

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. 10, No. 6

**ESTIMATION OF YEAR CLASS ABUNDANCE AND MORTALITY
OF YELLOWFIN TUNA IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC**

**ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA DE LAS CLASES ANUALES
Y DE LA MORTALIDAD DEL ATUN ALETA AMARILLA EN EL
PACIFICO ORIENTAL TROPICAL**

by — por

Edwin B. Davidoff

La Jolla, California

1965

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION.....	355
ACKNOWLEDGEMENTS.....	355
METHODS.....	356
Source of data.....	356
Analytical techniques.....	357
RESULTS AND DISCUSSION.....	360
Area estimates.....	360
Regional estimates and comparison.....	360
Annual estimates.....	361
SUMMARY.....	363
—————	
FIGURES — FIGURAS.....	364
—————	
TABLES — TABLAS.....	367
—————	

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

	Página
INTRODUCCION.....	381
RECONOCIMIENTO.....	381
METODOS.....	382
Fuente de datos.....	382
Técnicas analíticas.....	383
RESULTADOS Y DISCUSION.....	386
Estimaciones de las áreas.....	386
Estimaciones regionales y su comparación.....	387
Estimaciones anuales.....	388
RESUMEN.....	390
—————	
LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA.....	392

ESTIMATION OF YEAR CLASS ABUNDANCE AND MORTALITY OF YELLOWFIN TUNA IN THE EASTERN TROPICAL PACIFIC

by

Edwin B. Davidoff

INTRODUCTION

Age composition of catch, and growth rate, of yellowfin tuna have been estimated by Hennemuth (1961a) and Davidoff (1963). The relative abundance and instantaneous total mortality rate of yellowfin tuna during 1954-1959 have been estimated by Hennemuth (1961b). It is now possible to extend this work, because more data are available; these include data for 1951-1954, which were previously not available, and data for 1960-1962, which were collected subsequent to Hennemuth's (1961b) publication. In that publication, Hennemuth estimated the total instantaneous mortality rate (Z) during the entire time period a year class is present in the fishery following full recruitment. However, this method may lead to biased estimates of abundance, and hence mortality rates, because of both seasonal migrations into or out of specific fishing areas and possible seasonal differences in availability or vulnerability of the fish to the fishing gear. Schaefer, Chatwin and Broadhead (1961) and Joseph *et al.* (1964) have indicated that seasonal migrations of yellowfin occur. A method of estimating mortality rates which is not biased by seasonal movements would be of value in computations of population dynamics.

The method of analysis outlined and used in the present paper may obviate this bias by comparing the abundance of an individual yellowfin year class, following its period of maximum abundance, in an individual area during a specific quarter of the year with its abundance in the same area one year later. The method was suggested by Gulland (1955) and used by Chapman, Holt and Allen (1963) in assessing Antarctic whale stocks. This method, and the results of its use with data for yellowfin caught in the eastern tropical Pacific from 1951-1962 are described in this paper.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is indebted to the California State Fisheries Laboratory for making available data on the size composition of yellowfin measured during 1951-1954, prior to the initiation of the Commission's sampling program. Many of the calculations in this paper were made on the CDC 1604 digital computer at the Computer Center of the University of Cali-

fornia, San Diego. The use of this computer and the assistance of the programming and operating staffs of the Center are most gratefully acknowledged.

Appreciation is expressed to Dr. Douglas G. Chapman for his suggestion of the method of analysis and to both him and Dr. Milner B. Schaefer for their advice and assistance. Dr. O. E. Sette suggested the method of measuring the average length of time each year class is present in the fishery following full recruitment. Mr. R. T. Umlor provided assistance in tabulating data and performing computations.

METHODS

Sources of data

Size composition

Size composition samples from the commercial landings of yellowfin tuna caught in the eastern tropical Pacific during 1951-1954 were collected by personnel of the California State Fisheries Laboratory; subsequent data were collected by personnel of the Inter-American Tropical Tuna Commission. Methods of collection are described in detail by Hennemuth (1957).

Methods of processing the monthly size-composition data to estimate the relative abundance of year classes in each area followed Hennemuth's (1961b) procedures. Monthly size-composition data were combined by quarters of the year, and quarterly percentage length frequencies computed by averaging the monthly percentage frequencies, giving each month within the quarter equal weight.

The quarterly mean weight of yellowfin, \bar{w} (in pounds), comprising the quarterly frequencies was estimated by

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (1)$$

where

- f_i = frequency of fish in the i^{th} class interval (2 cm intervals)
- \bar{w}_i = mean weight of fish in the i^{th} class interval, and
- n = the number of intervals encompassing the quarter's data.

The values of \bar{w}_i were determined by substituting the midpoint of each logarithmic length class interval in the estimated length-weight relationship of yellowfin tuna (Chatwin 1959). The estimated quarterly mean weights, by area (Figure 1) for the years 1951-1954 and 1960-1962 are listed in Tables 1 and 2, while those for the years 1954-1959 are tabulated in Hennemuth (1961b, table 1).

Catch and effort data

Methods of collection and analysis of catch statistics, and distribution of catch and effort for the eastern Pacific tuna fisheries were described

by Shimada and Schaefer (1956) and Shimada (1958). The fishing effort of a boat is expressed in units of standard day's fishing (SDF), *i.e.* day's fishing by a vessel of a standard size (201-300 tons capacity for baitboats and 101-200 tons capacity for seiners); the fishing power, or efficiency factor, of vessels of different size classes, relative to the standard class, is determined by the ratios of the catch-per-day's-fishing within the same time and area strata. Broadhead (1962) describes the method of computing the ratios as follows: "The ratio of the average annual catch-per-day's-fishing for yellowfin plus skipjack, for each size-class, to that of the standard class is computed for each five-degree statistical area having adequate data. The geometric mean of these ratios is then used to determine the efficiency factor, each year, for each size-class relative to the standard class."

In each area and quarter of the year where size-composition data were available for analysis, the average catch-per-unit-effort of yellowfin in pounds was calculated by dividing the total logged catch of yellowfin by the corresponding total number of standard day's fishing. The abundance (N , number of fish caught per SDF) in each quarter was estimated for each type of gear by dividing the catch-per-SDF by the corresponding quarterly mean weight of fish \bar{w} . The estimated number of standard days fishing (SDF), average catch-per-unit-effort (C), quarterly average weight of fish (\bar{w}) and number of fish per standard day's fishing (N) for yellowfin tuna, by area and quarter of the year, are shown in Tables 1 and 2.

Analytical techniques

Treatment of baitboat and purse-seine data

During the years 1951-1958, baitboats landed the major share of the catch of yellowfin tuna from the eastern tropical Pacific; that landed by the purse-seiners was of minor importance. However, in 1959, with the conversion of many baitboats to seiners, the catch by seiners increased to half the total annual catch of yellowfin. Since 1960, the purse-seine fleet has landed the major share of the total annual catch (Broadhead 1962). The data have therefore been collected and analyzed separately for these two types of fishing gear. However, only baitboat data from 1951-1962 and purse-seiner data from 1959-1962 were included in this analysis, in order to have the data as comparable as possible with changes in composition of the fishing fleet and their respective share of the catch.

Estimation of abundance of year classes

Procedures for estimating the relative abundance of individual yellowfin year classes followed those of Hennemuth (1961b). The catch-per-standard-day's-fishing was utilized as a relative measure of population abundance, and it was assumed that each unit of fishing effort takes a constant proportion of the stock. Small variations in availability undoubt-

edly occur at times but do not invalidate this basic assumption provided they occur in a random manner. Hennemuth minimized the effect of changes in availability by analyzing data within individual sampling areas, because of the consideration that factors which influence availability, *i.e.* physical environment and fish behavior, were probably more homogeneous within small areas than over the entire fishery.

In each monthly length-frequency distribution, age groups of successive year classes were identified and followed wherever possible from month to month. The relative abundance of each size group was estimated by its percentage area under the monthly length-frequency curve. In most cases, age groups of successive year classes were separated by several intervals in which the frequency of fish was nil or very low. In those cases where overlap occurred, the two age groups were separated at the interval of lowest frequency between them. The percentage area under the quarterly length-frequency distribution representing a year class was obtained by averaging the percentage areas under the monthly distributions corresponding to the same year class. The average number of fish caught per SDF for each year class in each quarter, N_t , was estimated by multiplying the percentage area under the quarterly length-frequency distribution by the corresponding quarterly value of N . The natural logarithm of the average number of fish caught per standard day's fishing, $\ln N_t$, is listed in Table 3 by area, fishing gear and year class. The Roman numerals in Table 3 refer to estimated age in years; the quarter of catch listed opposite the age is the quarter of the year in which the average fish reached that age (as in Hennemuth 1961b).

Estimation of total annual mortality

The total mortality rate of individual yellowfin year classes in each area has been estimated from the decline in relative abundance with time, following their period of maximum abundance, employing the formula:

$$N_{t+4} = N_t \exp [-(Z)t] \quad (2)$$

where

N_t = the number of fish present of a fully recruited year class at the beginning of a specific quarter of the year (t)

N_{t+4} = the number of this year class remaining at the beginning of the same quarter one year later

$(Z)t$ = the instantaneous total annual mortality coefficient.

Hence

$$(Z)t = \ln(N_t) / (N_{t+4}) \quad (3)$$

For each individual year class present in an area, estimates of Z were obtained by quarters for individual years wherever sufficient data were available. Estimates of Z for different year classes from the same area

and quarter of the year were averaged to obtain a single estimate of Z for the specific quarter of the year. Annual estimates of the total instantaneous mortality rate Z for the entire fishery were obtained by weighting the annual estimates for each area by the average number of yellowfin caught per standard day's fishing in each area during the pair of years for which abundance estimates were compared. This procedure had the advantage of weighting the different estimates of Z in proportion to the average abundance of yellowfin in each area and, in addition, gave extra weight to those areas with the greatest number of observations.

In 1960-61, where annual estimates for identical years and areas were available from both types of fishing gear, a combined estimate was obtained by weighting the estimate for each year in proportion to the total number of samples collected by each fishing gear.

Errors of estimate

Errors in estimating age composition of catch, effort and average weight of fish comprising the catch are all compounded in the final estimates of abundance. The amount of error is still large as evidenced by the large variability in estimated abundance of individual year classes in the same area during successive quarters of the year (Figure 2). The total effect of all errors probably results in estimates of Z that are minimal because of the following:

1. Errors in estimating age composition of catch are greatest at older ages, as these age groups are less abundant than younger age groups and are therefore less apt to be sampled adequately.
2. Older fish in size composition data are not readily classifiable as to age, and the percentage area they occupy under the length-frequency curve is not as readily delineated as is that of younger fish.
3. The rapid and practically complete disappearance of newly-recruited year classes in recent years prevents accurate estimation of their greatly reduced abundance, because the more rapidly reduced groups are less likely to be included in the estimate by the foregoing procedure, resulting in too low an estimate of total mortality rate during these years.
4. Yellowfin catch-per-standard-day's-fishing, which measures yellowfin abundance, may be biased by the quantity of skipjack caught, especially in those areas where skipjack is the predominant species. For example, fishing boats will continue fishing in areas where the yellowfin catch-per-standard-day's-fishing is low as long as good catches of skipjack are made, whereas in areas where yellowfin are the only abundant species, boats will usually leave the area as soon as catches drop and fishing becomes uneconomical.

