12	0.26	260
Average-Promedio	6166	2527	0	0.63	1201	2438	622	232	0.54	495

Year class Clase anual	Age-Edad 2					Age-Edad 3					Age-Edad 4				
	IPS	WPO	EPO	F	Mort.	IPS	WPO	EPO	F	Mort.	IPS	WPO	EPO	F	Mort.
1966	529	1	155	0.41	113	260	13	32	0.22	61	154	17	1	0.14	36
1967	1049	78	311	0.55	212	448	23	35	0.16	108	282	24	0	0.10	69
1968	733	48	258	0.65	142	285	14	7	0.09	71	193	18	6	0.13	44
1969	1112	2	711	1.27	167	232	18	24	0.19	48	142	16	0	0.14	35
1970	579	15	269	1.02	140	155	4	2	0.05	39	110	3	0	0.03	28
1971	1270	20	589	0.79	232	429	12	1	0.04	110	306	29	0	0.12	75
1972	1988	28	440	0.32	445	1075	115	2	0.13	262	696	26	24	0.09	173
1973	2547	46	722	0.42	544	1235	61	172	0.25	286	716	95	21	0.21	169
1974	757	96	150	0.47	159	352	44	21	0.24	82	205	10	8	0.11	50
1975	964	61	250	0.46	202	451	14	7	0.06	114	316	28	0	0.11	79
1976	738	151	81	0.45	156	350	38	0	0.14	86	226	7	0	0.04	58
1977	1534	98	539	0.64	297	600	76	1	0.16	144	379	84	0	0.29	85
1978	1904	119	284	0.28	434	1067	584	11	1.00	180	292	99	1	0.50	61
1979	628	180	70	0.60	124	254	64	2	0.35	56	132	56	0	0.66	25
1980	578	200	120	0.98	197	161	54	6	0.55	32	69	15	1	0.29	15
1981	967	139	62	0.27	222	544	21	6	0.06	137	380	75	0	0.26	87
1982	644	44	44	0.17	153	403	86	0	0.28	92	225	30	0	0.17	54
Average-Promedio	1089	78	297	0.57	232	488	73	19	0.23	112	284	37	4	0.20	67

TABLE 7. Recapture data for tagged northern bluefin released in the eastern Pacific Ocean. The values following the plus signs are explained in the text.

TABLA 7. Datos de recaptura de aletas azules del norte marcados liberados en el Océano Pacífico oriental. En el texto se explican los valores que siguen los signos de más.

Year class	Age at release	Date of release	Year of recapture	Number of fish		
				EPO	WPO	Total
Clase anual	Edad de liberación	Fecha de liberación	Año de recaptura	Número de peces		
				EPO	WPO	Total
1956	2	Feb. 1958	1958	4 + 4	0	4 + 4
1956	2	Feb. 1958	1963	0	0 + 1	0 + 1
1960	2	Aug. 1962	1962	1 + 1	0	1 + 1
1960	2	Aug. 1962	1963	2 + 2	0	2 + 2
1961	1	Aug. 1962	1962	45 + 39	0	45 + 39
1961	1	Aug. 1962	1963	35 + 44	0	35 + 44
1961	1	Aug. 1962	1964	0 + 1	1 + 2	1 + 3
1961	1	Aug. 1962	1965	0	2	2
1961	2	Jul.-Aug. 1963	1963	20 + 4	0	20 + 4
1961	2	Jul.-Aug. 1963	1964	4 + 1	0	4 + 1
1961	2	Jul.-Aug. 1963	1965	2	0	2
1962	1	Jul.-Aug. 1963	1963	47 + 8	0	47 + 8
1962	1	Jul.-Aug. 1963	1964	19 + 6	0	19 + 6
1962	1	Jul.-Aug. 1963	1965	3 + 1	0	3 + 1
1962	2	Aug. 1964	1964	4	0	4
1962	2	Aug. 1964	1965	8	0	8
1962	2	Aug. 1964	1968	0	1	1
1963	1	Aug. 1964	1964	94 + 9	0	94 + 9
1963	1	Aug. 1964	1965	64 + 3	0	64 + 3
1963	1	Aug. 1964	1966	15 + 2	1	16 + 2
1963	1	Aug. 1964	1968	0	1	1
1964	2	Jun. 1966	1966	21 + 42	0	21 + 42
1965	1	Jun. 1966	1967	1 + 1	0	1 + 1
1966	2	Jul. 1968	1968	1 + 2	0	1 + 2
1967	1	Jul. 1968	1968	1 + 2	0	1 + 2
1974	2	Jun. 1976	1976	1	0	1
1977	2	Aug. 1979	1979	33 + 1	0	33 + 1
1977	2	Aug. 1979	1980	2	0	2
1977	2	Aug. 1979	1982	0	1	1
1978	1	Aug. 1979	1979	2	0	2
1978	1	Aug. 1979	1980	1	0	2
1978	2	Aug.-Sep. 1980	1980	3 + 1	0	3 + 1
1978	2	Aug.-Sep. 1980	1981	3	0	3
Total i	1		i + 1	190 + 59	0	190 + 59
	1		i + 2	119 + 53	0	119 + 53
	1		i + 3	18 + 4	2 + 2	20 + 6
	1		i + 4	0	2	2
	1		i + 5	0	1	1
i	2		i + 2	88 + 54	0	88 + 54
	2		i + 3	19 + 3	0	19 + 3
	2		i + 4	2	0	2
	2		i + 5	0	1	1
	2		i + 6	0	1	1
	2		i + 7	0	0 + 1	0 + 1

TABLE 8. Releases and recaptures of northern bluefin tagged off Japan during 1980-1988 (from Bayliff *et al.*, 1991). W, C, E, IATTC, and FSFRL stand for western Pacific, central Pacific (between 160°E and 130°W), eastern Pacific, Inter-American Tropical Tuna Commission, and Far Seas Fisheries Research Laboratory, respectively.

TABLE 8. Liberaciones y recapturas de aletas azules del norte marcados frente al Japón durante 1980-1988 (de Bayliff *et al.*, 1991). O = Pacífico occidental; C = Pacífico central (entre 160°E y 130°W); E = Pacífico oriental; IATTC = Comisión Interamericana del Atún Tropical; FSFRL = Far Seas Fisheries Research Laboratory.

