

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin - Boletín

Vol. II, No. 5

**AN ANALYSIS OF METHODS OF SAMPLING TO DETERMINE
THE SIZE COMPOSITION OF COMMERCIAL LANDINGS OF
YELLOWFIN TUNA (*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) and
SKIPJACK (*KATSUWONUS PELAMIS*)**

**ANALISIS DE LOS METODOS DE MUESTREO USADOS PARA
DETERMINAR LA COMPOSICION DE TAMAÑOS EN LOS DES-
EMBARQUES DE ATUN ALETA AMARILLA (*NEOTHUNNUS
MACROPTERUS*) Y BARRILETE (*KATSUWONUS PELAMIS*)**

by - por

RICHARD C. HENNEMUTH

La Jolla, California

1957

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

INTRODUCTION.....	174
METHODS OF COLLECTING SAMPLES.....	175
Selection of population strata for sampling.....	175
Selection of primary sampling unit.....	176
Number of fish per sample.....	177
Methods of drawing fish to be measured.....	177
Sampling method 1 (Systematic table)	178
Sampling method 2 (Basket sample)	178
Sampling method 3 (Systematic flume)	179
Sampling method 4 (Grab sample)	179
Methods of measurement	179
Tabulation of measurements.....	180
SOURCES OF VARIATION IN COLLECTING SAMPLES.....	180
Size-depth stratification within wells.....	180
Variation of measurement.....	181
Effects of freezing and storage.....	182
COMPARISON OF SAMPLING METHODS.....	182
Selection of suitable data	182
Methods of analysis	183
Comparison of mean size of age groups.....	184
Analysis of experimental data.....	184
Comparison of relative proportions of age groups.....	185
Interpretation of results	185
SAMPLING EFFICIENCY	185
CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	187
FIGURES—ILUSTRACIONES.....	188
TABLES—TABLAS	190

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

INTRODUCCION.....	226
METODOS DE OBTENCION DE LAS MUESTRAS.....	227
Selección de los estratos de población para los muestreos.....	227
Elección de una unidad de muestreo.....	228
Número de ejemplares en cada muestra.....	230
Métodos para seleccionar los ejemplares a ser medidos.....	230
Método de muestreo 1 (Muestras sistemáticas en las mesas de corte).....	231
Método de muestreo 2 (Muestras de las cestas).....	231
Método de muestreo 3 (Muestras sistemáticas en las plataformas acanaladas).....	232
Método de muestreo 4 (Método “de agarre”)	232
Métodos empleados en las mediciones.....	232
Tabulación de las medidas.....	233
FUENTES DE VARIACION AL OBTENER LAS MUESTRAS.....	233
Estratificación de los tamaños de los ejemplares dentro de las bodegas.....	233
Variación de las medidas.....	234
Efectos de la congelación y almacenamiento.....	235
COMPARACION DE LOS METODOS DE MUESTREO.....	236
Selección de los datos más convenientes.....	236
Métodos de análisis.....	237
Comparación del tamaño promedio de los grupos de edades.....	237
Análisis de los datos experimentales.....	238
Comparación de las proporciones relativas de los grupos de edades.....	239
Interpretación de los resultados.....	239
EFICIENCIA EN EL MUESTREO.....	239
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	241
LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFIA CITADA	242

**AN ANALYSIS OF METHODS OF SAMPLING TO DETERMINE THE
SIZE COMPOSITION OF COMMERCIAL LANDINGS OF YELLOWFIN
TUNA (*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) AND SKIPJACK
(*KATSUWONUS PELAMIS*)**

by

Richard C. Hennemuth

INTRODUCTION

The staff of the Inter-American Tropical Tuna Commission is collecting and analyzing catch statistics of the Eastern Pacific fishery for yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in order to provide the factual information required for maintaining the catch of these species at maximum sustainable levels (Shimada and Schaefer, 1956). Careful, systematic and continued studies of the population structure, life history, and ecology of these species are needed for a proper and adequate interpretation of the catch statistics so that a sound conservation program may be achieved (Schaefer, 1956).

Some important aspects of these biological studies may be effectively investigated by observing the changes in space and in time of the size composition of the commercial catches. These changes can provide information about age composition, rate of growth, occurrence of dominant year classes, changes in mortality rates as related to change in fishing effort, racial divisions, and migration.

To provide the necessary basic data, a program of collecting length-frequency samples from the commercial catch landed at San Diego was started in July 1954. In December 1954, sampling was expanded, with the cooperation of the California State Fisheries Laboratory, to include San Pedro landings.

Initially, the design of sampling was arbitrary because of the lack of necessary estimates of variability. Several methods of drawing fish for measurement were employed to furnish a basis for subsequent establishment of adequate, routine sampling procedures. The purpose of this paper is to compare estimates obtained from the different methods of sampling, and to determine the most efficient plan for future sampling. We are concerned with obtaining samples which give the best estimates of the

central tendency* of age groups** and the relative proportions of age groups in the commercial catch. Estimates of the corresponding properties of the population depend also, of course, on the adequacy with which the fishing boats sample the population, but this matter is outside the scope of this paper.

METHODS OF COLLECTING SAMPLES

Selection of population strata for sampling

Length-frequency samples have been collected within certain geographical area, time, and gear classifications, or, more properly, strata.

Geographical stratification of the population is desirable for two reasons. First, the systematic study of differences in size characteristics between areas can provide evidence of possible racial divisions or migration patterns. Second, even if the areas are not inhabited by independent populations of fish, the fish caught in individual areas are probably more nearly homogeneous with respect to size than they are in the population at large. If this is true, stratified sampling leads to a more efficient estimation of the whole.

For purposes of sampling, the fishing region was divided into twelve geographical areas (Fig. 1). These areas were determined on the basis of the distribution of total catch, which is characteristically concentrated in certain areas of the fishing grounds in a rather consistent manner (Shimada, 1957). The lines of demarcation between the sampling areas were drawn through the zones of lesser concentration of total catch, zones of less than about 50 tons of a species per one-degree square per year. This figure was rather arbitrary, but squares in which less than this amount was caught were not considered likely to be encountered during the sampling. The areas of high concentration of catch are most likely associated with both oceanographic and topographic phenomena, however, and hence may vary somewhat in location from year to year and even from season to season. Thus any fixed line of demarcation may not maintain a strictly comparable division of the total catch from one year to the next. The geographical variations in the areas of concentration of catch during the past two years' sampling are small, however, and have not been sufficient to invalidate the division into areas used for sampling.

Samples of the length-frequency distribution of catches from each area have been collected each month so far as possible. The collection of

* In this paper the mean size is used for purposes of comparison and estimation. Other measures of central tendency, particularly the mode, may be more useful in studies of growth and other studies of size composition.

**The phrase "age group" is used throughout this paper to avoid the confusing terminology of "size group". The size groups apparent in the length-frequency samples are presumed to represent age groups.

samples for each month is desirable for the estimation of growth by modal-progression. Also, monthly samples provide information as to the time and rate at which age groups enter into or depart from the catchable population of a particular area. Fluctuations of the size-frequency composition may be followed in the different areas, and a comparison among areas may indicate the movements of the stocks. The time of entry of the youngest age group, related to time of spawning, provides a basis for inferences as to the age of the fish.

The further classification by type of gear is necessary, because two different types of vessels are engaged in commercial exploitation of yellowfin tuna and skipjack in the Eastern Pacific. First are the baitboats, which employ live bait to attract the fish to the boats where the fish are thrown aboard with pole and line. The second type of vessel is the purse-seiner which captures all or part of a school of fish with a purse-seine-type net (for more complete descriptions of these two methods of fishing see Godsil, 1938, and Scofield, 1951). As the two methods of fishing are quite dissimilar, it is possible that they exert different size selectivities. Samples from fish caught by the two different types of gear have therefore been tabulated separately to allow comparison between them.

Selection of primary sampling unit

As a prerequisite to drawing a sample which can be assigned to the correct time and area strata, the catch must be subdivided into sampling units such that each unit contains only fish caught in a known area and month.