RESULTS AND DISCUSSION

Area estimates

A typical plot of the natural logarithm of the abundance of recent year classes during successive ages as estimated from baitboat data for an individual sampling area is shown in Figure 2. The rapid disappearance of newly-recruited year classes is particularly noteworthy. Maximum abundance of each year class generally occurs prior to quarter 3 of Age II in areas 01-04 and 08 (Table 3). This age was, therefore, chosen as the initial age for computation and coded as t_0 , following Hennemuth's (1961b) procedure for the above-mentioned areas. In the remaining areas, the maximum abundance of year classes occurred prior to quarter 2 of Age II and this quarter was chosen as the initial age for computation (Table 3). In those areas for which data were available, the abundance of an individual year class during quarter t_0 was compared with its abundance in the same area one year later (quarter t_4) to obtain an annual estimate of Z for the year class during quarter t_0 . In a similar manner, estimates of Z for individual year classes during quarters $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ were obtained by comparing logarithms of abundance during quarters $t_1/t_5, t_2/t_6, t_3/t_7 \dots t_n/t_{n+4}$ and are illustrated by the broken lines in Figure 2. The resultant estimates are tabulated by type of fishing gear, area and quarter of the year, in Table 4. Estimates for different year classes in the same area, quarter and year were averaged to obtain a single estimate for the quarter of the year. These quarterly averages were then weighted by catch-per-unit-of-effort to obtain a single annual estimate for each area.

Estimates of Z computed for Area 01 (Baja California) and Area 06 (northern Peru; Figure 1) are similar to those computed from tagging data by Fink (1965). These data are compared below and suggest that estimates of Z based on decline in abundance of year classes with time are reasonable at least for the years prior to heavy exploitation by the fishery.

Area and year	Total mortality rate (Z)	
	<i>year classes</i>	<i>tagging</i>
Area 01, 1957	1.00	1.20
Area 01, 1958	1.95	1.75
Area 06, 1957	1.64	1.32

Regional estimates and comparison

The data in Table 4 were too limited to permit statistical comparison of values of Z among individual areas. They were therefore grouped into northern (Areas 01-04 and 08) or southern regions (Areas 05 and 06) so that any significant difference in Z between different regions of the fishery might be ascertained. The data were grouped by these two major divisions because previous analyses of size-composition data by Hennemuth (1961a) and Davidoff (1963) indicated greater similarity among year classes in

those areas comprising the northern region than with those in areas farther to the south.

In those cases where estimates were available for the same quarter of the year but from different areas comprising the same region, a single estimate was obtained by weighting each area estimate by the average number of yellowfin caught per SDF in each area. Combining the data into northern and southern regions provided four paired estimates of Z by the same type of fishing gear. These data were compared by a t test to determine whether there was any significant difference in total mortality rates between the two regions. Results of this analysis (Table 5) indicated no significant difference between the total mortality rates of yellowfin in the two regions. Therefore, the data were combined for further analysis.

Annual estimates

Annual estimates of Z for the entire fishery were obtained by weighting the annual estimates for each area by the average number of yellowfin caught per SDF in each area during the pair of years for which abundance estimates were compared. Annual estimates were computed for the years 1953 and 1955-1961 (Table 6). Each annual estimate of Z was plotted against its corresponding annual value of fishing effort to determine whether Z was correlated with fishing effort (Figure 3). The unusually high estimate of Z for 1955 compared to the small amount of fishing effort suggests increased availability of yellowfin to the fishery. Discounting the point for 1955, it is possible that a horizontal line could be fitted to the data. No apparent correlation was evident between these two variables. The small variation in fishing effort during the years studied, the limited data available and the underestimation of Z in recent years (see below) are probably at least partially responsible for this result.

The values of Z for each year varied considerably, from a low of 1.19 in 1960 to a high of 2.26 in 1955 (Table 6). The value for 1960 appears too low as studies based on catch and effort data (Schaefer 1961) indicate that over-fishing occurred in 1960 and the resultant catch of yellowfin had reached the level corresponding to the maximum sustainable yield. The abundance data also suggest that the estimate of Z for 1960 is too low, because the rapid disappearance of the X59 year class from several of the fishing areas in 1960 biased this estimate of Z . Suda and Schaefer (1965) indicate there has been an increase in the total number of large fish, greater than 86 cm, caught by the surface fishery in Areas 05, 06 and 07 from 1959-1962 and that purse-seiners tend to capture a larger share of the larger fish than do baitboats. They indicated that as the share of the seiner catch has increased, the relative numbers of large fish taken by the surface fishery has generally increased. This may partially account for the low estimate of Z in 1960, for the 1960 estimate was based entirely on abundance data from Area 05 and the major portion of the individual com-

ponent estimates of Z , from which the single annual estimate was computed, were obtained by measuring the decline in abundance of these large fish. It is interesting to note that, with reduced catches of large fish in 1962 and stabilization of share of seiner catch, the estimate of Z for 1961 increased. This may, to some extent, explain why Z has been underestimated in recent years (see discussion below).

Another way of indicating the rapid disappearance of recent year classes is to measure the average length of time, in quarters, that each year class is present in the fishery following full recruitment, as judged from identification of modes in the size frequency samples. For these purposes baitboat data in Areas 01 and 06 were examined. (These areas were consistently fished and had the most data for the period 1954-1962.) In addition, purse-seiner data for the X58-X60 year classes in Area 01 were examined.

The average length of time the X54-X57 year classes were present in the catch following recruitment were compared with similar information for the X58-X60 year classes, and the means computed. This primarily compares baitboat data for 1955-1958 with those from 1959-1962. The number of quarters each year class was identifiably present following full recruitment are tabulated below (purse-seine data are in parentheses).

	Area 01						
	X54	X55	X56	X57	X58	X59	X60
No. of quarters	4	3	7	4	2(4)	0(0)	1(1)
Mean			4.5			1.0	(1.7)
	Area 06						
	X54	X55	X56	X57	X58	X59	X60
No. of quarters	4	2	5	3	3	1	2
Mean			3.5			2.0	

In Area 01, the X54-X57 classes identified from baitboat data were present an average of 4.5 quarters following recruitment. The X58-X60 classes identified from baitboat data were present an average of 1.0 quarters. The X58-X60 year classes from purse-seiner data were present an average of 1.7 quarters. This represents a decrease in time present following full recruitment of 2.8 to 3.5 quarters (62 to 78%).

Similarly, abundance data for Area 06 indicate the X54-X57 year classes were present an average of 3.5 quarters following full recruitment while the X58-X60 year classes were present 2.0 quarters, a decrease of 1.5 quarters (43%).

For both areas combined (01 and 06) the average length of time recent year classes (X58-X60) were present in the fishery following recruitment has decreased by about 52 per cent. This decrease has resulted from increased fishing effort in recent years. This heavy fishing pressure reduced the abundance of recent year classes to such an extent that in many areas they can no longer be identified in the catch one year later. Thus,

estimates of Z which are based on comparing abundance estimates for the same year class in the same area one year apart could not be made in many areas. Note in Table 4 that estimates of Z could not be obtained for Area 01 for the years 1959-1961 and for Area 06 for 1958-1961. Estimates of Z for the above years were obtained primarily from areas where reduced fishing intensity permitted the year classes to be present at least a year, or from areas where large yellowfin were more available for capture by the purse-seine fishery. The above factors result in underestimates of Z . Therefore, all estimates of Z computed in this paper should be regarded as minimal, and the estimates for more recent years are probably also low relative to earlier years.

The average relationship, $Z = 1.57$, during the eight-year period appears to be the best estimate, although a minimal one. The 95% confidence interval for $Z = 1.57$ is 1.31 to 1.83, corresponding to an annual total mortality rate of 73 to 84% (average, 79%).

SUMMARY

The instantaneous total mortality rate (Z) of yellowfin tuna was estimated by comparing the abundance of an individual year class, following its period of maximum abundance, in an area during a specific quarter of the year with its abundance in the same area one year later. Estimates for all year classes in the same area, quarter and year were averaged, and the quarterly averages for a given year were weighted by catch-per-unit-of-effort to obtain a single annual estimate for each area.

Annual estimates of total mortality were computed for the entire eastern Pacific by weighting area estimates in proportion to the abundance (catch-per-effort) of yellowfin caught in each area. The resultant annual estimates of Z for the years 1953, 1955-1961 varied considerably and there was evident no correlation with fishing effort. Estimates of Z were minimal probably because heavy fishing pressure in recent years reduced the abundance of recent year classes in some areas to such an extent that they could no longer be identified as being present in the catch one year later. Thus, estimates of Z based on comparing abundance estimates for the same year class in the same area one year apart could not be made in such areas. In many cases, estimates of Z were obtained primarily from areas where reduced fishing intensity permitted the year classes to be present at least a year or from areas where large yellowfin were more available for capture by the purse-seine fishery. All estimates of Z computed in this paper should be regarded as minimal, and the estimates for more recent years are probably also low relative to earlier years.

The average relationship, $Z = 1.57$, appears to be the best estimate, although a minimal one, of the total instantaneous mortality rate, corresponding to an annual total mortality rate of 79 per cent.