Release			Recapture																	
Year class	Organization	Number	Year 0			Year 1			Year 2			Year 3			Year 4			Total		
			W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E
Liberación			Recaptura																	
Clase anual	Organización	Cantidad	Año 0			Año 1			Año 2			Año 3			Año 4			Total		
			O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E
1979	IATTC	739	—	—	—	157	0	0	33	0	24	9	1	0	3	0	0	202	1	24
1980	IATTC	106	10	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
	FSFRL	802	64	0	0	46	0	0	8	0	4	2	0	0	0	0	0	120	0	4
1981	IATTC	3,297	264	0	0	48	2	24	5	0	1	0	0	0	0	0	0	317	2	25
	FSFRL	1,653	127	0	0	67	3	21	17	0	3	2	0	0	0	0	0	213	3	24
1982	IATTC	237	24	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0
	FSFRL	614	2	0	0	25	0	0	3	0	1	2	0	1	0	0	0	32	0	2
1983	FSFRL	788	8	0	0	111	0	1	9	0	19	1	0	0	0	0	0	129	0	20
1984	FSFRL	1,944	109	0	0	54	0	2	3	0	26	0	0	0	0	0	0	166	0	28
1985	FSFRL	993	1	0	0	84	0	0	10	0	4	1	0	0	—	—	—	96	0	4
1986	FSFRL	863	45	0	0	37	0	0	0	0	1	—	—	—	—	—	—	82	0	1
1987	FSFRL	729	35	0	0	10	0	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	0	1
1988	FSFRL	588	14	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	0	0
Total		13,353	703	0	0	645	5	49	89	0	83	17	1	1	3	0	0	1,457	6	133

TABLE 9. Correlations for various combinations of catches of northern bluefin. WPO and EPO stand for western Pacific Ocean and eastern Pacific Ocean, respectively.

TABLA 9. Correlaciones para varias combinaciones de capturas de aleta azul del norte. WPO = Océano Pacífico occidental; EPO = Océano Pacífico oriental.

Correlation	Degrees of freedom	<i>r</i>
Correlación	Grados de libertad	<i>r</i>
1. WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.157
2. WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.442
3. WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.390
4. WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.175
5. WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.322
6. WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 2	18	-0.460*
7. EPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	35	0.458*
8. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 1	18	0.843**
9. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 2	17	0.174
10. WPO, age 1, <i>versus</i> WPO, age 2	18	0.344
11. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 1	17	0.757**
12. WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 2	16	0.511*
13. EPO, age 2, <i>versus</i> WPO, age 0, and WPO, age 2	15	0.746**

* significant at the 5-percent level—significativo al nivel de 5%

** significant at the 1-percent level—significativo al nivel de 1%

**CRECIMIENTO Y COMPOSICION POR EDAD DEL ATUN ALETA
AZUL DEL NORTE, *THUNNUS THYNNUS*, CAPTURADO EN EL
OCEANO PACIFICO ORIENTAL, ESTIMADOS A PARTIR DE DATOS
DE FRECUENCIA DE TALLA, CON COMENTARIOS
SOBRE MIGRACIONES TRANSPACIFICAS**

por

William H. Bayliff

RESUMEN

El desove del atún aleta azul del norte del Pacífico, *Thunnus thynnus*, ocurre solamente en el Océano Pacífico occidental (WPO), pero números substanciales de los juveniles migran al Océano Pacífico oriental (OPO), donde permanecen unos meses, o más, antes de regresar al WPO. Datos de marcado y frecuencia de talla indican que muchos aletas azules llegan al OPO a 1 ó 2 años de edad, y permanecen allí una o dos temporadas de pesca antes de regresar al WPO. La proporción de los peces que migra del oeste al este varía entre años. Se estima el número de peces de 1, 2, 3, 4, y >4 años de edad en las capturas del OPO para la mayoría de los años del período de 1952-1991.

INTRODUCCION

El desove del atún aleta azul del norte del Pacífico, *Thunnus thynnus*, ocurre solamente en el Océano Pacífico occidental (WPO), pero números substanciales de los juveniles migran al Océano Pacífico oriental (OPO), donde permanecen unos meses, o más, antes de regresar al WPO (Bayliff, 1991). Durante su estadía en el OPO estos peces son capturados con redes de cerco, y a veces con carnada y redes agalleras y por curricanes y barcos de pesca deportiva. La mayoría de los peces son de talla inferior a los 100 cm, pero se capturan también peces más grandes de mayor edad. No se sabe si éstos últimos habían permanecido en el OPO desde que eran juveniles o si habían llegado recientemente.

Los datos de marcado han indicado que los aletas azules del sur, *Thunnus maccoyii*, alcanzan edades de aproximadamente 20 años (Anónimo, 1982), y se cree que los aletas azules del norte alcanzan aproximadamente 25 años de edad en el Océano Atlántico (Cort, 1990: Tabla 9), y es por lo tanto probable que los aletas azules del norte alcancen edades comparables en el Océano Pacífico. No es posible estimar las tasas de crecimiento para la vida entera de peces tan longevos, ni tampoco asignarles una edad, a partir de datos de frecuencia de talla solamente, pero sí es posible usar este método para los peces más jóvenes que forman el componente principal de la pesquería del OPO.

En investigaciones previas del aleta azul del norte del Pacífico se usaron vértebras (Aikawa y Kato, 1938; Foreman, 1991), frecuencias de talla (WPO solamente; Yokota *et al.*, 1961; 217), escamas (Bell, 1963; Yukinawa y Yabuta, 1967; Schultze y Collins, 1977), y datos de marcado (Bayliff *et al.*, 1991) para asignar edades a los peces y estimar sus tasas de crecimiento.

MATERIALES Y METODOS

Se detallan en la Tabla 1 las muestras de frecuencia de talla disponibles. Las muestras de 1923-1925 y 1952-1971 fueron tomadas por el California Department of Fish and Game (CDFG). Los datos de 1923-1925 y 1952-1965 fueron tomados de una cinta de computadora magnética proveida por el CDFG, y aquellos de 1970-1971 de formularios impresos de la misma organización. Los datos de 1966-1969 fueron obtenidos por Schultze y Collins (1977: Tablas 6-9). Las muestras de 1973-1991

fueron tomadas por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT). Se midieron los peces al milímetro más cercano, de la punta del hocico a la furca caudal, con calibres (Hennemuth, 1957; Schultze y Collins, 1977). Subsecuentemente fueron combinados en grupos de 1 cm.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Cálculos

Se combinaron los datos de frecuencia de talla con datos de desembarco o de captura y datos de bitácora del mismo año para estimar las capturas, en número de peces, por año, mes, e intervalo de 1 cm. (Los datos de desembarco y captura de un período dado no son iguales, ya que peces capturados durante un período son desembarcados frecuentemente durante un período subsecuente. Los datos de bitácora contienen la mayoría de los datos de captura, pero no todos, ya que no se obtienen datos de bitácora utilizables para algunos viajes de pesca). Se emplearon los siguientes cálculos:

n_{ijkl} = número de peces de talla l en la muestra del desembarco k de peces capturados durante el mes j del año i ,

\bar{w}_{il} = peso medio de peces de talla l en el año i ,

$w_{ijkl} = n_{ijkl}\bar{w}_{il}$ = peso de todos los peces de talla l en la muestra del desembarco k capturados durante el mes j del año i ,

$w_{ijk} = \sum_{l=1}^L w_{ijkl}$ = peso de todos los peces en la muestra del desembarco k capturados durante el mes j del año i ,

W_{ijk} = peso de todos los peces en el desembarco k capturados durante el mes j del año i ,