Each fishing vessel has several brine or ice "wells" which are compartments in which fish are frozen and stored until they are unloaded at the canneries. The fish are generally put into these wells within a few hours after they are caught. The number of wells per boat varies with the size of the boat, the largest tuna boats having as many as eight pairs (port and starboard) of wells. Four or five pairs of wells per boat is more common, however. The wells vary in size both within and between boats but have, in general, a capacity between 10 and 40 tons each. The date and area of catch is recorded by the captain or engineer as the wells are filled at sea, and this information is available at the time of unloading. These storage wells were selected as the primary sampling units. Sometimes wells contain fish which have not been caught entirely in any given month or area; such wells were not sampled. It is not possible to predict the number or time of arrival of boats with wells containing fish from single areas and months. Hence, the wells sampled could not be selected in any schematic fashion; rather, they were sampled as time and opportunity permitted and so do not necessarily represent a random selection of the total number of wells.

The wells, after being selected, were not sampled throughout their entirety. It often takes several hours to completely unload a well, and spending this much time on a single sample would not have allowed as many wells to be sampled (several boats are generally unloading at the same time) as is necessary for comprehensive coverage of the landings. Sampling a larger number of wells rather than fewer wells with large numbers of fish per well appeared to be the most efficient sampling scheme because there was already some evidence that the yellowfin tuna and skipjack tend to congregate by size (Brock, 1954; Schaefer and Marr, 1949). Since the individual wells sampled are loaded over a relatively short period of time (at times only a few hours) and generally encompass a relatively small area of ocean (at times an area much less than a one-degree square) a larger variation in size of fish between wells than within any given well was anticipated. Consequently, only a portion of each of the wells was sampled, and here, again, the particular portions of the wells sampled were the result of time and opportunity and not necessarily a random choice. It has been assumed that the selection of the wells and portions of wells was sufficiently nearly random for effects of any systematic size-stratification in wells or among wells to be negligible. Some data on size-depth stratification within wells is presented in a subsequent section.

Numbers of fish per sample

The number of fish desired per sample, while not precisely determined, was tentatively set at approximately 150 skipjack and 200 yellowfin. These numbers were selected on the assumption that they would be adequate for the more variable size-distributions encountered. The number of fish per sample has varied, however, from sample to sample as sudden changes in unloading conditions and processing made it necessary for sampling to be stopped before completion. The samples averaged 136 skipjack and 152 yellowfin tuna in the 1955 data.

Methods of drawing fish to be measured

When the Commission first started length-frequency sampling in 1954, California Fish and Game scientists had been collecting such samples for several years at San Pedro. Many of their samples, however, had been collected by means of a grab-sampling technique, whereby the fish measured were grabbed from a water flume or cutting table without systematic procedure (see below for more complete description). Since it was thought that this might lead to biased or highly variable results, some systematic means of selecting the fish to be measured was sought.

The wells of the fishing boats are unloaded at all canneries by lowering buckets (of 500-700 pounds capacity) into the wells, where they are

hand-filled by the crew; when full, the buckets are raised and the contents dumped into a water flume or into a wheeled cart called a "basket." The fish are then washed down the flume or wheeled to the scale house, and, after weighing, are conveyed by basket, flume, or conveyer belts to the cutting tables. The fish are then fed singly into one or two lines onto the cutting tables where they are butchered.

For systematic selection, the fish must be individually enumerable. The fish can be enumerated as they are fed into single file onto the butchering tables at the canneries. This was, therefore, chosen as the best site for systematic selection of fish, but, because of varying physical conditions of unloading and processing at the different canneries (there are 10 canneries where sampling is conducted in San Diego and San Pedro), this one method of drawing fish to be measured (method 1 below) could not always be used, and did not provide as many samples as appeared necessary for the complete coverage of the fishing grounds. Consequently, two other attempts at systematic selection at other sites in the cannery were also employed (methods 2 and 3 below). In addition, the grab sample technique (method 4 below) was retained, because it could be used under most circumstances, and also because it was desirable to determine the relative efficacy of this method of sampling.

A schematic diagram, with sampling sites indicated by their respective numbers, illustrates the two principal patterns of fish flow (Fig. 2). The four types of sampling methods relative to unloading procedures were:

Sampling method 1 (Systematic table):

Every n^{th} fish from a single line on the cutting table, the first fish arbitrarily chosen, is selected for measurement until the sample is complete. The value of " n " is chosen for convenience according to the speed with which the fish are moving past the sampling point (the rate at which the fish are passing on the cutting table varies with the number of cutters) and is retained for the entire sample. The separation of fish into bucket-loads is not discernible at this stage of the unloading procedure. Assuming that the fish are unloaded from the wells in a "random manner", or, at least, that there is no periodic trend in size with which the n^{th} fish is associated, this type of sampling provides a representative sample of the aggregate of fish from which the sample was drawn. As mentioned before, it is not necessarily a representative sample of the entire well as only a portion of the fish from the well is sampled, but will, on the average, be representative if the portion sampled is a random choice.

Sampling method 2 (Basket sample):

This method consists of selecting every n^{th} basket as it is wheeled past the sampling point, the first basket being arbitrarily chosen. All the fish in each n^{th} basket are then measured. At times, however, when the fish are

small (say 5 pounds), a number of fish sufficient to complete a sample may be contained in a single basket. To examine the variability of sampling by this method, there were available three samples from Area 04 in February 1955, one of which consisted of three baskets, the other two of only a single basket (Table 1). The analysis of variance of the data is presented in Table 2. As there is a significant among-basket component of variance, (Table 2), a one-basket sample from a well is far from desirable. Selection of more baskets with less fish measured per basket would be more efficient under these conditions. It is, however, nearly as time-consuming to sub-sample from the fish of one basket in a systematic or random manner as to measure all the fish in a basket, thus sub-sampling does not increase efficiency in relation to time expended. When the fish are larger, (say over 15 pounds), however, several baskets are needed and the method works very well.

In routine sampling the measurements of the fish from each basket were not tallied separately and the between-basket component of variance, although present, cannot be separately estimated. A similar between-bucket effect applies to methods 3 and 4 below.

Sampling method 3 (Systematic flume):

The fish are systematically selected as in method 1, but from the water flume rather than the cutting table. A barrier is placed in the flume to enable the fish from a bucket to be put over it one at a time. While one sampler is putting fish from one unloading bucket over the barrier in a single file, another selects every n^{th} fish from this file. The buckets of fish from which the individual fish are sub-sampled, are themselves systematically selected. There is also included here a between-bucket component of variance similar to the between-basket variance mentioned for method 2. More buckets of fish with less fish per bucket can be sampled per unit time than is possible in method 2, however, thus decreasing the effect of the between-bucket variance.

Sampling method 4 (Grab sample):

Selection of the fish to be measured takes place in the water flume and consists of selecting, as arbitrarily as possible, a somewhat varying number of fish from buckets. Fish from several buckets are taken in this manner to make up one sample and the buckets are either arbitrarily or systematically selected.

Methods of measurement

The size-frequency distribution of a sample may be determined either by measuring the total length or by weighing each fish in the sample. Estimation of one can be made from the other with a definable degree of confidence, and both techniques are subject to measurement errors. Due

to the bulkiness of scales and the slowness of weighing procedures, it was more convenient to measure the total length of each fish (defined as the distance from the tip of the snout, with the jaws closed, to the cartilaginous median part of the caudal fork by Marr and Schaefer, 1949).

During the first six months of the program a measuring board was employed at San Diego. Since December 1954, all fish have been measured with calipers (similar to those described by Marr and Schaefer, 1949) at both San Diego and San Pedro.

Tabulation of measurements

Each length frequency sample was recorded on a special form and identified by a code number as to year of catch, species, area of catch, month of catch, gear employed and sampling method. The measurements were grouped on the sample sheets into 20 mm. and 10 mm. class intervals for yellowfin tuna and skipjack respectively. The sample sheets were then sent to the International Business Machines Corporation for tabulation.