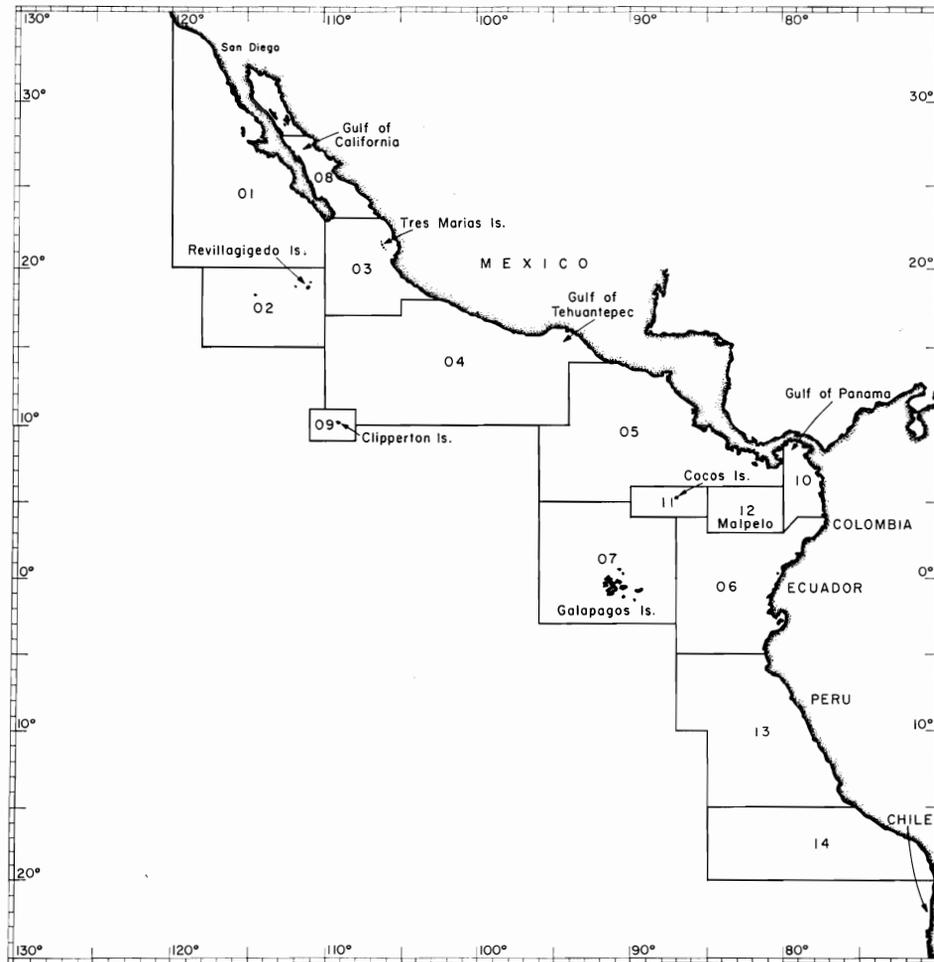


FIGURE 1. Geographical boundaries of market measurement sampling areas.

FIGURA 1. Límites geográficos de las áreas de muestreo de las medidas del mercado.

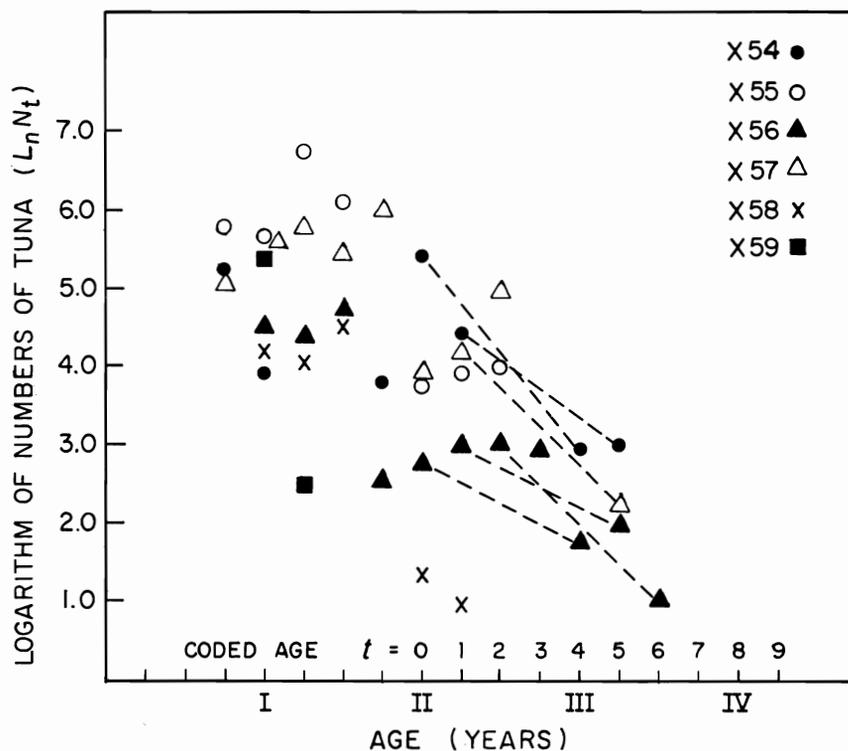


FIGURE 2. Logarithms of numbers of yellowfin tuna of successive ages estimated from baitboat catches in Area 01.

FIGURA 2. Logaritmos de la cantidad de atún aleta amarilla de edades sucesivas, estimados de las capturas de los barcos de carnada en el área 01.

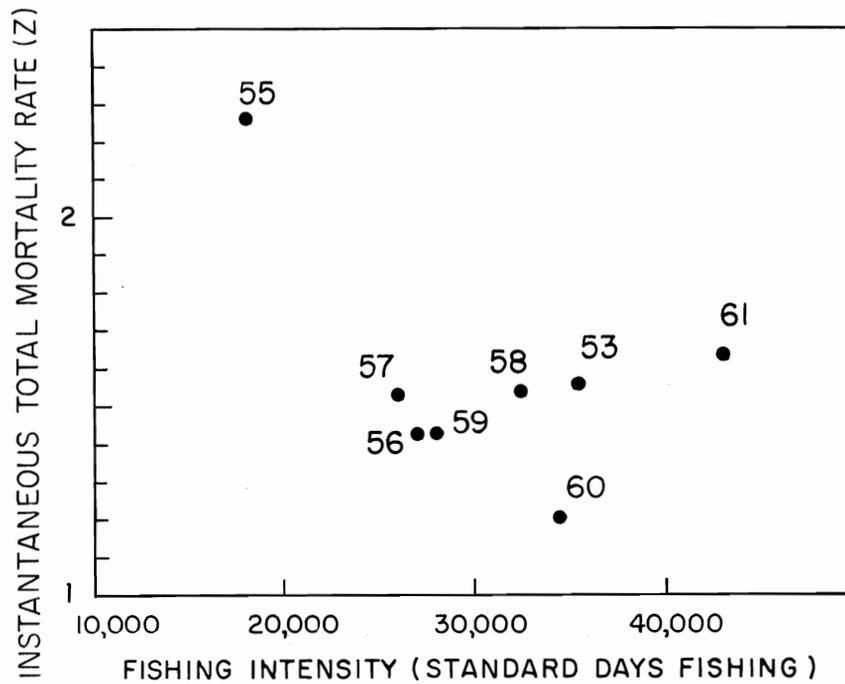


FIGURE 3. Comparison of annual fishing intensity (standard days fishing) and instantaneous total mortality rate (Z) for the years 1953 and 1955-1961.

FIGURA 3. Comparación de la intensidad de la pesca anual (días estándar de pesca) y de la tasa de mortalidad total instantánea (Z), correspondiente a los años de 1953 y 1955-1961.

TABLE 1. Estimated number of standard days fishing (SDF), catch in pounds per standard days fishing (C), mean weight per fish in pounds (\bar{w}), and number of fish caught per standard days fishing (N) for yellowfin tuna, by quarter and sampling area, 1951-1954. Data on catch and effort computed only for those areas and quarters necessary for weighting mortality rates.

TABLA 1. Número estimado de días estándar de pesca (DEP), captura en libras por días estándar de pesca (C), peso medio en libras por pez (\bar{w}), y cantidad de peces cogidos por días estándar de pesca (N), para el atún aleta amarilla, por trimestre y área de muestreo, 1951-1954. Los datos sobre la captura y el esfuerzo se han computado únicamente en aquellas áreas y trimestres necesarios para ponderar las tasas de mortalidad.

Area	Year & quarter	SDF	BAITBOATS			Area	SDF	BAITBOATS				
			C	\bar{w}	N			C	\bar{w}	N		
Area	Año y trimestre	DEP	CLIPERS			Area	DEP	CLIPERS				
			C	\bar{w}	N			C	\bar{w}	N		
01	1951					04*						
	1	13.2	114				169.9	5,994	24.5	245		
	2	288.2	2,264				1,271.7	4,348	30.8	141		
	3	1,094.7	3,994	21.5	186							
	4	364.9	11,274	32.0	352							
	1952											
	1						805.4	3,760	19.5	193		
	2	249.8	4,012	16.1	249		1,260.6	6,844	21.7	316		
	3	2,508.6	4,252	15.9	267							
	4	1,760.6	5,708	10.7	534		214.3	836	10.3	81		
	1953											
	1						580.3	2,850	17.8	160		
	2	781.8	4,080	8.9	458		1,384.0	8,440	19.4	435		
	3	2,845.0	1,840	16.7	110							
	4	1,093.0	2,228	10.4	214							
	1954											
	1						583.3	2,364	12.4	191		
	2	520.3	5,032	12.1	416		1,084.8	7,766	13.8	561		
	3	2,401.0	3,294	17.2	191		89.3	4,940	7.2	681		
	4	416.1	5,256	12.4	424							
02	1951					05†						
	1						3,078.4	7,788	20.8	375		
	2						1,434.9	12,156	27.9	436		
	3						339.1	6,986	34.5	202		
	4											
	1952											
	1	137.6	6,552	14.9	440		2,545.5	6,376	31.9	200		
	2	441.7	6,738	19.0	354		3,226.7	5,804	11.4	507		
	3						854.8	4,218	13.8	306		
	4	173.4	3,970	13.1	304		803.0	3,980	15.0	266		
	1953											
	1	317.1	7,360	39.9	184		1,937.2	3,096	17.5	177		
	2	696.4	7,358	17.7	415		1,912.5	4,790	15.1	318		
	3	160.4	9,220	30.8	299		729.7	4,392	12.9	342		
	4	173.8	4,206	20.4	206		541.0	3,116	14.7	212		
	02	1954						05				
		1	322.6	4,144	17.4		238		1,046.7	5,260	16.2	324
		2	473.3	5,672	22.4		253		2,446.4	4,008	12.8	313
		3							1,681.9	4,698	13.3	353
		4	96.6	4,042	11.6		349		460.4	4,748	10.0	475

TABLE 1. (Continued)

Area	Year & quarter	SDF	BAITBOATS			Area	SDF	BAITBOATS			
			C	\bar{w}	N			C	\bar{w}	N	
Area	Año y trimestre	DEP	CLIPERS			Area	DEP	CLIPERS			
			C	\bar{w}	N			C	\bar{w}	N	
06	1951					08					
	1										
	2						64.7	5,846	13.0	449	
	3	883.6	37,472	70.7	530						
	4	529.5	17,958	54.2	332		43.3	7,196	17.3	416	
	1952										
	1	663.1	6,494	34.1	190		206.3	5,898	31.0	190	
	2										
	3	1,633.3	11,050	19.1	579						
	4	669.4	5,990	9.0	666						
	1953										
	1	745.7	3,430	9.5	362		115.2	12,346	27.2	453	
	2	630.8	3,732	18.6	200						
	3	768.2	3,160	12.4	254		14.6	6,610	13.8	479	
	4	1,226.9	1,764	17.2	102						
	1954										
1											
2	577.2	9,390	20.5	457							
3	522.5	8,647	15.6	553							
4	1,393.3	6,448	8.4	769							
07	1951					13					
	1										
	2										
	3										
	4										
	1952										
	1	274.2	5,152	17.6	293						
	2	249.0	6,230	21.8	286						
	3	158.8	4,540	13.9	327						
	4	1,035.2	1,510	15.8	95						
	1953										
	1	494.2	3,106	9.7	320						
	2	108.6	4,776	11.7	410						
	3	358.7	2,642	15.8	167						
	4	1,019.8	2,960	16.9	175		244.8	20,880	27.2	769	
	1954										
1	573.5	3,260	13.9	235	491.2	23,488	36.0	653			
2											
3	144.6	6,833	23.7	289							
4	458.5	3,581	8.6	417							

* Area 03 data combined with Area 04 data during years 1951-1954
 Datos del área 03 combinados con los datos del área 04 en los años 1951-54

† Area 10 data combined with Area 05 data during years 1951-1954
 Datos del área 10 combinados con los datos del área 05 en los años 1951-54

TABLE 2. Estimated number of standard days fishing (SDF), catch in pounds per standard days fishing (*C*), mean weight per fish in pounds (\bar{w}), and number of fish caught per standard days fishing (*N*) for yellowfin tuna, by quarter and sampling area, 1960-1962. Data on catch and effort computed only for those areas and quarters necessary for weighting mortality rates.