$W_{ij} = \sum_{k=1}^K W_{ijk}$ = peso de todos los peces en todos los desembarcos capturados durante el mes j del año i ,

W_{ij} = peso de todos los peces desembarcados por barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora, capturados durante el mes j del año i ,

$W_i = \sum_{j=1}^J W_{ij}$ = peso de todos los peces desembarcados por barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora, capturados durante el año i ,

W_i = peso de todos los peces desembarcados capturados durante el año i ,

$W_{ij} = W_{ij}(W_i/W_i)$ = peso de todos los peces desembarcados capturados durante el mes j del año i ,

$N_{ijkl} = n_{ijkl}(W_{ijk}/w_{ijk})$ = número de peces de talla l en el desembarco k capturados durante el mes j del año i ,

$$N_{ijl} = \sum_{k=1}^K N_{ijk} = \text{número de peces de talla } l \text{ en todos los desembarcos muestreados de peces capturados durante el mes } j \text{ del año } i,$$

$$N_{ijl} = N_{ijl} (W_{ij} / W_{ij}) = \text{número de peces de talla } l \text{ capturados durante el mes } j \text{ del año } i, \text{ y}$$

$$N_{ij} = \sum_{l=1}^L N_{ijl} = \text{número de peces capturados durante el mes } j \text{ del año } i.$$

Las estimaciones de los pesos medios de los peces de distintas tallas fueron obtenidas de los datos de relaciones peso-talla compilados por Bayliff (1991, Tabla 7).

No se pudieron usar los datos de frecuencia de talla de 1923-1925 para estimar las capturas en número de peces de cada talla en cada mes porque no se disponía de datos sobre los desembarcos o las capturas registradas por mes. Para 1952-1958 se usaron datos sobre desembarcos mensuales (Personal, División de Pesquerías Marinas, 1954, 1956, y 1958; Sección de Bioestadística, 1960) como aproximaciones de las capturas mensuales, ya que no se disponía de datos de bitácora sobre las capturas. Se presentan éstos en la Tabla 2. Los errores asociados con este procedimiento son pequeños, ya que durante este período la mayoría de las capturas fueron realizadas por barcos cerqueros pequeños que hacían viajes cortos y normalmente desembarcaban el pescado en el mismo mes de captura. Se estimaron las capturas mensuales de 1959-1991 a partir de los datos de captura mensual registrada y desembarcos anuales totales, arriba detallados. Se presentan estas estimaciones asimismo en la Tabla 2. No se disponía de los pesos del pescado capturado correspondientes a algunas muestras del período de 1952-1965, y en estos casos se asignó un peso de 10 toneladas si el pescado fue capturado por un barco cerquero y de 5 toneladas si fue capturado por un barco de carnada. Solamente las estimaciones del número de peces de cada edad y talla capturados durante cada año (Schultze y Collins, 1977: Tablas 6-9) estuvieron disponibles para 1966-1969. No se pudieron utilizar estos datos para la estimación del crecimiento, pero están incorporados en la Tabla 5.

Crecimiento

El punto máximo del desove del aleta amarilla del norte ocurre probablemente en mayo, y los juveniles alcanzan una talla de unos 60 cm un año más tarde (Bayliff *et al.*, 1991). No obstante, por conveniencia se supone en este informe que el desove ocurre el 1 de enero; así los peces de la clase anual de 1952 son de 1 año de edad durante 1953, y así sucesivamente.

Existen programas de computadora, como ELEFAN (Pauly, 1987) y MULTIFAN (Fournier, *et al.*, 1991), que separan objetivamente las distribuciones de frecuencia de talla de peces en grupos de edad, pero la mayoría de éstos están basados en el supuesto de que el crecimiento de los peces sigue la función de von Bertalanffy, que no es el caso para los aletas azules de talla entre 564 y 1530 mm (Bayliff, *et al.*, 1991). Además, el uso de un procedimiento de este tipo no es necesario, ya que en la mayoría de los casos las modas pueden ser separadas sin dificultad mediante una inspección visual.

Se hizo una lista de los datos de frecuencia de talla (en número estimado de peces capturados) para cada mes de cada año y se graficaron como histogramas, que se usaron para estimar las tallas que separaban peces de distintas edades. Por ejemplo, para junio de 1960, peces de talla inferior a los 65 cm fueron asignados la edad 1, los de 65-88 cm la edad 2, los de 89-114 cm la edad 3, y los de >114 cm la edad 4+. Por consiguiente, las tallas de separación para junio de 1960 fueron 64.5, 88.5, y 114.5 cm. En la Tabla 3 se presentan las tallas de separación medias. Se disponía de pocos datos para los períodos de enero-mayo y octubre-diciembre. En el período de junio-septiembre, en la mayoría de los ejemplos, solamente dos edades, 1 y 2, estaban presentes en números bastante grandes

para ser visibles en los histogramas. Para la mayoría de los meses en la mayoría de los años se podían separar las modas sin dificultad, pero en algunos casos las modas se sobrepusieron tanto que no fue posible designar tallas de separación. En las Figuras 1 y 2 se presentan histogramas para dos años, 1960 y 1962. Los histogramas de 1960 muestran más grupos de edad que los de cualquier otro año. Los datos de 1962 están entre los peores, en cuanto a la separación de grupos modales; en casos como éste no se intentó designar tallas de separación.

Bayliff *et al.* (1991) demostraron que el crecimiento de los aletas azules de entre 564 y 1530 mm de talla es lineal, y por lo tanto se calcularon regresiones lineales de las tallas de separación medias sobre los meses para todos los datos y para los tres períodos de verano (junio-septiembre para peces de 1 y 2 años de edad y junio-agosto para los de 3 años de edad). Los resultados son como sigue:

Período	Intercepto (cm)	Pendiente (cm/mes)	Grados de libertad	Crecimiento (mm/día)
Mayo (edades 1-2)-agosto (edades 3-4)	54.434	2.1148	156	0.705
Junio-septiembre (edades 1-2)	43.078	3.6720	83	1.224
Junio-septiembre (edades 2-3)	33.300	3.2173	49	1.072
Junio-agosto (edades 3-4)	9.333	3.5000	2	1.167

La tasa de crecimiento lineal para todos los datos es casi idéntica al valor de 0.709 mm por día estimado por Bayliff *et al.* (1991).

Se obtuvieron las tallas de separación estimadas (Tabla 3) para junio-septiembre de la segunda, tercera, y cuarta de las regresiones arriba detalladas. Ya que hubieron pocos datos para la estimación de las tallas de separación para enero-mayo y octubre-diciembre, se calcularon éstas usando interpolación lineal entre las tallas de separación estimadas para septiembre y junio (todos los valores excepto los dos primeros de los años 1-2, los cuatro últimos de los años 3-4, y todos los valores de los años 4-5, para los cuales se obtuvieron estimaciones usando extrapolación lineal con las tasas indicadas en la tabla). (El valor de 1.68 es la tasa de crecimiento para el período septiembre-junio de los peces de 1-2 y 2-3 años de edad, el de 3.50 la tasa de crecimiento para el período de junio-agosto de los peces de 3-4 años de edad, y el de 1.49 la tasa de crecimiento para el período de septiembre-junio de los peces de 2-3 y 3-4 años de edad.)