The primary justification in using the 10 and 20 mm. class intervals is that this grouping accentuates the age groups in the length-frequencies to a better advantage than smaller intervals and yet is not so large as to restrict, excessively, the number of classes in any one modal group. The larger class intervals were used for yellowfin because of the greater size-range of each age group of this species.

SOURCES OF VARIATION IN COLLECTING SAMPLES

Several sources of variation are present in the collection of measurements which could have some significant effects on the estimates derived from the length-frequencies. Special studies have led to the estimation of some of these sources of variation.

Size-depth stratification within wells

Previous mention has been made of the arbitrary selection of portions of wells to be sampled. To determine whether or not any size-depth stratification does exist within the wells, three wells were sampled throughout their entirety by sampling method one. The length-frequencies of yellowfin tuna and skipjack from each well were divided according to whether the fish were located in the upper, middle, or lower one-third portion of the well (Tables 3 and 4). Both species occurred together in each of the wells. An analysis of variance indicates that there was apparently some significant size-depth stratification for the skipjack but none for the yellowfin tuna (Table 5). A tabulation of the mean lengths for the respective por-

tions (Table 6), indicates that the skipjack tended to be smaller in the top one-third of the wells than the bottom two-thirds. Yellowfin tuna did not show this tendency. Such size-depth stratification could result from the shifting of the larger fish towards the bottom at the time of loading and before the wells are completely packed and dried out, or it may be caused by the packing of a school of somewhat smaller sized fish on top of the wells in which case the size-depth stratification would only be true of these particular wells. It appears desirable to collect more data to ascertain whether this trend is usually present, but the possibility of such stratification points up the importance of randomized selection of portions of wells.

Variation of measurement

Some variability in the measurement of fish arises from differences between measuring instruments and between the measuring techniques of different observers. It is necessary to determine the significance of this variation so that its effect on the estimates derived from the measurements can be determined. Several experiments have been conducted along these lines.

The difference between measurements of total length taken by the measuring board and calipers was one source of variability that was investigated. Two observers both measured each of a number of fish with the board and also with the calipers (Table 7). Results of the analysis of these data (Table 8) show that the mean differences, \bar{d} , between instruments were 6.6 mm. and 5.1 mm. for the two respective observers and that each of these differences was quite significant. Since the fish measured in this experiment were somewhat hard (i.e. not completely thawed out*), it was necessary to place the fish on the board at an angle to the horizontal so as to bring the fork of the tail close to the scale for reading off the total length. This would, of course, result in a smaller measurement of total length of the fish than actually was the case.

Because of this bias the measuring board was not used after December 1954. The measurement data analyzed elsewhere throughout this paper were all taken with calipers.

Three experiments were also conducted to estimate the differences between the measurements made by different observers. In each experiment each of a number of fish was measured twice, each time by a different person, and the two measurements for each fish were tabulated (Table 9).

Analysis of these data provides estimates of the mean differences of 2.9 mm., 3.0 mm., and 3.1 mm. for the three experiments (Table 10). Each

* This is, in general, the case in routine sampling.

mean difference is significant and very nearly identical, averaging 3.0 mm. In practice, since a number of different observers are measuring the samples, on the average this 3 mm. error will be randomized, so that no bias is thereby introduced, although it will contribute to the between-sample variance component.

Effects of freezing and storage

The fish that are unloaded show varying degrees of distortion due to freezing, storage and handling. Those fish greatly distorted and broken are, of course, not measured in routine sampling. Inasmuch as all fish routinely sampled are subject to this same treatment, any bias due to physical condition of fish should not, on the average, produce significant differences between samples.

Distortion due to freezing and handling may, however, produce some bias in estimating population characteristics from samples of the landed fish. As a means of estimating the effects of storage and handling on total length, several samples of fish were measured at sea when fresh, tagged, placed in the wells and later remeasured ashore as they were unloaded after some weeks of storage (Table 11). The tags were numbered so that the fish were identified and the same person measured the fish both times.

The analysis of these data shows that the measurements of fresh fish were, on the average, 7.9 mm., 8.4 mm., 7.0 mm., and 5.3 mm. larger than measurements of unloaded fish (Table 12). These mean differences are all significant and indicate that some real change in size of fish occurs between catching and unloading. The average estimate of 6.8 mm. may be large enough to be considered when making estimates of population characteristics. The difference, *D*, was found *not* to be correlated with size of fish over the size range examined.

COMPARISON OF SAMPLING METHODS

Due to the differences of technique in drawing fish to be measured, it was considered desirable to compare the four sampling methods to determine whether they provided similar estimates of the mean size and relative proportions of age groups. For these comparisons some of the routinely collected data of 1954-1955 and some experimental sampling data were used.

Selection of suitable data

The selection of data from routine collections was limited by several factors. The samples involved in each comparison had to be limited to one-month periods and single areas, so that differences associated with time and

area would be eliminated. Much of the routine data involved only one sampling method for a time-area stratum and was thus of no value for this comparison. Also, two or more samples for each method were necessary to provide estimates of variability between samples within methods for assessing the significance of differences between methods.

The routine length-frequencies which have been collected exhibit varying forms ranging from nearly-normal, uni-modal to indefinite, multi-modal distributions, and it is desirable to have separate comparisons for the different kinds of frequency-distributions. In general, however, the catch is composed primarily of one or two age groups of fish, the numbers of larger sized (and older) fish caught being very limited. Hence, analysis was confined to uni-modal and bi-modal frequency distributions. Analysis of the estimated mean size was further limited to approximately normal distributions within age groups.

By applying the above criteria to the 1954-1955 data, several sets of data were found suitable for comparison. Each set is composed of samples collected by different sampling methods from a single month, area and type of gear (Table 13), and all the distributions in a set are either uni-modal or bi-modal. The data are somewhat limited as the length-frequencies were not collected specifically for purposes of this paper, but do include a general coverage of different time and area strata.

Methods of analysis

Comparisons of estimates of mean size obtained by the four sampling methods were carried out using the grouped frequency distributions and coding procedures outlined by Snedecor (1956, pp. 194-199). The class intervals of 10 and 20 mm. (for skipjack and yellowfin tuna, respectively) did not always provide as many classes as recommended by Snedecor for precise analysis. It would have been better to use a smaller interval for this analysis. It seemed doubtful, however, that the possible gain in precision would warrant regrouping and reanalysis.

All samples in each set of the bi-modal distributions were first pooled and the total frequency divided into age groups at the class interval where the lowest frequency occurred. The individual samples were then similarly divided at this same class interval.

It should be noted here that the tests of significance made in conjunction with the analyses of variance are only approximate, and the probabilities associated with them should not be considered exact. This arises because of the unequal numbers in the samples. All F-tests of method effects were made with a synthesized denominator mean square (Ostle, 1954; Satterthwaite, 1946). The original mean squares are listed in the

tables, however, as they are employed later for estimation of components.

Comparisons of the estimates of relative proportions of the age groups obtained by the four sampling methods (limited to bi-modal distributions) were accomplished by analysis of variance of the relative percentages of specimens in the two age groups. Unweighted analyses of variance were employed in each case (for details of methodology see Cochran, 1943 and 1954).

Comparison of mean size of age groups

Among the uni-modal distributions from routinely collected data there were twelve sets of comparisons (three for yellowfin and nine for skipjack) suitable for analysis (Tables 13, 14, and 15). An analysis of variance was carried out for the sets of each species (Table 16). The method effects were found to be significant for the skipjack series but not for the yellowfin tuna series. Each of the sets of skipjack data were then analyzed separately and showed significant method effects in only two of the nine sets (Table 17). The deviations of the method means from their respective set means were also tabulated for each of the sets of skipjack data (Table 18). Mean deviations of 0.0, -9.5, 5.9, and 0.4 mm. were found for the four respective sampling method means. It appears that the significance of the method effects of the combined skipjack data may be caused primarily by the large difference (37 mm.) between means of methods 2 and 3 in set eight of this series. Outside of this one set of data, the different methods appear to provide similar estimates of mean size; certainly there is little difference between methods one and four.