TABLA 2. Número estimado de días estándar de pesca (DEP), captura en libras por días estándar de pesca (*C*), peso medio en libras por pez (\bar{w}), y cantidad de peces cogidos por días estándar de pesca (*N*), para el atún aleta amarilla, por trimestre y área de muestreo, 1960-1962. Los datos sobre la captura y el esfuerzo se han computado únicamente en aquellas áreas y trimestres necesarios para ponderar las tasas de mortalidad.

Area	Year & Quarter	BAITBOATS—CLIPERS				PURSE SEINERS—REDEROS			
		SDF	<i>C</i>	\bar{w}	<i>N</i>	SDF	<i>C</i>	\bar{w}	<i>N</i>
Area	Año y Trimestre	DEP	<i>C</i>	\bar{w}	<i>N</i>	DEP	<i>C</i>	\bar{w}	<i>N</i>
01	1960								
	1	19.6	1,062	9.9	107	172.3	28,702	93.1	308
	2	135.4	13,484	8.3	1,617	398.4	4,852	23.3	208
	3	537.8	5,296	9.4	566	1,513.4	4,676	9.4	497
	4	502.6	6,704	12.5	535	124.2	7,928	11.6	686
	1961								
	1	21.3	4,076	24.5	166	88.2	3,084	21.6	143
	2	248.3	4,398	8.2	536	796.7	7,044	20.0	353
	3	498.2	4,616	13.3	348	1,188.6	3,942	14.3	276
	4	331.4	888	8.6	103	373.7	944	8.6	109
	1962								
	1	32.2	746						
	2	155.2	12,300	8.7	1,417	927.1	6,196	13.8	448
	3	288.4	13,466	13.2	1,017	1,244.4	4,828	15.0	322
	4	269.6	4,424	13.2	336	486.2	5,772	30.2	191
	02	1960							
1		99.0	4,950	30.9	160				
2		91.3	5,272	17.2	307				
3		6.3	2,540						
4		29.0	3,642	12.8	284				
1961									
1		122.9	5,088	35.5	143	19.0	6,736	131.2	51
2		252.3	4,822	35.0	138	115.7	7,294	77.4	94
3						11.6	10,690		
4		74.8	7,962	19.1	416	93.9	5,240	27.0	194
1962									
1		207.1	2,394	16.8	143	169.3	10,602	111.6	950
2		121.9	4,936	63.4	78	336.6	12,190	57.6	212
3		0.8	7,500						
4		68.9	6,910	76.7	90	389.9	11,240	101.8	110
03		1960							
	1	234.0	6,040	28.2	214	264.1	16,334	34.7	471
	2	45.2	2,318			255.8	11,328	45.2	250
	3	20.2	12,080	11.7	1,032	71.6	866	33.8	26
	4	20.4	5,970	14.6	409				
	1961								
	1	238.9	8,230	30.0	274	217.3	7,316	32.2	228
	2	23.7	4,076			794.6	11,522	30.0	384
	3	2.4				146.2	1,108	13.4	82
	4	1.2				320.2	4,544	34.0	134
	1962								
	1	37.4	5,834	19.5	300	586.5	6,910	29.9	231
	2	63.4	11,546	37.2	310	653.0	10,790	40.0	270
	3	0.4							
	4	18.1	10,110	12.0	843				

TABLE 2. (Continued)

Area	Year & Quarter	BAITBOATS—CLIPERS				PURSE SEINERS—REDEROS			
		SDF	C	\bar{w}	N	SDF	C	\bar{w}	N
Area	Año y Trimestre	DEP	C	\bar{w}	N	DEP	C	\bar{w}	N
08	1960								
	1	27.0	9,162	29.4	312	386.4	17,960	26.8	669
	2					858.6	9,090	37.4	243
	3								
	4								
	1961								
	1					322.5	25,568	36.8	696
	2					630.5	3,468	46.3	75
	3								
	4								
	1962								
	1	37.4	11,738	24.2	484	82.5	2,848	34.2	83
2					64.8	2,700	38.5	70	
3									
4	41.2	9,976	21.0	475					
13	1960								
	1	19.6							
	2	25.1							
	3	2.2							
	4								
	1961								
	1								
	2								
	3								
	4								
	1962								
	1								
2									
3									
4									
14	1960								
	1	246.1	14,474	27.2	532				
	2								
	3								
	4								
	1961								
	1	172.9	7,150	23.7	301				
	2								
	3								
	4								
	1962								
	1					124.8	13,750	24.0	572
2									
3									
4					339.6	558	15.3	36	

TABLE 3. Natural log ($\ln N_t$) of quarterly average numbers of fish caught per standard day's fishing, N_t , by area, gear and year class. No purse-seine data were collected for areas 07 and 13

TABLA 3. Logaritmo natural ($\ln N_t$) del promedio trimestral de las cantidades de peces cogidos por día estándar de pesca, N_t , por área, equipo y clase anual. No se recolectaron datos de los barcos rederos correspondientes a las áreas 07 y 13

Area and gear	Age (years)	Quarter of catch	Coded age (t)	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
Area y aparejo	Edad (años)	Trimestre de la captura	Edad por código	X51	X52	X53	X54	X55	X56	X57	X58	X59	X60	X61	X62
01 Baitboat Barco de carnada	I	2			5.03	5.93	5.23	5.80		5.12			7.38	6.27	7.20
		3		4.27	5.17	4.38	3.91	5.66	4.46	5.61	4.16	5.37	6.33	5.61	6.69
		4		4.72	6.26	5.31	—	6.73	4.42	5.80	3.98	2.53	6.28	4.56	5.68
		1		—	—	—	—	6.14	4.67	5.39	4.48	—	—	—	—
	II	2			4.44	6.10	5.43	3.81	—	2.56	6.04	—	—	—	4.27
		3	0		4.36	2.88	4.32	5.35	3.74	2.77	3.86	1.28	—	4.14	5.26
		4	1		—	2.48	4.75	4.38	3.87	3.04	4.18	1.00	—	—	3.11
		1	2		—	—	—	—	3.97	2.96	5.03	—	—	—	—
	III	2	3		—	—	—	—	—	2.90	—	—	—	—	—
		3	4		—	—	2.94	—	—	1.82	—	—	—	—	—
		4	5		—	—	3.00	—	—	1.99	2.22	—	—	—	—
		1	6		—	—	—	—	—	1.03	—	—	—	—	—
01 Purse-seine Redero	I	2		—	—	—	—	—	3.26	—	—	—	4.64	4.88	5.38
		3		—	—	—	—	—	3.09	3.69	5.67	4.78	6.21	5.54	5.56
		4		—	—	—	—	—	—	—	2.93	1.31	6.53	4.69	4.60
		1		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	2			—	—	—	—	5.79	—	6.61	3.10	3.39	5.32	5.42
		3	0		—	—	—	—	4.82	4.96	6.11	3.94	—	2.31	4.03
		4	1		—	—	—	—	—	—	3.89	3.37	—	—	4.19
		1	2		—	—	—	—	—	—	—	4.48	—	—	—
	III	2	3		—	—	—	—	—	—	5.22	3.07	—	—	—
		3	4		—	—	—	—	—	—	1.19	—	—	—	—
		4	5		—	—	—	—	—	—	2.89	—	—	—	—
		1	6		—	—	—	—	—	—	4.11	—	—	—	—
IV	2	7		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	3	8		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	4	9		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1	10		—	—	—	—	—	3.17	—	—	—	—	—	
02 Baitboat	I	1		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.04
		2		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.20
		3		—	—	—	—	—	—	4.02	—	—	—	—	—
		4		—	—	4.62	5.49	4.83	3.50	4.40	6.15	—	5.53	5.66	4.07
		1		6.07	4.40	5.27	5.75	4.49	4.52	5.18	4.57	3.78	4.40	4.30	—
2		5.82	5.77	5.09	6.78	6.29	5.39	5.19	2.08	4.57	3.24	1.50	—		

TABLE 3. (Continued)