Es aparente a partir de los datos en la Tabla 3 que el crecimiento es más rápido durante el verano que durante el invierno. Se ha establecido que esto también ocurre con el aleta azul del norte en el Océano Atlántico (Cort, 1990: Figura 68) y el aleta azul del sur (Burgess *et al.*, 1991). El período para el cual se estimó la tasa de crecimiento de 0.705 mm por día (de mayo (año 1) a agosto (año 3)) incluye tres períodos de crecimiento rápido, pero menos de tres períodos de crecimiento lento (Tabla 3). El uso de solamente los datos del período de julio de los años 1-2 a julio de los años 3-4 en la Tabla 3 resulta en una tasa de crecimiento para el período de dos años de 0.675 mm por día, todavía no muy diferente de la tasa de 0.709 mm por día estimada para peces marcados.

Se presenta en la Tabla 4 la relación entre crecimiento y tiempo. El valor correspondiente al primer abril en la tabla es el punto medio entre las tallas de separación de abril del año 1 y abril del año 2 en la Tabla 3, y así sucesivamente, hasta el último diciembre del año 4. Se obtuvieron los valores para el período antes del primer abril en la figura extrapolando hacia atrás, usando pendientes iguales a aquellas de los períodos entre el primer abril y el último diciembre. Se paró esta extrapolación en el primer julio en la figura porque, según Bayliff *et al.* (1991), la relación de crecimiento para peces de menos de 564 mm de talla es diferente a aquella para peces de talla mayor.

Composición por edad

Se usaron las tallas de separación estimadas en la Tabla 3 para estimar el número de peces de cada grupo de edad capturados durante cada mes de cada año. Por ejemplo, los peces capturados en abril de cada año fueron asignados a la edad 1 si su talla era menos de 62 cm, a la edad 2 si era entre 62 y 87 cm, a la edad 3 si era entre 88 y 111 cm, a la edad 4 si era entre 112 y 135 cm, y a la edad 4+ si era más de 135 cm. Se presentan en el Anexo 1 los resultados. No se tomaron muestras de frecuencia de talla de los peces capturados durante algunos meses. Cuando ésto fue el caso, se supuso que las frecuencias de talla eran iguales a aquellas del mismo mes de otro año para el cual se disponía de datos de frecuencia de talla. Por ejemplo, para junio de 1952 se estimó el número de peces de edad 1 desembarcado como $(117/699) \times 3,789 = 634$, donde 117 y 699 son los pesos de peces desembarcados durante junio de 1952 y 1954, respectivamente (Tabla 2), y 3,789 es el número estimado de peces de edad 1 desembarcados durante junio de 1954 (Anexo 1). (Se seleccionó el otro año a base de la semejanza de las composiciones de edad de peces capturados durante otros meses. Se podrían haber usado los datos de junio de 1956, en vez de aquellos de junio de 1954, para estimar el número de peces de cada grupo de edad capturados durante junio de 1952, pero la composición por edad de junio de 1954 es más similar a aquellas de mayo y julio de 1952 que a aquella de junio de 1956.)

Ishizuka (1989) estimó las composiciones por edad de las capturas de aletas azules del norte por barcos japoneses durante 1966-1989. Sus resultados son resumidos por Bayliff (1991: Tabla 15). Se presentan en la Tabla 5 algunos de esos datos y los datos en el Anexo 1 de este informe, por clase anual. En esta tabla se usan también datos de composición por edad obtenidos por Schultze y Collins (1977: Tabla 11) para 1966-1969.

Análisis de cohortes

Se efectuaron análisis de cohortes, usando los datos en el Anexo 1 de este informe para el OPO y la Tabla 5-1 de Ishizuka (1989) para el WPO con los métodos descritos por Tomlinson (1970). Son necesarios datos de las capturas de cada trimestre para los análisis de cohortes, y por lo tanto las capturas anuales de peces capturados entre 1956 y 1987 fueron multiplicadas por los siguientes valores para estimar las capturas por trimestre:

- año de cría, WPO, primer y segundo trimestre-0.0, tercer trimestre-0.8, cuarto trimestre-0.2;
- años subsecuentes al año de cría, SPO, primer trimestre-0.1, segundo trimestre-0.3, tercer trimestre-0.5, cuarto trimestre-0.1;
- años subsecuentes al año de cría, OPO, primer trimestre-0.0, segundo trimestre-0.1, tercer trimestre-0.7, cuarto trimestre-0.2.

No se hicieron supuestos en cuanto a las migraciones de este a oeste, y los resultados reflejan por lo tanto las capturas logradas en el Pacífico occidental y el OPO (y la falta de disponibilidad de los peces durante sus migraciones trans-Pacíficas) entre 1956 y 1987. Se empezaron los análisis al fin del duodécimo año en la pesquería (el 31 de diciembre). Se usaron tasas iniciales de F de 0.5 y 0.4 con valores de M de 0.2 y 0.3, respectivamente. Se seleccionaron los valores de 0.2 y 0.3 para M porque son los puntos extremos de la estimación de 0.276 calculada por Bayliff *et al.* (1991). En realidad, M probablemente varía entre grupos de edad. En la Tabla 6 se resumen los resultados correspondientes a los primeros cinco años de vida. Ya que no se disponía de datos de 1972 para el OPO, se obtuvieron las estimaciones para peces de edad 1 en ese año calculando el promedio de las estimaciones del número de peces de edad 1 capturados en el OPO durante 1970-1971 y 1973-1986 y añadiéndolo a la estimación del número de peces de edad 1 capturados en el WPO durante 1972. Se usó un procedimiento equivalente para estimar el número de peces de 2, 3, y 4 años de edad

capturados durante 1972. Se puede ver en la Tabla 6 que las capturas del WPO normalmente superan aquellas del OPO para peces de todas edades excepto los de 2 años. La clase anual de 1969, de tamaño aproximadamente medio (Tabla 6, segunda columna), produjo capturas de peces de edad 2 muy pobres en el WPO y excelentes en el OPO. La clase anual de 1972, que fue levemente inferior al promedio, produjo capturas muy escasas de peces de edades 0 y 1 en el WPO y capturas excelentes de peces de edades 1 y 2 en el OPO. La clase anual de 1981, que fue aproximadamente media, produjo capturas de peces de 2 años de edad superiores al promedio en el WPO y muy pobres en el OPO.

El análisis de cohortes es altamente especulativo. Los errores en la asignación de las edades de 0, 1, 2, y 3 años a los peces son probablemente mínimos, pero es casi seguro que son mayores para peces de edades mayores. Adicionalmente, el hecho de que muchos de los peces migran de un lado a otro del Océano Pacífico probablemente causa los resultados a ser menos precisos que serían de otro modo.