Three sets of bi-modal distributions from the routine data (one for yellowfin, two for skipjack) were found suitable for comparisons (Tables 13, 19 and 20). The analyses of variance, carried through separately for each age group of each species, shows no significant differences between the method means for either age group of either species (Table 21).

Analysis of experimental data

In addition to the routine collections, a study involving four experiments was conducted in which the same group of fish were sampled by both sampling methods one and four (Tables 22 and 23). It should be noted that experiment 1 involved only yellowfin and in experiment three the yellowfin were not sampled by method four. An analysis of variance of the data of the three comparisons for each species indicates no difference between method means for yellowfin but shows a significant difference between method means for the skipjack (Table 24). Estimates and tests of significance for the individual experiments (Table 25) show that the mean lengths obtained by method 4 exceed those obtained by method one by 7 mm., 7

mm., and 5 mm. for yellowfin tuna and 6 mm., 6 mm., and 4 mm. for skipjack. The first of the above differences is highly significant.

In experiments three and four, the total sampled population was also measured. In experiment three, the mean of sampling method one for the skipjack sample is significantly smaller than the mean of the total sampled population. In experiment four, the method means of the skipjack data are significantly greater for both methods (by 13 and 17 mm.) than the mean of the total sampled population (See Table 25). The remaining samples of experiments three and four are not significantly different from the mean of the total sampled population.

Comparison of relative proportions of age groups

Four sets of comparisons, involving bi-modal frequencies were available from the routine collections for analysis of the relative proportions of age groups (Tables 26 and 27). The percentage of fish, p , in the first age group was computed for each sample (Table 28). An analysis of variance of these percentages shows there is no significant difference between the estimates obtained by the different methods (Table 29). It is also apparent, however, that the individual samples of all the methods are not very precise estimators of the average relative proportions of the age groups.

Interpretation of results

Comparisons of the four sampling methods yield somewhat varying results. In general, all methods appear to provide similar estimates of mean size, at least to within 10 mm. although some of the differences are shown to be significant at the 5% probability level. The estimates of relative percentage of age groups are quite variable but as much alike between methods as between samples within a method. The relative efficiency of the four methods also appears to be similar, as there are no great differences in the respective estimates of the components of variance. There seems, therefore, to be little justification for the continued use of methods two and three which are usually more difficult to employ.

SAMPLING EFFICIENCY

In addition to comparing the sampling methods, the other important question to be considered is the optimum number of samples and number of fish per sample. Disregarding cost factors, and strata-to-strata differences in variability, the optimum arrangement is considered that which provides the smallest estimated variance of the mean (for one month, within one area) (Snedecor, 1956, pp. 512-19; Ostle, 1954, p. 262).

In the present case the estimated variance of the mean,

$$S^2_{(\bar{x})} = \frac{S^2}{nd} + \frac{S^2_d}{d}; \text{ where}$$

S^2 = within sample component of variance

S^2_d = sample to sample component of variance

n = the number of fish per sample

d = the number of samples

The required estimates of the components of variance have been obtained from analysis of variance of the kind presented in the previous section. The methods of computing these estimates followed the procedures outlined by Ostle (1954) for the case where the number of fish per sample are not equal. These estimates are listed for the uni-modal case in Table 30. For the bi-modal case, the estimated components of variance for each age group were added together for overall estimates of variability (Table 31). Using the estimated components of variance derived from the combined data from all sets and methods in each case, (shown in italics in Tables 30 and 31) and assuming they are independent of n and d , estimates of the variance of the mean have been computed for various combinations of n and d for the uni-modal case and the bi-modal case for each species (Tables 32 and 33).

An increase in the number of fish per sample, n , above 50 (for any constant d) results in only a very small decrease in the estimated variance of the mean. An increase in the number of samples, d , (for any constant n) is, however, quite rewarding in decreasing the estimated variance of the mean. Even in the bi-modal case, where there is quite a marked increase in S^2 in the second, or "B" group, there is more than a proportionate increase in the S^2_d component.

The foregoing analyses show that it would be considerably more efficient to take fewer fish per sample than originally planned. To ascertain exactly the numbers needed, the confidence interval of the mean (of one month within one area) may be expressed as $\pm S_{(\bar{x})}t$, with degrees of freedom ($d-1$). Assuming 90% and 95% confidence limits of ± 20 mm. and ± 10 mm. for yellowfin tuna and skipjack, respectively, estimates of n and d needed for this precision were computed (Table 34). Thus, with 90% confidence limits, for yellowfin 3 and 13 samples of 50 fish are needed, respectively, for the uni-modal and bi-modal cases; for skipjack 3 and 6 samples of 50 fish each are required, respectively, for uni-modal and bi-modal cases. Two years' sampling experience shows that it is not possible to collect as many as 13 samples per month per area at all times when they might be needed. No reduction in the number of samples needed, however, can be gained by increasing the number of fish per sample above 50 (actually a reduction of d by one can be gained in the bi-modal case with $n > 100$).

The question of optimum samples and numbers with respect to estimating proportions of age groups is not so straightforward. The estimated variance of the observed fraction (within one month, and one area)

$$S_p^2 = \frac{\overline{pq}}{n_h} + S_e^2; \quad \text{where}$$

\overline{p} = average percentage of fish of one age group over all samples

$$\overline{q} = (1 - \overline{p})$$

n_h = harmonic mean of the numbers of fish in each sample

S_e^2 = variance of true fraction, p_i , from sample to sample, or extraneous variation.

From the analysis of variance of estimated relative percentage (Table 29), the proportion of extraneous variation was found to be extremely high (from 70% to 90%). There are, evidently, great differences in the estimates of p_i from well to well. It would appear that here too an increase in d would be more efficient for estimating the overall \overline{p} . An exact estimation of the optimum n and d is not possible, however.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

There is, apparently, a rather large sample to sample variation in the collection of length-frequencies, which generally overshadows other variation between sampling methods and even, at times, between areas and months. The largest part of the variation between samples is probably caused by the methods of fishing, aggregation habits of the fish in the ocean and/or stratification within the wells, a small portion of each well being included in each sample. There appears to be some size-depth stratification within the wells but the available data for examining this matter are somewhat limited. No data are available regarding stratification within wells of relative percentages of age groups. Some additional study of the nature and extent of within well stratification appears desirable.

Irrespective of cause, the between sample variation is present, and having been estimated in relation to the within sample variation, the most efficient sampling scheme with present methods of drawing samples is recommended as follows:

- 1) Restrict all samples to a constant 50 fish each.
- 2) Employ only sampling methods one (systematic) and four (grab) for drawing fish to be measured.
- 3) If the frequencies are uni-modal, collect 3 samples per area per month for both yellowfin and skipjack. If frequencies are multi-modal, collect 13 samples of yellowfin tuna and 6 samples of skipjack, per month-area stratum.