Area and gear Area y aparejo	Age (years) Edad (años)	Quarter of catch Trimestre de la captura	Coded age (t) Edad por código	YEAR CLASS — CLASE ANUAL											
				1951 X52	1952 X53	1953 X54	1954 X55	1955 X56	1956 X57	1957 X58	1958 X59	1959 X60	1960 X61	1961 X62	
02 Baitboat	II	3	0	4.50	—	5.90	5.19	5.00	4.40	—	—	—	—	—	
		4	1	4.47	3.18	5.60	5.00	4.56	4.74	—	—	3.68	—		
	III	1	2	2.71	3.26	4.95	3.91	3.64	3.84	—	—	3.72	—	—	
		2	3	2.91	1.82	3.01	3.31	3.86	3.79	—	—	3.70	1.80	—	
		3	4	—	4.25	3.43	3.92	4.31	—	—	—	—	—	—	
		4	5	—	—	2.71	2.79	3.32	—	—	—	—	—	—	
	IV	1	6	—	—	3.33	1.44	2.29	—	—	—	—	—	—	
		2	7	—	—	2.21	1.41	2.45	—	—	2.13	—	—	—	
		3	8	—	—	1.93	0.92	—	—	—	—	—	—	—	
		4	9	—	—	2.51	—	—	—	—	—	—	—	—	
02 Purse-seine	I	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.06	
		4	—	—	—	—	2.19	—	—	3.98	—	—	—	3.18	
		1	—	—	5.48	4.20	2.75	4.89	—	—	—	—	—	—	
	II	2	—	—	5.35	3.93	2.91	—	—	—	—	—	—	—	3.54
		3	0	—	—	—	5.98	—	—	—	—	—	—	—	—
		4	1	—	—	5.25	4.62	4.26	6.23	—	—	—	—	—	—
	III	1	2	—	—	5.56	4.82	3.42	—	—	—	—	—	—	4.44
		2	3	—	—	4.54	4.52	—	—	—	4.17	—	—	—	2.80
		3	4	—	—	3.55	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	IV	4	5	—	—	0.83	3.51	1.59	—	—	—	—	—	—	—
		1	6	—	—	2.21	3.63	—	—	—	—	—	—	—	—
		2	7	—	—	3.13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4		9	—	—	2.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
03 Baitboat	I	2	—	—	—	—	4.98	—	—	—	—	—	—	—	
		3	—	—	—	—	5.48	5.92	4.60	4.13	—	—	—	—	
		4	—	—	—	—	6.15	6.04	5.19	6.14	—	—	—	—	
	II	1	—	—	—	—	6.53	5.52	5.10	4.65	—	—	—	—	4.52
		2	—	—	—	—	6.32	5.65	5.30	6.08	—	—	—	—	—
		3	0	—	—	—	5.67	4.29	4.93	5.32	—	—	—	—	—
		4	1	—	—	—	4.45	2.20	4.11	—	—	—	—	—	—
	III	1	2	—	—	—	—	—	3.74	—	—	4.11	—	—	—
		2	3	—	—	—	—	—	3.33	—	—	—	—	—	—
		3	4	—	—	—	—	—	2.40	—	—	—	—	—	—
03 Purse-seine	I	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.24
		2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.02
		4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.60
	II	1	—	—	—	—	—	6.56	5.80	5.97	6.88	3.89	4.40	—	4.00
		2	—	—	—	—	—	—	5.04	—	5.94	4.11	5.22	—	2.52
		1	2	—	—	—	—	—	5.04	—	4.39	4.44	—	—	—
2	3	—	—	—	—	—	—	4.93	4.14	3.51	—	—	—	—	

TABLE 3. (Continued)

Area and gear Area y aparejo	Age (years) Edad (años)	Quarter of catch Trimestre de la captura	Coded age (t) Edad por código	1950 X51	1951 X52	1952 X53	1953 X54	YEAR CLASS 1954 X55	1955 X56	— CLASE ANUAL 1956 X57	1957 X58	1958 X59	1959 X60	1960 X61	1961 X62		
04 Baitboat	I	3					6.52		6.04								
		4					—	6.19	5.93		5.85						
		1			4.86	5.08	5.18	6.37	6.70	5.82	5.63	5.31					
		2			5.51	5.98	6.33	6.57	5.58	5.74	5.78	4.56	5.55				
	II	3	0						1.82		—	—					
		4	1						3.09		—	4.95					
		1	2			2.55			2.64		2.36	4.41					
		2	3						2.08			3.80					
04 Purse-seine	I	2													1.22		
		4										4.80	4.94				
		1										—	6.46				
		2							6.98		6.91	—	6.33	5.23	2.89		
	II	3	0										5.95				
		4	1									5.21	5.32				
		1	2									5.24	4.18				
		2	3									4.54	2.09				
	III	3	4									2.42					
		4	5									3.11					
																3.64	
					4.76					6.16	4.82						
08 Baitboat	II	3	0														
		4	1						4.50								
											4.12						
											4.82						
	08 Purse-seine	I	2						3.41			5.01		4.24			
			3						—			—					
			4						—			—					
			1					4.65	—	6.24	2.42	—	—				
		II	2					5.99	5.36	4.20	5.48	—	—				
			3	0				—	5.38	—	—	—	—				
			4	1				—	—	—	—	—	—				
			1	2				—	—	4.02	5.75	—	—	6.06			
		III	2	3				1.90	3.96	—	4.87	2.41	4.06				
			3	4						—	—	—	—				
			4	5						—	—	—	—				
			1	6						—	—	—	—				
	2	7						2.71	2.65								

TABLE 3. (Continued)

Area and gear	Age (years)	Quarter of catch	Coded age (t)	1950	1951	1952	1953	YEAR CLASS — CLASE ANUAL						1959	1960	1961
Area y aparejo	Edad (años)	Trimestre de la captura	Edad por código	X51	X52	X53	X54	X55	X56	X57	X58	X59	X60	X61	X62	
MID-YEAR ENTERING SERIES (X) "BB" — SERIES ENTRANTES SEMESTRALES																
05 Baitboat	I	1				1.74	5.21	4.53				3.47		2.64		
		2		5.19	6.01	4.89	5.12	5.54	3.87	5.07		4.11	4.98	—	4.22	
		3		5.10	5.54	5.68	5.38	5.74	5.35	4.98		5.15	5.24	6.53	5.54	
		4		4.59	4.96	5.00		3.20	5.48	4.93		4.06	6.34	6.66		
	II	1			4.42	4.61	—		5.43	6.17	4.34	5.77	4.26	4.42		
		2	0		4.52	5.07	4.08		4.90	5.27	4.35	5.70	3.05			
		3	1		1.93	3.79	4.21		3.67	4.67		5.18				
		4	2		2.44	2.91			3.96	3.88		4.52				
	III	1	3						2.57	3.18		4.19				
		2	4						3.16			2.22				
		3	5						—							
		4	6						1.65							
YEAR-END ENTERING SERIES (Y) — SERIES ENTRANTES AL FINAL DE AÑO																
				Y50	Y51	Y52	Y53	Y54	Y55	Y56	Y57	Y58	Y59	Y60	Y61	
05 Baitboat	I	3						3.76								
		4					3.79	6.12	5.38				1.97			
		1			3.71	—		—	5.68	5.01	4.51	4.73		5.17	4.09	5.96
		2	0		—		4.66	6.18	4.40	—	5.22		3.63	—	6.01	
	II	3	1						4.84	3.07	3.31	—	*3.11	4.18	4.80	5.68
		4	2		4.69				2.90	2.42	2.42	—	*2.33			
		1	3		4.21				3.38	2.23	2.23	4.02	*4.55			
		2	4		3.13				3.03			3.86	5.03			
	III	3	5									—	4.66			
		4	6									—	—			
		1	7									3.69	3.03			
		2	8									2.01				
IV	3	9									—					
	4	10									—					
	1	11									2.74					

ABUNDANCE AND MORTALITY

TABLE 3. (Continued)

Area and gear	Age (years)	Quarter of catch	Coded age (t)	1950	1951	1952	1953	YEAR CLASS — CLASE ANUAL					1959	1960	1961		
Area y aparejo	Edad (años)	Trimestre de la captura	Edad por código	X51	X52	X53	X54	1954	1955	1956	1957	1958	X60	X61	X62		
MID-YEAR ENTERING SERIES (X) "PS"																	
05 Purse-seine	I	1						4.30									
		2											3.81		4.66		
		3											4.70	4.35	2.22		
		4											5.69	5.19	4.24		
	II	1												—	5.74	4.91	
		2	0											3.31	4.83	4.09	
		3	1											—	4.16		
		4	2										5.52	3.13	3.16		
		1	3										—	4.62	—		
		2	4										3.78	3.43	3.15		
		YEAR END ENTERING SERIES (Y)															
		05 Purse-seine	I	4													
1								4.23									
2	0													4.05	4.59	4.74	
3	1													4.43	5.09	2.96	
II	4		2													0.10	
	1		3											*3.72	3.19	2.80	
	2		4											—	—	—	
	3		5											6.00	—	—	
	4		6											5.10	—	—	
	4		6											4.30	—	—	
III	1		7											4.40	—	—	
	2		8											4.78	3.31	—	
	3		9											4.26	—	—	
	4		10											3.41	2.60	—	
IV	1		11											2.94	—	—	
	2		12											3.11	—	—	
	3		13											3.28	—	—	
	4		14											2.45	—	—	

TABLE 3. (Continued)

Area and gear Area y aparejo	Age (years) Edad (años)	Quarter of catch Trimestre de la captura	Coded age (t) Edad por código	YEAR CLASS — CLASE ANUAL												
				1950 X51	1951 X52	1952 X53	1953 X54	1954 X55	1955 X56	1956 X57	1957 X58	1958 X59	1959 X60	1960 X61	1961 X62	
06 Baitboat	I	1			3.40							5.52				
		2			—	4.62	5.64					5.65				
		3			3.22	5.97	5.18	5.95	5.24	3.94	5.09	5.16	6.18	6.70	7.08	6.05
		4			4.53	6.46	3.73	6.62	4.94	4.95	4.65	5.28	3.98	—	6.91	6.86
	II	1			2.67	—	—	5.57	4.96	—	2.08	5.08	—	—	4.54	
		2	0		4.46	4.61	5.71	—	—	3.56	3.64	4.92	4.41	4.93		
		3	1			4.67	5.05	5.93	5.33	2.94	4.94	4.12	—	—		
		4	2			—	2.76	4.91	3.01	4.40	3.86	3.51	—	4.57		
	III	1	3			—	—	—	—	4.06	—	—	—	—		
		2	4			3.41	—	—	—	1.92	—	—	—	—		
		3	5			2.57	—	2.36	—	—	—	—	—	—		
		4	6			—	—	2.22	—	—	—	—	—	—		
06 Purse-seine	I	2												4.55	5.04	
		3												—	4.98	
		4												4.02	6.10	
	II	1													6.08	
		2	0												4.82	
		3	1													
07 Baitboat	I	4														
		1														
		2														
		3														
	II	1	0		5.66	5.57	5.10	4.97	5.33	—	4.98	6.07	6.12			
		2	1		5.24	5.42	—	5.81	—	—	4.60	5.84	5.72			
	3	2		—	4.56	5.10	5.60	4.45	4.13	—	5.79	2.54				
	4	2		2.68	2.06	—	—	—	—	—	4.26	—				
	1	3									2.67					

ABUNDANCE AND MORTALITY

TABLE 3. (Continued)

Area and gear Area y aparejo	Age (years) Edad (años)	Quarter of catch Trimestre de la captura	Coded age (t) Edad por código	YEAR CLASS — CLASE ANUAL												
				1950 X51	1951 X52	1952 X53	1953 X54	1954 X55	1955 X56	1956 X57	1957 X58	1958 X59	1959 X60	1960 X61	1961 X62	
13 Baitboat	I	1									3.70	4.03				
		2								6.44	—	4.80				
		3								5.95	5.09					
		4			5.68					5.94	—					
	II	1									3.98	4.84				
		2		0						3.33	—	3.92				
		3		1						2.93	3.55					
		4														
14 Baitboat	I	1										2.73	3.21	3.50		
		2										—	—			
		3										—	—			
		4								3.76	5.31	—	—			
	II	1									—	2.46	6.08	5.52		
		2		0							—	—				
		3		1							—	—				
		4		2							3.38	—				
14 Purse-seine	I	1														5.33
		2														—
		3														—
		4														3.58
		1													5.66	