Fechas de las migraciones y las porciones de la población que migran

Peces marcados liberados en el WPO hasta enero del año después de su cría han sido recapturados en el OPO durante el mismo año (Bayliff *et al.*, 1991: Figura 16). El viaje de regreso al WPO aparentemente dura más tiempo, ya que el período mínimo entre liberación en el OPO y recaptura en el WPO es 674 días (Bayliff *et al.*, 1991: Tabla 9).

Peces de edad 1 aparecen en el OPO hasta en abril en algunos años, pero en la mayoría de los años no aparecen hasta junio o julio. Se puede ver en el Anexo 1 que peces de edad 1 fueron muestreados por primera vez en abril en tres años, en mayo en cuatro años, en junio en diez años, y en julio en ocho años. (No se incluyen en estas sumas los datos para los años en los cuales se estimó que peces de edad 1 aparecieron por primera vez en meses de los cuales no se tomaron muestras).

Nakano y Bayliff (1992: Figura 16) demostraron que los aletas azules son capturados por barcos palangreros al oeste de California y Baja California durante el cuarto y primer trimestre del año, y declararon que estos peces probablemente estaban migrando del OPO al WPO. De ser así, esto indicaría que la migración al oeste empieza principalmente en el otoño, después del período de capturas máximas en el OPO.

Las capturas de aletas azules en el OPO consisten principalmente de peces de 1 y 2 años de edad. Las capturas de peces de 2 años de edad en el OPO superan las del WPO en la mayoría de los años, mientras que con peces de 3 años de edad ocurre lo contrario. Esto indica probablemente que la población de peces de 2 años de edad es mayor en el OPO y aquella de peces de 3 años de edad es mayor en el WPO, aunque es posible que diferencias relacionadas al área y/o talla en el esfuerzo de pesca y/o vulnerabilidad a la captura sean responsables de las diferencias en las capturas. Los postulados posibles para la migración de peces entre el OPO y el WPO incluyen:

1. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en el año i , principalmente en junio o julio, y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año $i + 1$ o a los 3 años de edad a principios del año $i + 2$ (por ejemplo, la mayoría de los peces de la clase anual de 1972 (Tabla 5));
2. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en el año i , principalmente en junio a julio, y emprenden su viaje de regreso al WPO a 1 año de edad hacia fines del año i o a los 2 años de edad a principios del año $i + 1$ (por ejemplo, muchos de los peces de la clase anual de 1981 (Tabla 5));
3. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año $i + 1$ y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año $i + 1$ o a los 3 años de edad a principios del año $i + 2$ (por ejemplo, la mayoría de los peces de la clase anual de 1969 (Tabla 5));

4. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad a principios del año i , principalmente en junio o julio, y emprenden su viaje de regreso como peces mayores;
5. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año $i + 1$ y emprenden su viaje de regreso como peces mayores.

Otros postulados, que no involucran peces de 1 o 2 años de edad en el OPO, son:

6. Los peces no migran al OPO en absoluto;
7. Los peces llegan al OPO a edades mayores de 2 años y subsecuentemente regresan al WPO.

El Postulado 6 es probablemente valedero para la mayoría de los peces de algunas clases anuales. Esto podría explicar las capturas reducidas de aletas azules en el OPO durante los años 80 y principios de los 90. Una octava posibilidad sería una combinación de los Postulados 1, 2, 3, 4, 5 con el 7, es decir, los peces migran más de una vez del WPO al OPO. Se pueden evaluar algunos de estos postulados examinando los datos de marcado y de composición por edad.

Las capturas de peces de 1 año de edad en el año i y de 2 años en el año $i + 1$ en el OPO están correlacionadas positivamente (ver la próxima sección), lo que indica que, para la mayoría de las clases anuales, la mayoría de los peces que migran siguen el Postulado 1. Sin embargo, para algunas clases anuales, por ejemplo, 1975 y 1981, las capturas de peces de 2 años de edad han sido substancialmente menores que las de peces de 1 año de edad, y para otras clases anuales, por ejemplo, 1959, 1969, 1973, 1978, 1983, y 1984, ha ocurrido lo contrario (Tabla 5). Estos ejemplos indican que, para algunas clases anuales, la mayoría de los peces que migran siguen los Postulados 2 ó 3.

Los histogramas de frecuencia de talla de algunos años, en particular los de 1960 (Figura 1), parecen indicar que muchos de los peces estaban siguiendo los Postulados 4 y/ó 5.

Se presentan en la Tabla 7 datos de peces marcados liberados en el OPO (Bayliff *et al.*, 1991). Para esta tabla, se asignaron edades a los peces marcados a base de su talla de liberación. Si se ignoraba la talla de liberación, se asignó la edad a base de la talla de recaptura (con un ajuste por crecimiento entre la fecha de liberación y la fecha de recaptura). Si se ignoraban ambas tallas, se asignó el pez temporalmente a la categoría de edad desconocida. A continuación se prorratearon los valores en la categoría de edad desconocida a las categorías de edades 1 y 2 a base de las proporciones de peces asignados a esas categorías. Por ejemplo, de los peces marcados liberados y recapturados durante 1962, 45 fueron asignados a la edad 1, 1 a la edad 2, y 40 temporalmente a la categoría de edad desconocida. Ya que el 98% ($45/(45 + 1)$) de los peces para los cuales se disponía de mediciones fueron asignados a la edad 1, el 98% de los 40 peces en la categoría de edad desconocida (39 peces) fueron asignados a la edad 1 y 1 a la edad 2. Estas cantidades aparecen detrás de los signos de más (+) en la Tabla 7 (líneas 5 y 3, respectivamente). Para los peces de las clases anuales principales liberados a 1 y 2 años de edad, los números de devoluciones de peces recapturados en el OPO durante el año de liberación y los años siguientes fueron como sigue:

Clase anual	Año de liberación	Año de recaptura		
		Año de liberación	Año de liberación + 1	Año de liberación + 2
		Peces de edad 1	Peces de edad 2	Peces de edad 3
1961	1962	84	79	1
1962	1963	55	25	4
1963	1964	103	67	17
		Peces de edad 1	Peces de edad 2	Peces de edad 3
1961	1963	24	5	2
1962	1964	4	8	0
1964	1966	63	0	0
1977	1979	34	2	0

Es aparente que peces liberados a 1 año de edad fueron recapturados frecuentemente en el OPO a 2 años de edad, pero que peces liberados a 1 y 2 años de edad fueron recapturados con menor frecuencia en el OPO a 3 años de edad. Estos datos indican que la mayoría de los peces estaban siguiendo los Postulados 1, 3, ó 4. (Se puede ver en la Tabla 3 que 44 de las 48 devoluciones de peces de edad 3 fueron de peces recapturados en el OPO. El tiempo mínimo entre la liberación de un aleta azul marcado en el OPO y la recaptura del mismo en el WPO es 674 días (Bayliff, *et al.*, 1991: Tabla 9), indicando que un pez típico tarda probablemente unos 2 años en migrar del OPO al WPO. En vista de ésto, no es sorprendente que las devoluciones de peces de 3 años de edad consistan principalmente de peces que permanecieron en el OPO.)