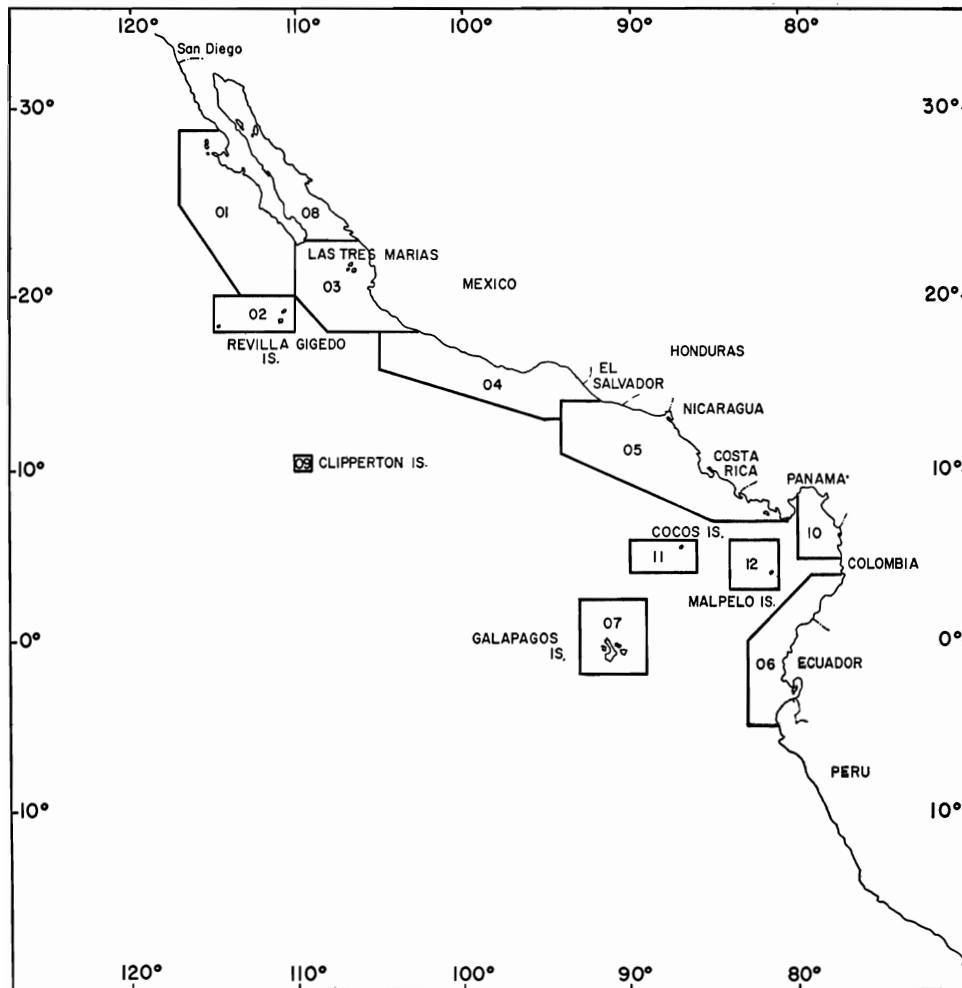


FIGURE 1. Geographical stratification of the Eastern Pacific yellowfin tuna and skipjack fishing region, used in sampling to determine the size composition of commercial landings.

FIGURA 1. Estratificación geográfica del área de pesca del atún aleta amarilla y del barrilete en el Pacífico Oriental. Esta estratificación se usó en el muestreo para determinar la composición de tamaños en los desembarques comerciales.

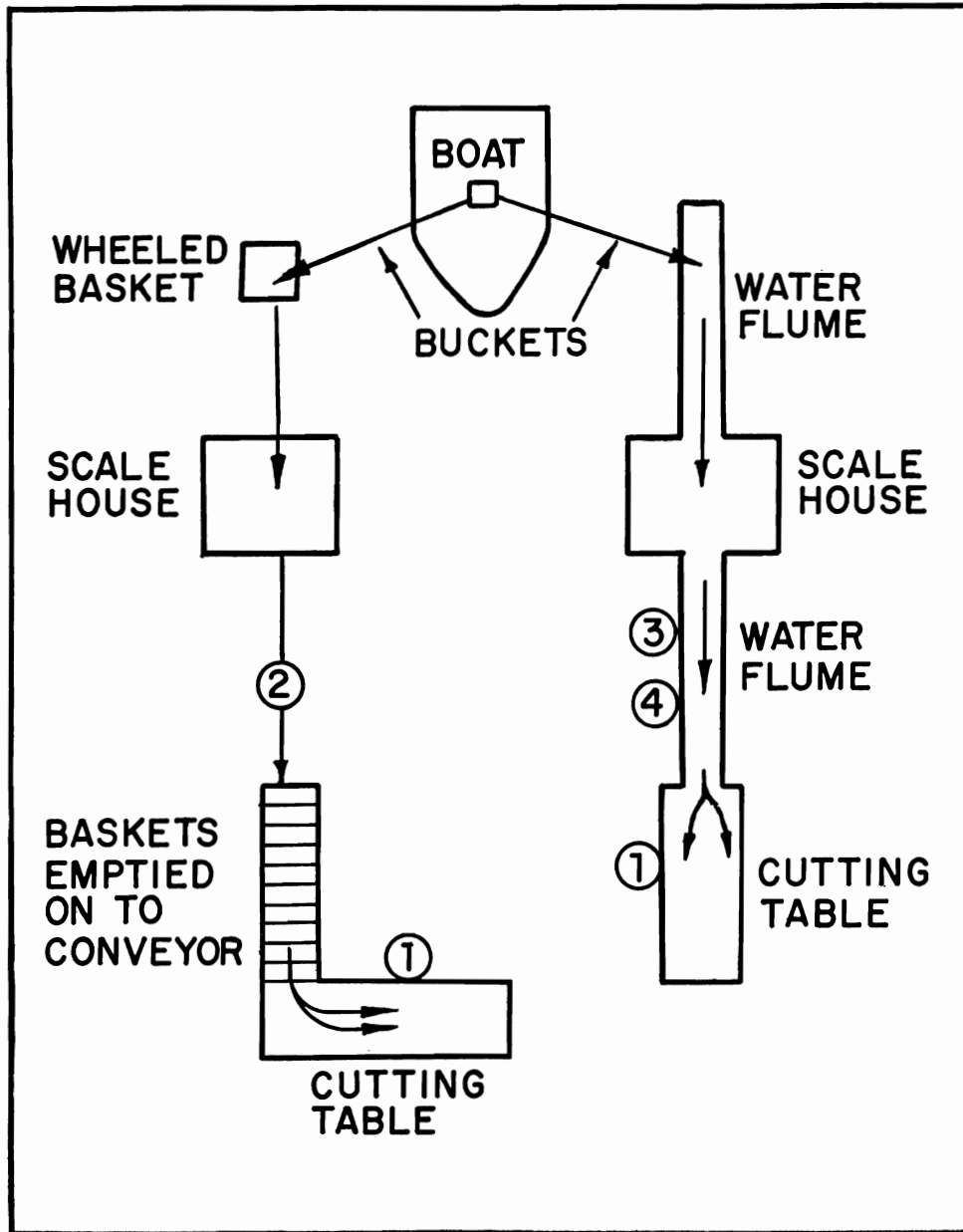


FIGURE 2. Principal patterns of fish flow from boat to butchering tables, with sampling sites indicated by number (see text).

FIGURA 2. Principales procedimientos empleados para transportar el atún desde los barcos hasta las mesas de corte. Los números indican los diferentes lugares para el muestreo, de acuerdo con los diversos métodos. (Ver texto).

TABLE 1. Length-frequency samples of yellowfin tuna from Area 04 in February used to estimate between-basket component of variance associated with sampling methods two, three and four.

TABLA 1. Muestras de frecuencias de longitudes de atún aleta amarilla proveniente del Area 04, en febrero de 1955, usadas para calcular el componente de variación entre una cesta y otra asociado con los métodos de muestreo 2, 3 y 4.

Class interval (mm.)	SAMPLE					
	1		2		3	
	Basket		Basket		Basket	
	1	1	2	3	1	
Intervalo de clase (en mm.)	MUESTRA					
	1		2		3	
	Cesta		Cesta		Cesta	
	1	1	2	3	1	
500-519	....	....	....	....	2
520	....	....	....	....	2
540	....	....	2	....	1
560	....	....	....	....	6
580	....	1	1	....	2
600	1	1	2	2	2	
620	3	5	8	5	3	
640	3	3	17	10	10	
660	14	18	15	14	7	
680	10	19	13	11	15	
700	14	10	3	9	11	
720	2	2	1	2	7	
740	2	....	....	....	....
760	1	....	....	....	....
780	....	....	....	....	....
800	....	....	....	....	1
Total	50	59	62	53	69	Total
Mean	688	678	659	673	661	Media
Standard deviation..	32	28	34	29	61	Desviación standard

TABLE 2. Analysis of variance of samples of yellowfin tuna to estimate between-basket component of variance associated with sampling methods two, three and four.