* Not used in calculations
No se usaron en los cálculos

TABLE 4. Quarterly, and annual estimates of Z by area and type of fishing gear; roman type indicates baitboat data, *italic* type indicates purse-seine data

TABLA 4. Estimaciones trimestrales y anuales de Z por área y clase de aparejo pesquero; las cifras en romanilla indican datos de los barcos de carnada, en *italica* indican los datos de los barcos rederos

Year and quarter Año y trimestre	AREA						
	01	02	03	04	08	05	06
1953-54							
1							
2							1.20
3							2.10
4							
Weighted annual—ponderación anual							1.55
1955-56							
1							
2							
3	2.41	2.47					3.57
4	1.38	2.89					2.69
Weighted annual	1.77	2.66					3.04
1956-57							
1		1.62					
2		0.80				1.56	
3		1.38					
4		1.21				2.31	
Weighted annual		1.21				1.87	
1957-58							
1		2.47					
2		1.90					1.64
3	0.95	1.84	2.53				
4	1.05	1.24					
Weighted annual	1.00	1.77	2.53				1.64
1958-59							
1	1.93	1.35					
2		1.41				1.36	
3							
4	1.96						
Weighted annual	1.95	1.38				1.36	
1959-60							
1						0.33	
2					2.22	2.66	
3							
4				2.10			
Weighted annual				2.10	2.22	0.93	
1960-61							
1						0.95	
2						1.41	
3						0.98	
4						1.33	
Weighted annual						0.95	
						1.22	
1961-62							
1							
2		1.57				1.68	
3							
4							
Weighted annual		1.57				1.68	

TABLE 5. Comparison of total instantaneous mortality rates, northern and southern regions**TABLA 5.** Comparación de las tasas de mortalidad instantánea total de las regiones del norte y del sur

Year Año	North Norte X_1	South Sur X_2	Difference Diferencia $D=X_1-X_2$	Deviation Desviación $d=D-\bar{d}$	Squared deviation Desviación cuadrada d^2
1955-56	2.10	3.04	-0.94	-0.58	0.34
1956-57	1.21	1.87	-0.66	-0.30	0.09
1957-58	1.53	1.64	-0.11	+0.25	0.06
1959-60	1.62	1.36	+0.26	+0.62	0.38
TOTAL	6.46	7.91	-1.45		0.87
MEAN	1.62	1.98	$\bar{d} = -0.36$	$t = -1.38$	$p > 0.20$ 3 d.f.

TABLE 6. Annual number of standard days fishing (SDF), and total mortality rate (Z)**TABLA 6.** Número anual de los días estándar de pesca (DEP) y tasa total de mortalidad (Z)

Year—Año	SDF—DEP	Z
1953	36,423	1.55
1955	17,842	2.26
1956	26,908	1.43
1957	26,097	1.54
1958	32,681	1.54
1959	27,859	1.43
1960	34,355	1.19
1961	43,249	1.64
Mean	30,677	1.57

95% Confidence limit—límite de confianza: 1.31—1.83

**ESTIMACION DE LA ABUNDANCIA DE LAS CLASES ANUALES Y
DE LA MORTALIDAD DEL ATUN ALETA AMARILLA EN EL
PACIFICO ORIENTAL TROPICAL**

por

Edwin B. Davidoff

INTRODUCCION

La composición de edad de la captura, y la tasa de crecimiento del atún aleta amarilla, han sido estimadas por Hennemuth (1961a) y Davidoff (1963). Hennemuth (1961b), estimó la abundancia relativa y la tasa de mortalidad total instantánea del atún aleta amarilla durante 1954-1959. Se puede ampliar ahora, este trabajo, porque se dispone de más datos; éstos incluyen datos de 1951-1954, de los cuales no se disponía antes, y datos de 1960-1962 que fueron recolectados después de la publicación de Hennemuth (1961b). En esa obra, Hennemuth estimó la tasa de mortalidad total instantánea (Z) durante todo el período de tiempo en el cual una clase anual está presente en la pesquería, consecutiva al reclutamiento total. Sin embargo, este método puede conducir a estimaciones con bias (inclinación viciada) de abundancia, y de aquí las tasas de mortalidad, debidas tanto a migraciones estacionales dentro o fuera de las áreas determinadas de pesca, como a posibles diferencias estacionales en la disponibilidad y vulnerabilidad de los peces al equipo de pesca. Schaefer, Chatwin y Broadhead (1961) y Joseph *et al.* (1964) han indicado que ocurren migraciones estacionales de atún aleta amarilla. Un método para estimar las tasas de mortalidad el cual no tuviera bias debido a los movimientos estacionales, sería de valor en los cálculos de la dinámica de las poblaciones.

El método de análisis delineado y usado en el presente estudio puede evitar este bias al comparar la abundancia de una clase anual individual de atún aleta amarilla, subsecuente a su período de abundancia máxima en un área individual, durante un trimestre específico del año, con su abundancia en la misma área un año más tarde. Este método fue sugerido por Gulland (1955) y empleado por Chapman, Holt y Allen (1963) en la declaración de los stocks de la ballena antártica. Este método y los resultados de su uso, en combinación con los datos del atún aleta amarilla capturado en el Pacífico oriental tropical desde 1951-1962, son descritos en este estudio.

RECONOCIMIENTO

El autor está agradecido con el California State Fisheries Laboratory por haberle facilitado los datos sobre la composición de tamaño del atún

aleta amarilla, medido durante 1951-1954, anterior a la iniciación del programa de muestreo de la Comisión. La mayoría de los cálculos de este estudio fueron hechos en el computador digital CDC 1604 en el Computer Center de University of California, San Diego. Se reconoce y agradece mucho, el uso de este computador y la ayuda del personal encargado de su operación.

Se agradece al Dr. Douglas G. Chapman por sus sugerencias acerca del método del análisis, y tanto a él como al Dr. Milner B. Schaefer por su consejo y ayuda. El Dr. O. E. Sette sugirió el método para medir el promedio del lapso de tiempo en cada clase anual presente en la pesquería consecutiva a su reclutamiento total. El Sr. R. T. Umlor prestó su ayuda en la tabulación de los datos y en la ejecución de los cálculos.

MÉTODOS

Fuente de datos

Composición de tamaño

El personal del California State Fisheries Laboratory recolectó las muestras de la composición de tamaño de los desembarques comerciales de atún aleta amarilla cogido en el Pacífico oriental tropical durante 1951-1954; los datos subsiguientes fueron recolectados por el personal de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Los métodos de recolección han sido descritos detalladamente por Hennemuth (1957).

Los métodos para desarrollar los datos mensuales de la composición de tamaño para estimar la abundancia relativa de las clases anuales en cada área, fue basado en los procedimientos de Hennemuth (1961b). Se combinaron los datos de la composición de tamaño por trimestres del año y se hizo el cómputo del porcentaje trimestral de las frecuencias de longitud al promediar el porcentaje de las frecuencias mensuales, dando a cada mes un peso igual dentro del trimestre.

El peso promedio trimestral \bar{w} (en libras) del atún aleta amarilla, incluyendo las frecuencias trimestrales fue estimado por

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (1)$$

en donde

f_i = frecuencia del pez en el intervalo de clase i^{ava} (2 cm de intervalo)

\bar{w}_i = peso promedio del pez en el intervalo de clase i^{ava} , y

n = número de intervalos que abarcan los datos del trimestre

Se determinaron los valores de \bar{w}_i al substituir el punto medio de cada clase de longitud del intervalo logarítmico en la estimación de la relación longitud-peso del atún aleta amarilla (Chatwin 1959). Los pesos medios esti-

mados por área (Figura 1) en los años 1951-1954 y 1960-1962, se enumeran en las Tablas 1 y 2, mientras que los de los años de 1954-1959 son tabulados en la tabla 1 de Hennemuth (1961b).

Datos de la captura y del esfuerzo

Los métodos de recolección y análisis de las estadísticas de captura y de la distribución de la captura y del esfuerzo de las pescas de atún en el Pacífico oriental, fueron descritos por Shimada y Schaefer (1956), y Shimada (1958). El esfuerzo de pesca de un barco se expresa en unidades por día estándar de pesca (DEP), *i.e.* la pesca por día de un barco de tamaño estándar (201-300 toneladas de capacidad para los barcos de carnada y 101-200 toneladas de capacidad para los rederos); el poder de pesca o el factor de eficiencia relativo a la clase estándar de barcos de diferentes clases de tamaño, es determinado por la proporción de la captura por día de pesca dentro de los mismos estratos de tiempo y área. Broadhead (1962), describe el método para calcular las proporciones, en la forma siguiente: "La razón del promedio anual de la captura por día de actividad en la obtención de atunes aleta amarilla y barriletes, correspondiente a cada clase de tamaño, sobre la que corresponde a la clase estándar, se computa por cada área estadística de cinco grados que tenga datos adecuados. La media geométrica de estas razones se usa entonces para determinar el factor de eficiencia, cada año, para cada clase de tamaño en relación con la clase estándar."

En cada área y trimestre del año en donde se disponía de los datos de la composición de tamaño para el análisis, se calculó en libras, el promedio de la captura por unidad de esfuerzo del atún aleta amarilla, dividiendo la captura total registrada de éste por el número total correspondiente de los días estándar de pesca. Se estimó la abundancia (N , número de peces cogido por DEP) para cada tipo de aparejo, en cada trimestre, al dividir la captura por DEP por el peso medio trimestral \bar{w} , de los peces. Se presenta para el atún aleta amarilla en las Tablas 1 y 2 por área y por trimestre del año, el número estimado de los días estándar de pesca (DEP), el promedio de la captura por unidad de esfuerzo (C), el peso promedio trimestral (\bar{w}) de los peces y el número de peces por día estándar de pesca (N).

Técnicas analíticas

Procedimiento de los datos de los barcos de carnada y de los rederos

Durante los años de 1951-1958, los clípers desembarcaron la mayor parte de la captura del atún aleta amarilla del Pacífico oriental tropical; la cantidad desembarcada por los rederos fue de poca importancia. Sin embargo en 1959, con la conversión de muchos de los clípers a rederos, la captura de éstos últimos aumentó hasta alcanzar la mitad de la captura total anual del atún aleta amarilla. Desde 1960, la flota redera desembarcó la mayor parte de la captura total anual (Broadhead 1962). Por lo tanto,

se recolectaron y analizaron los datos separadamente de estos dos tipos de aparejos de pesca. Sin embargo, solamente se incluyeron en este análisis los datos de los barcos de carnada de 1951-1962 y los de los barcos rederos de 1959-1962; con el fin de tener éstos en la forma más de acuerdo posible con los cambios en la composición de la flota pesquera y la parte respectiva de la captura.