En la Tabla 8 se presentan datos de peces marcados liberados en el WPO (Bayliff *et al.*, 1991). Los peces de la clase anual de 1981 fueron relativamente abundantes en el OPO a 1 año de edad durante la temporada de 1982 (45 devoluciones), pero escasos en ese área a los 2 años de edad durante la temporada de 1983 (4 devoluciones). Peces de las clases anuales de 1979, 1983, y 1984 fueron escasos en el OPO a 1 año de edad (0, 1, y 2 devoluciones, respectivamente), pero relativamente abundantes en ese área a los 2 años de edad (24, 19, y 26 devoluciones, respectivamente). Fueron recapturados en el OPO pocos peces de las clases anuales de 1980, 1982, 1985, y 1986. Estos datos indican que la mayoría de los peces seguían los Postulados 2 (clase anual de 1981), 3 (clases anuales de 1979, 1983, y 1984), y 6 (clases anuales de 1980, 1982, 1985, y 1986).

Es posible también que algunos de los peces migren solamente parte de la distancia del WPO al OPO, regresando entonces al WPO. También es posible que algunos de los peces que han migrado al OPO migren parte de la distancia al WPO en el otoño y regresen al OPO en la primavera. Esto podría explicar las capturas bajas de aleta azul en el OPO durante el invierno. La mejor forma de detectar tales migraciones sería con un análisis de los datos de frecuencia de talla de peces capturados en el Océano Pacífico central y/o peces marcados liberados en el Océano Pacífico central y recapturados en el OPO y el WPO.

Finalmente, parece que peces de distintas clases anuales siguen postulados distintos. Durante los años 80 y principios de los 90, un período de capturas inferiores al promedio en el OPO, no hubo ninguna clase anual que contribuyó cantidades medias de peces de 1 y 2 años de edad a las capturas del OPO. La clase anual de 1981 contribuyó cantidades casi medias de peces de 1 año en 1982, pero pocos peces de 2 años en 1983. Las clases anuales de 1983 y 1984 contribuyeron pocos peces de 1 año en 1984 y 1985, pero cantidades casi medias de peces de 2 años en 1985 y 1986.

Factores que afectan la disponibilidad del aleta azul del norte en el OPO

Se calcularon coeficientes de correlación para 12 parejas de datos en la Tabla 5. Se presentan los resultados en la Tabla 9. Cinco de las 12 pruebas fueron significativas al nivel de 5%. El número de peces de edad 2 en el OPO y en el WPO están correlacionados negativamente (Prueba 6), lo cual indica que las capturas pobres en el OPO podrían ser debidas, al menos parcialmente, a que una proporción de la población total inferior a la normal migre del WPO al OPO. Las capturas de peces de edad 1 y 2 en el OPO están correlacionadas positivamente (Prueba 7), lo cual indica que la captura de peces de edad 2 en el OPO puede ser predicha, aunque no muy bien, a partir de la captura de peces de edad 1 en el OPO un año antes. Las capturas de peces de edad 0 y 1 en el WPO están altamente correlacionadas (Prueba 8), lo cual indica que la captura de peces de edad 1 en el WPO puede ser predicha a partir de la captura de peces de edad 0 en ese área un año antes.

La Prueba 11 arrojó un valor de r significativo al nivel de 1%, resultado no sorprendente dado que se obtuvo un valor de r aun más alto de la Prueba 8. Se obtuvo de la Prueba 12 un valor de r significativo al nivel de 5%; ésto tampoco es sorprendente dado que se obtuvo de la Prueba 2 un valor casi significativo.

El coeficiente de correlación de las capturas de peces de edad 0 en el WPO y las capturas de peces de edad 2 en el OPO dos años después es 0.442 (Tabla 5, Prueba 2). A pesar de que esta relación no es significativa al nivel de 5%, es posible que indique que la captura de peces de edad 2 en el OPO esté vinculada al reclutamiento de dos años antes, suponiendo que la captura de peces de edad 0 en el WPO sea un índice válido del reclutamiento. Ya que la captura de peces de edad 2 en el OPO parece estar relacionada con el reclutamiento de dos años antes (Prueba 2) y la captura de peces de edad 2 en el WPO en el mismo año (Prueba 6), se calculó un coeficiente de correlación múltiple (Pierce, 1965) (Prueba 13). El coeficiente de correlación resultante es altamente significativo, indicando que un 56% ($0.746^2 \times 100$) de la variación de las capturas de peces de edad 2 en el OPO es explicado por (1) una relación positiva al reclutamiento en el WPO y (2) una relación negativa a la captura de peces de edad 2 en el WPO. Ya que la mayor parte de la captura en peso del OPO en la mayoría de los años consiste de peces de edad 2, el reclutamiento y la emigración del WPO parecen ejercer influencias importantes sobre las capturas totales en el OPO.

RECONOCIMIENTOS

Los datos sobre los peces muestreados por el CDFG fueron suministrados por el Sr. Doyle A. Hanan de dicha organización y el Sr. Atilio L. Coan del National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos. La mayoría de los programas de computadora usados fueron compuestos por el Sr. Patrick K. Tomlinson de la CIAT, para usar con datos de atunes aleta amarilla y barrilete. El Sr. Tomlinson también llevó a cabo los análisis de cohortes. El manuscrito fue revisado por el Sr. Tomlinson y los Dres. Richard B. Deriso, Vivian Haist, y George M. Leigh.

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aikawa, H., and M. Kato. 1938. Age determinations of fish. I. Japan. Soc. Sci. Fish., Bull., 7 (1): 79-88 (translation by Van Campen, W.G., 1950, U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 21: 22 pp).
- Anonymous. 1982. Long liberty for tagged SBF tuna. Austral. Fish., 41 (2): 25.
- Bayliff, W.H. 1991. Status of northern bluefin in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spec. Rep., 7: 29-88.
- Bayliff, W.H., Y. Ishizuka, and R.B. Deriso. 1991. Growth, movement, and attrition of northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean, as determined from tagging experiments. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 20 (1): 1-94.
- Bell, R.R. 1963. Preliminary age determination of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. Calif. Fish Game, 49 (4): 307.
- Biostatistical Section, Marine Resources Operations (California Department of Fish and Game). 1960. The marine fish catch of California for the years 1957 and 1958. Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 108: 74 pp.
- Burgess, D., A. Caton, J. Gunn, W. Hearn, T. Murray, and C. Proctor. 1991. Aging and growth of juveniles and adults. In Caton, A.E. (editor), Review of aspects of southern bluefin tuna: biology, population and fisheries. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Spec. Rep., 7: 210-224.
- Cort, J.L. 1990. Biología y pesca del atún rojo, *Thunnus thynnus* (L.), del Mar Cantábrico. Inst. Español Ocean., Publ. Esp., 4: 272 pp.
- Foreman, T. 1991. Estimates of age and growth, and an assessment of ageing techniques for northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus* L., in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., unpublished manuscript.
- Fournier, D.A., J.R. Sibert, J. Majkowski, and J. Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data for southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci., 47 (2): 301-317.
- Hennemuth, R.C. 1957. An analysis of methods of sampling to determine the size composition of commercial landings of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 2 (5): 171-243.
- Ishizuka, Y. 1989. Estimates of catch and age compositions for northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught by Japanese fisheries in the Pacific Ocean during 1966 to 1986. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish., unpublished manuscript: 16 pp.
- Nakano, H., and W.H. Bayliff. 1992. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., 20 (5): 183-355.
- Pauly, D. 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. In Pauly, D., and G.R. Morgan (editors). Length-based Methods in Fisheries Research (ICLARM Conference Proceedings 13). International Center for Living Aquatic Resources Management and Kuwait Institute for Scientific Research: 7-34.
- Pierce, S.S. 1965. Biological Statistics: an Introduction. McGraw Hill Book Co., New York: xiii, 212 pp.