TABLA 2. Análisis de variación de las muestras de atún aleta amarilla para estimar los componentes de variación entre una cesta y otra asociados con los métodos de muestreo 2, 3 y 4.

Source	d.f.	MS	EMS	
	g.l.	MS	EMS	Fuente
Among samples	2	10734	$S^2 + 82 S^2_d$	Entre una muestra y otra
Within samples	290	1645	S^2	Dentro de las muestras
Among baskets....	2	5934*	$S^2_B + 58 S^2_{Bd}$	Entre una cesta y otra
Within baskets....	288	1615	S^2_B	Dentro de las cestas
<hr/>				
	$S^2_B = 1615$	$S^2_{Bd} = 74$	$S^2 = 1645$	$S^2_d = 112$

* (.01 < P < .05)

S^2_B = within basket component of variance

S^2_{Bd} = among basket component of variance

S^2 = within sample component of variance

S^2_d = among sample component of variance

S^2_B = Componente de variación dentro de las cestas

S^2_{Bd} = Componente de variación entre una cesta y otra

S^2 = Componente de variación dentro de las muestras

S^2_d = Componente de variación entre una muestra y otra

MS = mínimos cuadrados

EMS = mínimos cuadrados esperados

TABLE 3. Length-frequency samples of skipjack taken from the upper, middle and lower one third portions of three wells to estimate size-depth stratification within sampling units.

TABLA 3. Muestras de frecuencias de longitudes de barriletes obtenidos de los tercios superior, medio e inferior de tres bodegas, para estimar la estratificación de tamaños dentro de las unidades de muestreo.

Class interval (mm.)	WELL NUMBER									
	1			2			3			
	Porción			Porción			Porción			
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	
	NUMERO DE BODEGA									
Intervalo de clase (en mm.)	1			2			3			
	Porción			Porción			Porción			
	Superior	Media	Inferior	Superior	Media	Inferior	Superior	Media	Inferior	
410-419	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
420	1	—	1	1	—	—	—	—	—	
430	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
440	—	—	—	4	5	1	—	—	—	
450	—	—	—	5	3	11	—	—	—	
460	1	—	2	21	4	31	—	—	—	
470	6	2	3	37	17	29	—	—	—	
480	11	5	3	29	17	29	—	—	—	
490	18	11	12	32	13	27	—	—	—	
500	17	13	16	24	23	15	—	—	—	
510	7	14	18	7	14	18	—	—	—	
520	6	8	14	3	3	3	—	—	—	
530	3	3	3	1	—	—	—	—	—	
540	1	3	5	—	1	—	1	—	1	
550	—	—	3	1	—	—	—	—	—	
560	2	1	—	—	—	—	1	—	—	
570	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
580	—	2	—	—	—	—	1	1	—	
590	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
600	—	—	—	—	—	—	1	—	1	
610	—	—	—	—	—	—	1	3	—	
620	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
630	—	—	—	—	—	—	3	3	4	
640	—	—	—	—	—	—	6	5	3	
650	—	—	—	—	—	—	5	7	6	
660	—	—	—	—	—	—	2	2	4	
670	—	—	—	—	—	—	1	2	6	
680	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
690	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
700	—	—	—	—	—	—	1	—	—	
Total	73	62	80	165	100	164	24	24	28	Total
Mean	501	512	511	485	492	485	638	644	648	Media

TABLE 4. Length-frequency samples of yellowfin tuna taken from the upper, middle and lower one third portions of three wells to estimate size-depth stratification within sampling units.

TABLA 4. Muestras de frecuencias de longitudes de atún aleta amarilla obtenidos de los tercios superior, medio e inferior de tres bodegas, para estimar la estratificación de tamaños dentro de las unidades de muestreo.

Class interval (mm.)	WELL NUMBER									
	1			2			2			
	Porción			Porción			Porción			
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower	
	NUMERO DE BODEGA									
Intervalo de clase (en mm.)	1			2			3			
	Porción			Porción			Porción			
	Superior	Media	Inferior	Superior	Media	Inferior	Superior	Media	Inferior	
400-419	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
440	—	—	—	4	2	—	—	—	—	
460	—	1	4	12	3	4	—	—	—	
480	5	—	7	7	6	3	—	—	—	
500	1	4	3	5	9	4	—	—	—	
520	3	14	7	2	5	4	—	—	—	
540	22	38	30	6	8	4	1	—	—	
560	26	38	28	7	3	1	—	—	2	
580	9	11	11	1	1	—	2	—	—	
600	3	4	3	—	—	—	3	4	1	
620	1	2	—	—	—	—	4	2	5	
640	—	—	1	—	—	—	6	13	9	
660	1	—	—	—	—	—	6	4	10	
680	—	—	—	—	—	—	4	6	5	
700	—	—	—	—	—	—	3	4	4	
720	—	—	—	—	—	—	5	6	2	
740	—	—	—	—	—	—	4	1	7	
760	—	—	—	—	—	—	—	4	5	
780	—	—	—	—	—	—	2	1	—	
800	—	—	—	—	—	—	2	1	1	
820	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
840	—	—	—	—	—	—	—	4	1	
860	—	1	—	—	—	—	1	—	1	
880	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
900	—	—	—	—	—	—	—	1	—	
920	—	—	—	—	—	—	1	—	—	
940	—	—	—	—	—	—	—	1	1	
960	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
980	—	—	—	—	—	—	—	2	1	
1000	—	—	1	—	—	—	—	—	—	
1020	—	—	—	—	—	—	—	1	1	
1040	—	—	—	—	—	—	2	—	—	
1060	—	—	—	—	—	—	1	—	—	
1080	—	—	—	—	—	—	—	1	—	
1100	—	—	—	—	—	—	—	1	—	
1120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1200	—	—	—	—	—	—	—	1	—	
1380	—	—	—	—	—	—	—	1	—	
Total	71	113	95	44	37	20	48	60	59	Total
Mean	562	562	558	508	519	514	722	761	720	Media

TABLE 5. Analysis of variance of length-frequency samples of yellowfin tuna and skipjack taken from the upper, middle, and lower one third portion of wells to test size-depth of stratification within sampling units.

TABLA 5. Análisis de variación de las muestras de frecuencias de longitudes de atún aleta amarilla y barrilete obtenidos de los tercios superior, medio e inferior de varias bodegas, para probar la estratificación de tamaños dentro de las unidades de muestreo.

Source	Skipjack		Yellowfin		Fuente
	d.f.	MS	d.f.	MS	
	Barrilete		Atún aleta amarilla		
	g.l.	MC	g.l.	MC	
Wells	2		2		Bodegas
Portions	6	1613**	6	10747	Porciones
Error	711	451	538	6383	Error

** P < .01

TABLE 6. Tabulation of the mean length (in mm.) of skipjack and yellowfin tuna samples taken from the upper, middle and lower one third portion of wells to illustrate size-depth stratification within sampling units.

TABLA 6. Tabulación de las longitudes promedio (en mm.) de las muestras de barrilete y atún aleta amarilla obtenidas de los tercios superior, medio e inferior de las bodegas para ilustrar la estratificación de tamaños dentro de las unidades de muestreo.

Portion	SKIPJACK			YELLOWFIN			Porción
	Well No.			Well No.			
	1	2	3	1	2	3	
	BARRILETE			ATUN ALETA AMARILLA			
	Bodega No.			Bodega No.			
	1	2	3	1	2	3	
Upper	501	485	638	562	508	722	Superior
Middle	512	492	644	562	519	761	Media
Lower	511	485	648	558	514	720	Inferior

TABLE 7. Total lengths of yellowfin tuna (in mm.) used to compare measurements taken with calipers and measuring board.