Estimación de abundancia de las clases anuales

Se siguieron los procedimientos de Hennemuth (1961b) en la estimación de la abundancia relativa de las clases anuales individuales del atún aleta amarilla. Se utilizó la captura por día estándar de pesca como una medida relativa de la abundancia de la población, y se supuso que cada unidad de esfuerzo de pesca toma una proporción constante del stock. Sin duda, ocurren a veces pequeñas variaciones en la disponibilidad, pero no anulan la apropiación básica si se provee que ocurren en forma aleatoria. Hennemuth redujo al mínimo el efecto de los cambios en la disponibilidad al analizar los datos dentro de las áreas individuales de muestreo, debido a la consideración de que los factores que influyen en la disponibilidad, *i.e.* el ambiente físico y el comportamiento de los peces, fueron probablemente más homogéneos dentro de las áreas pequeñas que en toda la pesquería.

En cada distribución mensual de frecuencia-longitud se identificaron y se siguieron donde quiera que fue posible, de un mes a otro, los grupos de edad de las clases anuales sucesivas. La abundancia relativa de cada grupo de tamaño fue estimada por el porcentaje de su área bajo la curva mensual frecuencia-longitud. En la mayoría de los casos, los grupos de edad de las clases anuales sucesivas fueron separados por varios intervalos en los que la frecuencia de los peces fue nula o muy baja. En los casos en donde ocurrió un traslape, los dos grupos de edad, fueron separados entre ellos, en el intervalo de frecuencia más baja. El porcentaje del área bajo la distribución trimestral frecuencia-longitud que representa una clase anual, se obtuvo al promediar el porcentaje de las áreas bajo las distribuciones mensuales correspondientes a la misma clase anual. Se estimó el número promedio de los peces cogidos por DEP de acuerdo a cada clase anual en cada trimestre, N_t , al multiplicar el porcentaje del área bajo la distribución trimestral frecuencia-longitud por el valor trimestral correspondiente de N . El logaritmo natural del número promedio de los peces capturados por día estándar de pesca, $\ln N_t$, está enumerado en la Tabla 3 por área, aparejo de pesca y clase anual. Los números romanos en la Tabla 3, se refieren a la estimación de la edad en años; el trimestre de captura enumerado al lado contrario de la edad, es el trimestre del año en el que el común de los peces alcanzó esta edad (según Hennemuth 1961b).

Estimación de la mortalidad total anual

La tasa total de mortalidad de las clases anuales individuales de atún aleta amarilla, en cada área, ha sido estimada a causa de la disminución en

la abundancia relativa con el tiempo, consecutiva a su período de abundancia máxima, por medio de la fórmula:

$$N_{t+4} = N_t \exp [-(Z)t] \quad (2)$$

en donde

N_t = al número de peces presente de una clase anual totalmente reclutada al principio de un trimestre particular del año (t)

N_{t+4} = al número de esta clase anual que permanece al principio del mismo trimestre un año más tarde

$(Z)t$ = al coeficiente anual de la mortalidad total instantánea.

Por lo tanto

$$(Z)t = \ln(N_t) / (N_{t+4}) \quad (3)$$

Para cada clase anual individual presente en un área, se obtuvieron por trimestres, estimaciones de Z para los años individuales en donde se disponía de suficientes datos. Las estimaciones de Z de las diferentes clases anuales de la misma área y trimestre del año fueron promediadas con el fin de obtener una sola estimación de Z para el trimestre específico del año. Las estimaciones anuales de la tasa de mortalidad total instantánea Z correspondiente a toda la pesquería, fue obtenida al ponderar las estimaciones anuales de cada área por el número promedio de atún aleta amarilla cogido por día estándar de pesca en cada área, durante el par de años en el que las estimaciones de abundancia fueron comparadas. Este procedimiento tuvo la ventaja de ponderar las diferentes estimaciones de Z en proporción al promedio de la abundancia del atún aleta amarilla en cada área y, además, dar un peso extra a las áreas que tuvieran el mayor número de observaciones.

En 1960-61, en donde fueron disponibles las estimaciones anuales de ambos equipos de pesca, correspondientes a los años y áreas idénticos, se obtuvo una estimación combinada al ponderar la estimación por cada aparejo en proporción al número total de muestras recolectadas por cada equipo de pesca.

Errores de estimación

Los errores al estimar la composición de edad de la captura, el esfuerzo y el peso promedio de los peces, incluyendo la captura, están todos concertados en las estimaciones finales de la abundancia. La porción del error permanece bastante grande como es evidente por la gran variabilidad en la abundancia estimada de las clases anuales individuales en la misma área durante trimestres sucesivos del año (Figura 2). El efecto total de todos los errores resultará probablemente en estimaciones de Z que son mínimas a causa de lo siguiente:

1. Los errores al estimar la composición de edad de la captura son más grandes en edades más avanzadas, ya que estos grupos de edad son menos abundantes que los grupos jóvenes de edad y son por lo tanto menos aptos para una muestreación adecuada.

2. Los peces más viejos en los datos de la composición de tamaños no pueden clasificarse fácilmente en cuanto a la edad, y el porcentaje del área que ocupan bajo la curva frecuencia-longitud no está diseñado tan claramente como la de los peces jóvenes.

3. La rápida y casi completa desaparición de las clases anuales recientemente reclutadas en estos últimos años, impide la estimación exacta de la gran reducción de su abundancia, a causa de que los grupos más rápidamente reducidos se han de incluir menos en la estimación por el procedimiento precedente, lo que dará como resultado una estimación muy baja de la tasa de mortalidad total durante esos años.

4. La captura por día estándar de pesca del atún aleta amarilla, que mide su abundancia, puede tener bias por la cantidad de barrilete cogido, especialmente en aquellas áreas en donde el barrilete es la especie predominante. Por ejemplo, los barcos de pesca han de continuar pescando en áreas donde la captura por día estándar de pesca del atún aleta amarilla es baja, tanto como se hagan buenas capturas de barrilete, mientras que en áreas en donde el atún aleta amarilla es la única especie abundante, los barcos por lo general dejan el área tan pronto como las capturas decaen y la pesca se vuelve sin rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estimaciones de las áreas

Un gráfico típico del logaritmo natural de la abundancia de clases anuales recientes, durante edades sucesivas, conforme ha sido estimada según los datos de los clípers para un área individual de muestreo, es presentado en la Figura 2. La rápida desaparición de las clases anuales recientemente reclutadas es especialmente digna de atención. La abundancia máxima de cada clase anual, aparece generalmente antes del tercer trimestre de la Edad II en áreas 01-04 y 08 (Tabla 3). Esta edad fue por lo tanto, escogida como la edad inicial para el cálculo y se anotó en el código como t_0 , subsecuente al procedimiento de Hennemuth (1961b) para las áreas antes mencionadas. En las áreas restantes, la abundancia máxima de las clases anuales ocurrió antes del segundo trimestre de la Edad II, y este trimestre fue escogido como el de la edad inicial de los cálculos (Tabla 3). En esas áreas en las que los datos fueron disponibles, la abundancia de una clase individual anual durante el trimestre t_0 fue comparada con su abundancia en la misma área un año más tarde (trimestre t_1) con el fin de obtener una estimación anual de Z para la clase anual durante el trimestre t_0 . En una forma similar, las estimaciones de

Z para clases anuales individuales durante los trimestres $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ se obtuvieron al comparar los logaritmos de la abundancia durante los trimestres $t_1/t_5, t_2/t_6, t_3/t_7 \dots t_n/t_{n+4}$ y son ilustrados por las líneas a guiones en la Figura 2. Las estimaciones resultantes son tabuladas en la Tabla 4 por el tipo de aparejo de pesca, área y trimestre del año. Las estimaciones de las diferentes clases anuales en la misma área, trimestre y año fueron promediadas para obtener una sola estimación del trimestre del año. Estos promedios trimestrales fueron entonces ponderados por la captura por unidad de esfuerzo con el fin de obtener una sola estimación anual para cada área.

Las estimaciones de Z calculadas para el Area 01 (Baja California) y el Area 06 (Perú del norte; Figura 1) son similares a las calculadas según los datos de marcación de Fink (1965). Estos datos se comparan más adelante y sugieren que las estimaciones de Z basadas en la declinación de la abundancia de las clases anuales con el tiempo, son razonables, al menos en los años anteriores a la fuerte explotación de la pesquería.

Area y año	Tasa de mortalidad total (Z)	
	clases anuales	marcación
Area 01, 1957	1.00	1.20
Area 01, 1958	1.95	1.75
Area 06, 1957	1.64	1.32

Estimaciones regionales y su comparación

Los datos en la Tabla 4 fueron demasiado limitados para permitir una comparación estadística de los valores de Z entre las áreas individuales. Por lo tanto, se agruparon en regiones del norte (Areas 01-04 y 08) y del sur (Areas 05 y 06) para así poder descubrir cualquier diferencia significativa en Z entre las diferentes regiones de la pesquería. Se agruparon los datos por estas dos divisiones principales porque los análisis anteriores efectuados por Hennemuth (1961a) y Davidoff (1963) de los datos de la composición de tamaño indicaron mayor similitud entre las clases anuales en esas áreas que abarcan la región norteña que en las de las áreas más hacia el sur.

En aquellos casos donde las estimaciones fueron disponibles para el mismo trimestre del año, pero de diferentes áreas que abarcan la misma región, se obtuvo una sola estimación al ponderar la estimación de cada área por el promedio del número de atunes aleta amarilla capturado por DEP en cada área. La combinación de los datos de las regiones del norte y del sur proveen cuatro pares de estimaciones de Z por el mismo tipo de aparejo de pesca. Estos datos fueron comparados por una prueba de t para determinar si había alguna diferencia significativa en las tasas de mortalidad total entre las dos regiones. Los resultados de este análisis (Tabla 5) no indicaron diferencia significativa entre las tasas de mortalidad total del atún aleta amarilla en las dos regiones. Por lo tanto, se combinaron estos datos para analizarlos aún más.