- Schultze, D.L., and R.A. Collins. 1977. Age composition of California landings of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, 1963 through 1969. Calif. Dept. Fish Game, Mar. Res. Tech. Rep., 38: 44 pp. (manuscript).
- Staff, Marine Fisheries Branch (California Department of Fish and Game). 1954. The commercial fish catch of California for the year 1952 with proportion of king and silver salmon in California's 1952 landings. Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 94: 17-64.
- Staff, Marine Fisheries Branch (California Department of Fish and Game). 1956. The commercial fish catch of California for the years 1953 and 1954 with jack mackerel and sardine yield per area from California waters 1946-47 through 1954-55. Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 102: 17-99.
- Staff, Marine Fisheries Branch (California Department of Fish and Game). 1958. The commercial fish catch of California for the years 1955 and 1956 with rockfish review. Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 105: 26-104.
- Tomlinson, P.K. 1970. A generalization of the Murphy catch equation. Fish. Res. Bd. Canada, Jour., 27 (4): 821-825.
- Yokota, T., M. Toriyama, F. Kanai, and S. Nomura. 1961. Studies on the feeding habit of fishes. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 14: 1-234.
- Yukinawa, M., and Y. Yabuta. 1967. Age and growth of bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus), in the north Pacific Ocean. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 25: 1-18.

APPENDIX 1. Estimated numbers of bluefin caught by commercial fishing gear in the eastern Pacific Ocean. The values in parentheses correspond to year-month strata in which no samples were taken.

ANEXO 1. Número estimado de aletas azules capturados por artes comerciales en el Océano Pacífico oriental. Los valores en paréntesis corresponden a los estratos año-mes en los cuales no se tomaron muestras.

Year Año	Age	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1952	1	0	0	0	0	6	(634)	10625	29349	(12523)	(627)	(214)	0	53978
	2	0	0	0	0	599	(7298)	29361	102811	(0)	(0)	(0)	0	140069
	3	0	0	0	0	0	(229)	0	0	(0)	(0)	(0)	0	229
	4	0	0	0	0	0	(215)	0	0	(0)	(0)	(0)	0	215
	>4	0	0	0	0	0	(0)	0	0	(0)	(0)	(0)	0	0
1953	1	0	0	(0)	0	0	0	136457	315007	136763	57221	642	5221	651311
	2	0	0	(1061)	0	0	0	3229	2194	0	0	0	0	6484
	3	0	0	(0)	0	0	0	6071	0	0	0	0	0	6071
	4	0	0	(0)	0	0	0	182	0	0	0	0	0	182
	>4	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954	1	0	0	(0)	0	0	3789	76104	300828	(13159)	(16438)	(2461)	244	413023
	2	25484	16788	(1769)	11811	23232	43598	180703	84137	(92599)	(0)	(0)	13257	493378
	3	412	0	(0)	0	0	1367	480	3260	(0)	(0)	(0)	122	5641
	4	515	0	(0)	0	0	1284	0	1957	(0)	(0)	(0)	0	3756
	>4	0	0	(0)	0	0	0	0	0	(0)	(0)	(0)	0	0
1955	1	(0)	0	0	0	(0)	585	10098	82454	3321	(41410)	(46258)	462	184588
	2	(11012)	3167	8138	0	(5736)	60464	35078	171185	23461	(0)	(0)	29459	347700
	3	(178)	0	0	0	(0)	0	0	18238	0	(0)	(0)	770	19186
	4	(223)	0	0	0	(0)	0	0	1809	0	(0)	(0)	0	2032
	>4	(0)	0	0	0	(0)	0	0	0	0	(0)	(0)	0	0
1956	1	0	0	0	0	0	217458	842	109653	35021	(31583)	37994	0	432551
	2	0	0	0	0	12032	0	10035	91095	52722	(1907)	0	0	167791
	3	0	0	0	0	179	0	3847	4679	229	(0)	0	0	8934
	4	0	0	0	0	0	0	136	93	0	(0)	0	0	229
	>4	0	0	0	0	0	0	0	8	0	(0)	0	0	8

APPENDIX 1. (continued)

ANEXO 1. (continuación)

Year Año	Age	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1957	1	0	0	(0)	0	0	1970	175336	310202	71707	(16079)	0	0	575294
	2	107	15658	(354)	0	0	55335	141929	150111	8060	(971)	0	0	372525
	3	0	0	(0)	0	0	202	18801	516	0	(0)	0	0	19519
	4	0	0	(0)	0	0	7	384	0	0	(0)	0	0	391
	>4	0	0	(0)	0	0	185	0	0	0	(0)	0	0	185
1958	1	0	0	(0)	0	0	349	140671	87011	50616	6508	0	119	285274
	2	60	20763	(65707)	38357	70880	22516	345023	258220	82693	393	0	0	904612
	3	22	689	(0)	0	21	0	339	3253	74	0	0	0	4398
	4	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	>4	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1959	1	0	0	(0)	0	(0)	0	1745	9934	0	0	0	0	11679
	2	0	18136	(2359)	13674	(1293)	79	143324	89903	0	0	0	0	268768
	3	0	2643	(0)	13168	(4)	0	28485	64999	0	0	0	0	109299
	4	0	0	(0)	252	(0)	0	1836	1701	0	0	0	0	3789
	>4	0	0	(0)	48	(0)	0	308	0	0	0	0	0	356
1960	1	0	(0)	0	0	0	282	4647	38605	9674	0	(4641)	0	57849
	2	12886	(4085)	0	0	0	17668	20322	10997	0	0	(0)	0	65958
	3	0	(595)	0	0	0	9571	14052	9010	0	0	(0)	0	33228
	4	0	(0)	0	0	0	30313	29640	7120	1729	0	(0)	0	68802
	>4	0	(0)	0	0	0	1626	1703	99	920	0	(0)	0	4348
1961	1	0	0	0	0	(576)	74960	96418	281353	41944	18328	10211	0	523790
	2	0	0	0	0	(2892)	66583	48867	171659	57139	0	0	0	347140
	3	0	0	0	0	(73)	1646	254	4031	173	0	0	0	6177
	4	0	0	0	0	(0)	366	0	0	0	0	0	0	366
	>4	0	0	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0