TABLA 7. Longitudes totales de atún aleta amarilla (en mm.) usadas para comparar las medidas obtenidas mediante calibradores y las obtenidas mediante tablas graduadas.

Fish No.	OBSERVER A			OBSERVER B		
	Calipers X_1	Board X_2	D $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	Calipers X_1	Board X_2	D $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$
Pescado No.	PERSONA A			PERSONA B		
	Calibradores X_1	Reglas X_2	Dif. $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	Calibradores X_1	Reglas X_2	Dif. $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$
1	585	581	4	617	609	8
2	780	774	6	728	720	8
3	762	750	12	742	737	5
4	601	590	11	610	606	4
5	687	679	8	688	688	0
6	582	577	5	596	588	8
7	600	595	5	559	554	5
8	588	579	9	717	714	3
9	743	740	3	691	688	3
10	813	806	7	711	709	2
11	730	718	12	616	712	-96*
12	622	619	3	748	704	44*
13	682	680	2	745	738	7
14	647	646	1	688	678	10
15	636	625	11	630	624	6
16	601	593	8	578	570	8
17	720	722	-2	709	704	5
18	704	703	1	707	707	0
19	740	740	0	596	590	6
20	586	580	6	744	742	2
21	573	575	-2	673	668	5
22	682	675	7	746	738	8
23	746	740	6	682	674	8
24	710	709	1	657	653	4
25	716	709	7	586	577	9
26	655	643	12	623	617	6
27	636	620	16	578	574	4
28	581	665	-84*	705	699	6
29	752	738	14	715	705	10
30	661	657	4	655	654	1
31	673	670	3	725	719	6
32	655	653	2	640	629	11
33	596	590	6	744	740	4
34	689	679	10	599	593	6
35	715	703	12	652	644	8
36	691	684	7	644	645	-1
37	623	613	10	580	577	3
38	751	741	10	595	594	1
39	717	708	9	738	734	4
40	751	740	11	600	593	7
41	741	739	2	717	712	5
42	718	714	4	585	582	3
43	690	683	7	685	677	8
44	619	605	14	809	804	5
45	612	608	4	757	712	45*
46	594	585	9	769	769	0
47	561	557	4	682	678	4
48	731	722	9	585	580	5
\bar{d}			6.6			5.1

* Omitted from calculation, measurements obviously misrecorded.

* Omitido de los cálculos, medición evidentemente equivocada

TABLE 8. Statistics and test of significance of experiment to estimate differences between measurements of total length taken with measuring board and calipers.

TABLA 8. Estadísticas y pruebas de significación del experimento efectuado para estimar las diferencias entre las medidas de longitud total obtenidas con tablas graduadas y calibradores.

	OBSERVER A	OBSERVER B
	PERSONA A	PERSONA B
n	47	45
\bar{d}	6.6	5.1
$S^2_{\bar{d}}$	0.40	0.19
t_o	11.00**	12.75**

** $P < .01$

n = number of specimens

\bar{d} = mean difference

$S^2_{\bar{d}}$ = variance of mean difference

$t_o = d/S_{\bar{d}}$

n = número de ejemplares

\bar{d} = diferencias promedio

$S^2_{\bar{d}}$ = variación de las diferencias promedio

TABLE 9. Total lengths (in mm.) of fish in three experiments used for estimating measurement differences between individuals.

TABLA 9. Longitudes totales (en mm.) de los ejemplares medidos en tres experimentos para determinar las diferencias entre medidas por diversas personas.

		EXPERIMENT								
		1*			2*			3**		
		Observer		D	Observer		D	Observer		D
Fish No.		A	B	(X ₁ -X ₂)	A	B	(X ₁ -X ₂)	A	B	(X ₁ -X ₂)
		X ₁	X ₂		X ₁	X ₂		X ₁	X ₂	
EXPERIMENTO										
		1*			2*			3**		
		Persona		D	Persona		D	Persona		D
Pescado No.		A	B	(X ₁ -X ₂)	A	B	(X ₁ -X ₂)	A	B	(X ₁ -X ₂)
		X ₁	X ₂		X ₁	X ₂		X ₁	X ₂	
1		834	832	2	568	567	1	456	459	-3
2		804	800	4	498	488	10	472	465	7
3		656	650	6	631	626	5	467	463	4
4		773	772	1	474	471	3	479	483	-4
5		754	757	-3	540	537	3	470	464	6
6		752	750	2	605	599	6	517	514	3
7		763	761	2	639	637	2	426	418	8
8		798	797	1	587	583	4	438	436	2
9		806	805	1	516	513	3	462	459	3
10		858	853	5	579	585	-6	529	528	1
11		814	815	-1	595	592	3	523	518	5
12		776	771	5	570	568	2	486	479	7
13		803	798	5	595	593	2	426	423	3
14		828	824	4	585	584	1	513	510	3
15		655	652	3	610	614	-4	468	464	4
16		814	815	-1				492	488	4
17		811	808	3				513	510	3
18		794	789	5				498	492	6
19		780	775	5				487	486	1
20		705	692	13				419	414	5
21		767	763	4				481	481	0
22		759	759	0				532	525	7
23		813	809	4				588	589	-1
24		850	848	2				547	543	4
25		850	849	1				553	554	-1
\bar{d}				2.9			3.0			3.1

* Yellowfin

** Skipjack

* Atún aleta amarilla

** Barrilete

TABLE 10. Statistics and test of significance of experiments to estimate observer differences in measurement of fish.

TABLA 10. Estadísticas y pruebas de significación de los experimentos realizados para estimar las diferencias en las medidas obtenidas por diversas personas al medir los peces.

	EXPERIMENT		
	1	2	3
	EXPERIMENTO		
	1	2	3
n	25	15	25
\bar{d}	2.9	3.0	3.1
$S^2_{\bar{d}}$	0.38	0.68	0.40
t_o	4.71**	3.66**	4.89**

** P < .01

TABLE 11. Total lengths (in mm.) of fish measured fresh *before* storage and at time of unloading *after* freezing and storage aboard commercial tuna boats (storage time in days below sample number).

TABLA 11. Longitudes totales (en mm.) de pescados medidos en estado fresco *antes* del almacenamiento y de los medidos a la hora de descarga, *después* de haber sido congelados y almacenados a bordo de barcos atuneros (los días de almacenamiento se han tabulado debajo de las muestras).

SAMPLE												
Fish	1 (Yellowfin) 39			2 (Skipjack) 39			3 (Skipjack) 65			4 (Skipjack) 109		
	Before X_1	After X_2	D (X_1-X_2)	Before X_1	After X_2	D (X_1-X_2)	Before X_1	After X_2	D (X_1-X_2)	Before X_1	After X_2	D (X_1-X_2)
MUESTRAS												
Pescado	1 (Atún aleta amarilla) 39			2 (Barrilete) 39			3 (Barrilete) 65			4 (Barrilete) 109		
	Antes X_1	Después X_2	D (X_1-X_2)	Antes X_1	Después X_2	D (X_1-X_2)	Antes X_1	Después X_2	D (X_1-X_2)	Antes X_1	Después X_2	D (X_1-X_2)
1	860	859	1	641	634	7	468	466	2	607	601	6
2	850	846	4	710	705	5	580	574	6	561	556	5
3	853	832	21	533	528	5	627	616	11	616	607	9
4	870	855	15	602	589	13	553	544	9	570	557	13
5	852	842	10	495	488	7	561	559	2	550	546	4
6	881	883	-2	690	680	10	536	541	-5	529	517	12
7	889	878	11	726	720	6	597	586	11	569	563	6
8	903	841*	....	585	575	10	562	558	4	601	596	5
9	681	678	3	702	685*	....	537	529	8	508	508	0
10				466	445*	....	590	577	13	531	524	7
11				706	702	4	577	571	6	526	516	10
12				621	610	11	591	584	7	472	471	1
13				642	631	11	486	481	5	540	532	8
14				662	640	22	528	523	5	549	544	5
15				603	597	6	571	567	4	481	479	2
16				729	727	2	558	554	4	525	519	6
17				747	744	3	602	596	6	490	491	-1
18				511	499	12	590	589	1	495	498	-3
19							561	551	10	570	561	9
20							607	605	2	612	606	6
21							477	461	16	592	583	9
22							523	519	4	612	604	8
23							579	568	11	616	613	3
24							612	595	17	564	560	4
25							631	620	11	626	623	3
26							523	515	8	619	618	1
27							584	574	10			
\bar{d}			7.9			8.4			7.0			5.3

*Broken caudal peduncles and very great distortion—would not have been measured in routine sampling and not included in computations here.