Estimaciones anuales

Se obtuvieron las estimaciones anuales de Z para toda la pesquería al ponderar las estimaciones anuales de cada área por el promedio del número de atunes aleta amarilla capturado por DEP en cada área durante el par de años en los que las estimaciones de la abundancia fueron comparadas. Se calcularon las estimaciones anuales de los años de 1953 y 1955-1961 (Tabla 6). Cada estimación anual de Z fue graficada contra su valor anual correspondiente, del esfuerzo de pesca, para determinar si Z estaba correlacionada con el esfuerzo de pesca (Figura 3). La estimación inusualmente alta de Z para 1955, comparada con la pequeña cantidad de esfuerzo de pesca, sugiere un incremento en la disponibilidad del atún aleta amarilla a la pesquería. Descartando el punto correspondiente a 1955, es posible ajustar una línea horizontal a los datos. No hubo aparente correlación entre estas dos variables. La pequeña variación en el esfuerzo de pesca durante los años de estudio, los datos limitados disponibles y la subestimación de Z en los años recientes (véase más adelante) son probablemente al menos parcialmente, responsables por este resultado.

Los valores de Z para cada año varían considerablemente, desde un valor bajo de 1.19 en 1960 a uno alto de 2.26 en 1955 (Tabla 6). El valor para 1960 aparece demasiado bajo, ya que los estudios basados sobre los datos de la captura y del esfuerzo (Schaefer 1961) indican que había exceso de pesca en 1960 y que la captura resultante de atún aleta amarilla, había alcanzado el nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible. Los datos sobre la abundancia también sugieren que la estimación de Z para 1960 es demasiado baja, debida a la rápida desaparición de la clase anual X59, de varias áreas de pesca en 1960; la estimación de Z tuvo bias. Suda y Schaefer (1965) indicaron que había habido un aumento en el número total de los peces grandes mayores de 86 cm, cogidos por la pesquería de superficie en las Areas 05, 06 y 07, desde 1959 a 1962, y que los rederos tienden a capturar una porción mayor de peces grandes que los barcos de carnada. Ellos indicaron que a medida que aumenta la porción de captura de los rederos, las cantidades relativas de peces grandes cogidos por la pesca de superficie han generalmente aumentado. Esta puede ser parcialmente la causa de la baja estimación de Z en 1960, porque la estimación de ese año fue basada enteramente en los datos de la abundancia del Area 05, y la mayor parte de los componentes individuales de las estimaciones de Z , de los que la estimación anual individual fue calculada, fueron obtenidos por medio de la medición de la declinación en la abundancia de estos peces grandes. Es interesante observar que, con las capturas reducidas de los peces grandes en 1962 y la estabilización de la parte de captura de los rederos, aumentó la estimación de Z para 1961. Esto, hasta cierto punto, explica tal vez porque Z ha sido subestimada en los últimos años (véase el análisis más adelante).

Otra manera de indicar la rápida desaparición de las clases anuales recientes, es la de medir el promedio del lapso de tiempo en trimestres,

en los que cada clase anual está presente en la pesquería, consecutiva al reclutamiento total, conforme fue juzgado por la identificación de los modos en las muestras de la frecuencia de tamaños. Con este propósito se examinaron los datos de los barcos de carnada correspondientes a las Areas 01 y 06. (Estas áreas fueron constantemente pescadas y tenían la mayoría de los datos del período 1954-1962.) Además, fueron examinados los datos de los barcos rederos para las clases anuales de X58-X60 en el Area 01.

El promedio del lapso de tiempo en que las clases anuales X54-X57 estuvieron presentes en la captura subsecuente al reclutamiento, se comparó con información similar de las clases anuales X58-X60, y se calcularon las medias. Esto compara principalmente los datos de los barcos de carnada de 1955-1958 con los de 1959-1962. Se encuentra tabulado más adelante el número de los trimestres de cada clase anual, identificados como presentes, consecutivos al reclutamiento total (los datos de los rederos se dan entre paréntesis).

	Area 01						
	X54	X55	X56	X57	X58	X59	X60
No. de trimestres	4	3	7	4	2(4)	0(0)	1(1)
Media		4.5				1.0	(1.7)
	Area 06						
No. de trimestres	4	2	5	3	3	1	2
Media		3.5				2.0	

En el Area 01, las clases X54-X57 identificadas de los datos de los clipers, estaban presentes en un promedio de 4.5 trimestres, consecutivas al reclutamiento. Las clases X58-X60 identificadas de los datos de los clipers, estaban presentes en un promedio de 1.0 trimestres. Las clases anuales X58-X60 de los datos de los rederos, estaban presentes en un promedio de 1.7 trimestres. Esto representa una disminución del tiempo presente, consecutiva al reclutamiento total, de 2.8 a 3.5 trimestres (62 al 78%).

Similarmente, los datos sobre la abundancia del Area 06, indican que las clases anuales X54-X57, estaban presentes en un promedio de 3.5 trimestres, inmediatas al reclutamiento total, mientras las clases anuales X58-X60, estaban presentes 2.0 trimestres, un descenso de 1.5 trimestres (43%).

En ambas áreas combinadas (01 y 06) el promedio del lapso de tiempo en que las últimas clases anuales (X58-X60) estaban presentes en la pesquería, consecutivas al reclutamiento, ha disminuído cerca del 52 por ciento. Esta merma resultó a causa del mayor esfuerzo de pesca en los últimos años. Esta intensa presión de pesca, redujo la abundancia de las clases anuales recientes, hasta tal punto, que en muchas áreas ya no pueden identificarse en la captura un año más tarde. Así que, no podía

hacerse en muchas de las áreas con un año de por medio, las estimaciones de Z , que están basadas sobre la comparación de las estimaciones de la abundancia de la misma clase anual, en la misma área. Obsérvese en la Tabla 4 que las estimaciones de Z no podían obtenerse para el Area 01 en los años de 1959-1961 y en el Area 06 en 1958-61. Las estimaciones de Z para los años antes mencionados fueron obtenidas principalmente de áreas en donde la intensidad reducida de pesca permitió que estuvieran presentes por lo menos un año las clases anuales, o de áreas donde los grandes atunes aleta amarilla estaban más disponibles a la captura por la pesquería de los barcos rederos. Los factores anteriores dan como resultado la subestimación de Z . Por lo tanto, todas las estimaciones de Z calculadas en este estudio deberían considerarse como mínimas, y las estimaciones de los años más recientes, son también probablemente bajas en relación a los primeros años.

El promedio de la relación $Z = 1.57$, durante el período de los ocho años, parece ser la mejor estimación, aunque mínima. El intervalo de confianza del 95% de $Z = 1.57$ es de 1.31 a 1.83, que corresponde a una tasa de mortalidad total anual del 73 al 84% (promedio, 79%).

RESUMEN

Se estimó la tasa de mortalidad total instantánea (Z) del atún aleta amarilla, por medio de la comparación de la abundancia de una clase anual individual, consecutiva a su período de abundancia máxima en un área, durante un trimestre específico del año, con su abundancia en la misma área un año más tarde. Se promediaron las estimaciones de todas las clases anuales en la misma área, trimestre y año, y los promedios trimestrales para un año dado fueron ponderados por la captura por unidad de esfuerzo para obtener una sola estimación anual de cada área.

Se calcularon las estimaciones anuales de la mortalidad total correspondientes a todo el Pacífico oriental, ponderando las estimaciones de las áreas en proporción a la abundancia (captura por esfuerzo) del atún aleta amarilla cogido en cada área. Las estimaciones anuales resultantes de Z de los años 1953, 1955-1961 variaron considerablemente y no hubo correlación evidente con el esfuerzo de pesca. Las estimaciones de Z fueron mínimas, probablemente porque la intensa presión de pesca en los últimos años, redujo la abundancia de las clases anuales recientes, en algunas áreas, hasta tal punto que ya no podían identificarse como presentes en la captura un año más tarde. Así que no podían hacerse en estas áreas, con un año de por medio, las estimaciones de Z basadas en la comparación de las estimaciones de la abundancia de la misma clase anual en la misma área. En muchos casos, las estimaciones de Z fueron obtenidas principalmente de áreas, en donde la reducción de la intensidad de pesca permitió que las clases anuales estuvieran presentes por lo menos un año, o en áreas

en donde los grandes atunes aleta amarilla fueron más disponibles a la captura por la pesquería de los rederos. Todas las estimaciones de Z calculadas en este estudio, deberían considerarse como mínimas, y las estimaciones para los años más recientes son también probablemente bajas en relación a los primeros años.

El promedio de la relación $Z = 1.57$, parece ser la mejor estimación, aunque mínima, de la tasa de la mortalidad total anual instantánea, que corresponde a una tasa de mortalidad total anual del 79 por ciento.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

- Broadhead, G. C. 1962. Recent changes in the efficiency of vessels fishing for yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 6(7):283-332.
- Chapman, D. G., S. J. Holt, and K. R. Allen. 1964. Special committee of three scientists final report, p. 39-92. *In* Fourteenth Report of the Commission, International Commission on Whaling, London.
- Chatwin, B. M. 1959. The relationship between length and weight of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) from the eastern tropical Pacific Ocean [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 3(7):305-352.
- Davidoff, E. B. 1963. Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, 1951-1961 [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 8(4):199-251.
- Fink, B. D. 1965. Estimations, from tagging experiments of mortality rates and certain other statistics regarding yellowfin and skipjack tuna [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 10(1):1-82.
- Gulland, J. A. 1955. Estimation of growth and mortality in commercial fish populations. *Min. Agr., Fish. Invest., Ser. 2, 18, H. M. S. O., London*, 46 p.
- 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*) [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 2(5):171-243.
- _____. 1961a. Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean for the years 1954-1958 [in English and Spanish]. *Ibid.*, *Bull.*, 5(1):1-112.
- _____. 1961b. Year class abundance, mortality and yield-per-recruit of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, 1954-1959 [in English and Spanish]. *Ibid.*, *Bull.*, 6(1):1-51.
- Joseph, J., F. G. Alverson, B. D. Fink, and E. B. Davidoff. 1964. A review of the population structure of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 9(2):53-112.

- Schaefer, M. B. 1961. Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1960, pages 40-183 [in English and Spanish]. *In* Inter-American Tropical Tuna Commission Annual Report for the year 1960. La Jolla.
- , B. M. Chatwin, and G. C. Broadhead. 1961. Tagging and recovery of tropical tunas, 1955-1959 [in English and Spanish]. *Ibid.*, Bull., 5(5):341-455.
- Shimada, B. M. 1958. Geographical distribution of the annual catches of yellowfin and skipjack tuna from the eastern tropical Pacific Ocean from vessel logbook records, 1952-1955 [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, Bull., 2(7):285-363.
- , and M. B. Schaefer. 1956. A study of changes in fishing effort, abundance and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean [in English and Spanish]. *Ibid.*, Bull., 1(7):347-469.
- Suda, A., and M. B. Schaefer. 1965. Size-composition of catches of yellowfin tuna in the Japanese long-line fishery in the eastern tropical Pacific east of 130°W [in English and Spanish]. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, Bull., 10(4):265-331.