BLUEFIN TUNA

APPENDIX 1. (continued)

ANEXO 1. (continuación)

Year Año	Age	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1971	1	0	(0)	0	0	5682	41413	1149	144996	143521	130178	0	(10)	466949
	2	0	(951)	0	0	306815	234543	149385	0	15946	2415	0	(659)	710714
	3	0	(1409)	0	0	0	0	5744	0	0	0	0	(17)	7170
	4	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(0)	0
	>4	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(0)	0
1973	1	0	(0)	0	0	(50)	7496	417803	175729	(8249)	0	0	0	609327
	2	0	(292)	0	0	(2717)	164431	277875	130475	(13187)	0	0	0	588977
	3	0	(434)	0	0	(0)	1874	0	0	(0)	0	0	0	2308
	4	0	(0)	0	0	(0)	0	0	0	(0)	0	0	0	0
	>4	0	(0)	0	0	(0)	0	0	0	(0)	0	0	0	0
1974	1	0	0	0	0	0	2677	6113	7734	33817	(1026)	0	(5)	51372
	2	0	0	0	0	0	154626	157813	68049	54063	(5511)	0	(329)	440391
	3	0	0	0	0	0	0	729	0	0	(0)	0	(9)	738
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(0)	0	(0)	0
	>4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(0)	0	(0)	0
1975	1	0	(0)	0	0	(0)	69620	40088	28875	91798	9838	(19534)	(26)	259779
	2	0	(73)	0	0	(2810)	355214	183713	24597	100822	52855	(0)	(1647)	721731
	3	0	(108)	0	0	(2208)	15	0	0	0	0	(0)	(43)	2374
	4	0	(0)	0	0	(0)	5	0	0	0	0	(0)	(0)	5
	>4	0	(0)	0	0	(0)	0	0	0	0	0	(0)	(0)	0
1976	1	0	0	0	(7)	0	4445	54537	164302	199759	47233	(18138)	(21)	488442
	2	0	0	0	(170)	10075	62562	0	28864	47106	0	(0)	(1318)	150095
	3	104	561	0	(3)	7918	54432	0	71542	37514	0	(0)	(34)	172108
	4	4459	7092	0	(0)	0	0	0	8534	3827	0	(0)	(0)	23912
	>4	622	1680	0	(0)	0	0	0	279	513	0	(0)	(0)	3094

APPENDIX 1. (continued)

ANEXO 1. (continuación)

Year Año	Age	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1982	1	0	0	0	0	0	0	58507	107222	49766	33042	0	0	248537
	2	0	0	0	0	0	0	73685	11872	27451	6762	0	0	119770
	3	0	0	0	0	0	0	988	328	0	538	0	0	1854
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	981	0	0	981
	>4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	64
1983	1	0	0	0	0	0	0	5442	2349	248	(3815)	0	0	11854
	2	(2385)	0	0	0	0	0	31671	17205	10270	(781)	0	0	62312
	3	(5856)	0	0	0	0	0	0	36	0	(62)	0	0	5954
	4	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	(110)	0	0	110
	>4	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	(11)	0	0	11
1984	1	0	0	0	173	(172)	0	2221	17107	7897	(5036)	0	0	32606
	2	169	0	0	2641	(2941)	6298	21523	3691	5285	(1031)	0	0	43579
	3	415	0	0	270	(0)	402	4307	0	78	(82)	0	0	5554
	4	0	0	0	368	(0)	0	0	0	0	(145)	0	0	513
	>4	0	0	0	124	(0)	0	0	0	0	(15)	0	0	139
1985	1	0	0	0	0	(184)	1711	7435	27945	7190	5639	18405	7147	75656
	2	0	9443	0	0	(3144)	157169	27337	54747	5586	39052	18464	298	315240
	3	0	0	0	0	(0)	0	408	0	0	0	0	0	408
	4	0	0	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0
	>4	0	0	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	1	0	0	0	(49)	(101)	102	982	6664	218	4082	(9976)	104	22278
	2	0	0	7561	(747)	(1724)	33215	155591	116004	26828	33862	(10008)	2170	387710
	3	0	0	1421	(76)	(0)	0	0	2081	0	0	(0)	1187	4675
	4	0	0	0	(104)	(0)	0	0	0	0	0	(0)	369	473
	>4	0	0	0	(35)	(0)	0	0	0	0	0	(0)	123	158

BLUEFIN TUNA

APPENDIX 1. (continued)

ANEXO 1. (continuación)

Year Año	Age	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1987	1	(0)	0	0	0	0	(12)	2031	3762	663	176	(425)	0	7069
	2	(2103)	47	0	0	0	(3832)	28195	21488	15916	2024	(426)	0	74326
	3	(5164)	142	0	0	0	(0)	364	0	0	0	(0)	0	5670
	4	(0)	0	0	0	0	(0)	0	0	0	304	(0)	0	304
	>4	(0)	0	0	0	0	(0)	0	0	0	76	(0)	0	76
1988	1	0	0	0	0	0	11408	10057	5334	2436	5159	0	0	34394
	2	0	0	0	0	0	15066	24411	4309	0	854	0	0	44640
	3	0	0	0	0	0	1116	20016	0	0	0	0	0	21132
	4	0	0	0	0	0	36	0	150	0	0	0	0	186
	>4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	606	334	1001
1989	1	(0)	0	0	0	0	0	1165	32906	6556	4600	(0)	0	45227
	2	(169)	0	0	0	0	0	24	29349	10522	0	(0)	43	40107
	3	(415)	0	0	0	0	0	0	4872	313	0	(0)	212	5812
	4	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(0)	225	225
	>4	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(150)	273	423
1990	1	(0)	(0)	0	0	0	0	307	0	0	(280)	(4137)	0	4724
	2	(225)	(110)	0	0	0	0	33911	5103	30854	(3215)	(4150)	0	77568
	3	(553)	(331)	0	0	0	0	281	6412	0	(0)	(0)	0	7577
	4	(0)	(0)	0	0	0	0	0	357	0	(483)	(0)	0	840
	>4	(0)	(0)	0	0	0	0	0	0	0	(121)	(0)	0	121
1991	1	0	0	0	0	0	(5111)	1151	45343	0	0	0	0	51605
	2	0	0	0	0	0	(6750)	750	0	0	0	0	0	7500
	3	0	0	0	0	0	(500)	10	0	0	0	0	0	510
	4	0	0	0	0	0	(16)	0	0	0	0	0	0	16
	>4	0	0	0	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0