*Pedúnculo caudal roto y ejemplar muy torcido—no hubiera sido medido en muestreos rutinarios y por lo tanto desechado en estos cálculos.

TABLE 12. Statistics and tests of significance for samples used to estimate differences between total lengths of fish measured before and after freezing, storage, and handling aboard commercial fishing vessels.

TABLA 12. Estadísticas y pruebas de significación de las muestras usadas para calcular las diferencias entre las longitudes totales de pescados medidos antes y después del congelado, almacenamiento y manejo a bordo de los barcos pesqueros comerciales.

Sample	1	2	3	4
Muestra	1	2	3	4
n	8	16	27	26
\bar{d}	7.9	8.4	7.0	5.3
$S^2_{\bar{d}}$	7.5	1.5	0.9	0.6
t_o	2.9*	6.9*	7.5**	6.9**

* (.01 < P < .05)

** (P < .01)

TABLE 13. Data selected from routine collections of 1954-1955 for comparison of sampling methods.**TABLA 13. Datos seleccionados de las recolecciones rutinarias de 1954-1955 para la comparación de los diversos métodos de muestreo.**

Form and type of analysis	Species	Set	Area	Month	Gear**	Year	Sampling Methods Involved				Forma y tipo de análisis	Especies
							1	2	3	4		
							Método de Muestreo					
		Juego	Area	Mes	Equipo**	Año	1	2	3	4		
Uni-Modal Mean Size	YF	1	04	02	BB	55	x	x	—	—	Unimodal Tamaño promedio	Atún aleta amarilla
		2	08	04	PS	55	x	x	x	—		
		3	06	12	BB	54	x	—	x	—		
	SJ	1	05	06	BB	55	x	—	x	x	Barrilete	
		2	06	11	BB	54	x	—	x	x		
		3	06	09	BB	55	x	x	x	x		
		4	06	12	BB	55	x	x	x	x		
		5	01	07	BB	55	x	—	x	x		
		6	01	08	BB	55	x	—	x	x		
Bi-modal Mean Size	YF	1*	01	12	BB	55	x	x	x	x	Bimodal Tamaño promedio	Atún aleta amarilla
		2	06	12	BB	54	x	—	x	—		
	SJ	2	07	01	BB	55	x	x	—	—		
Bi-modal % age group	YF	1*	01	12	BB	55	x	x	x	x	Bimodal % del grupo de edades	Atún aleta amarilla
		2	05	05	BB	55	x	—	x	x		
		3	05	03	BB	55	x	x	x	—		
	SJ	1	05	03	BB	55	x	x	x	—		

* Same data

** BB = Baitboat; PS = Purse seiner

* Los mismos datos.

** BB = Barcos que pescan con cebo vivo;

PS = Barcos que pescan con redes de cerco.

TABLE 14. Length-frequencies (in mm.) of uni-modal, near-normal samples of skipjack selected from routine collections (1954-55) for comparing sampling method estimates of mean size. Tabulated by set and sampling method.

TABLA 14. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras unimodales, casi normales de barrilete, seleccionadas de muestreos rutinarios (1954-55) para comparar las estimaciones de tamaño medio, obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo.

Set-Juego	1						2						3																		
Method-Método	1		3		4		1		3		4		1			2			3												
Sample-Muestra	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Length-class																															
Clase																															
410-419	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
430	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
450	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
470	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
480	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
490	6	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	7	2	4	3	4	1	7	8	1	6	2	7	3	24	8	36	8	62	46	16	24	19	15	29	9	8	36	15	26	20	29
510	11	3	4	4	7	3	11	10	6	9	4	14	3	4	10	25	5	28	39	10	20	6	13	24	34	20	37	36	34	41	36
520	14	5	7	9	6	6	15	17	22	14	6	20	9	4	2	13	2	9	28	2	12	7	7	18	49	31	43	48	44	37	39
530	22	8	15	14	15	2	15	10	12	24	23	25	9	2	—	3	1	1	9	2	—	3	6	11	31	51	21	25	18	27	17
540	24	11	14	9	18	10	25	16	23	34	13	20	13	—	1	2	—	1	9	3	—	3	2	6	18	24	11	17	10	15	1
550	23	13	9	10	19	8	22	21	12	25	30	24	6	—	1	—	—	1	3	2	1	—	2	1	3	10	3	3	3	8	3
560	17	7	14	18	11	11	19	28	24	20	32	13	8	—	—	—	—	—	3	—	—	1	—	2	—	4	—	1	1	3	—
570	12	3	2	18	10	6	13	12	18	7	28	13	5	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—
580	5	3	1	6	2	4	8	10	10	3	25	4	5	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
590	7	1	2	3	—	4	3	5	11	6	14	5	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
600	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
610	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
620	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
650	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
660	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	166	58	75	100	100	57	164	147	157	157	196	153	77	135	48	135	50	421	215	78	109	64	100	107	153	151	166	154	156	166	
\bar{x}	548	553	549	558	548	562	551	554	560	552	571	542	550	488	499	503	494	485	508	497	498	504	499	516	524	532	518	523	519	522	
S*	33	23	23	28	28	26	35	28	31	25	28	26	37	18	18	16	17	20	22	23	18	20	21	18	16	14	15	16	19	18	

TABLE 14. Length-frecuencies (in mm.) of uni-modal, near-normal samples of skipjack selected from routine collections (1954-55) for comparing sampling method estimates of mean size. Tabulated by set and sampling method.

TABLA 14. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras unimodales, casi normales de barrilete, seleccionadas de muestreos rutinarios (1954-55) para comparar las estimaciones de tamaño medio, obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo.

Set-Juego Method-Método Sample-Muestra	3 (cont.)										4										5																
	2		3			4					1					3					4					1				3				4			
	1	2	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	1	2				
Length-class Clase																																					
410-419.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
420.....	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
430.....	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
440.....	3	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
450.....	3	1	—	2	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
460.....	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
470.....	—	4	—	7	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
480.....	—	9	3	9	1	6	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
490.....	4	31	12	11	3	—	11	5	6	1	11	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
500.....	6	41	19	26	12	12	33	7	10	3	15	5	6	3	25	15	22	8	7	8	7	3	10	9	8	9	8	12	22	13	25	25	14	—	—		
510.....	19	41	47	32	48	23	39	16	20	23	14	14	9	13	38	14	32	17	13	15	13	9	8	13	5	10	2	9	31	11	16	25	9	—	—		
520.....	24	26	35	17	74	38	40	21	49	19	12	31	18	28	46	18	41	28	25	36	16	19	23	4	5	10	4	14	17	11	18	17	7	—	—		
530.....	25	8	26	11	43	32	16	10	38	38	16	34	45	51	51	26	28	32	34	37	32	24	26	4	3	4	—	7	6	3	3	8	4	—	—		
540.....	10	6	3	8	11	16	4	11	9	37	20	31	35	53	23	31	17	49	56	35	44	25	27	4	—	1	1	—	1	2	3	5	6	—	—		
550.....	13	2	1	5	4	7	5	2	4	14	14	15	26	28	15	17	5	19	32	30	21	9	8	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
560.....	4	—	1	2	2	—	1	2	2	7	3	10	7	7	5	6	—	4	17	7	6	4	4	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
570.....	1	—	—	2	1	1	2	3	—	2	1	4	—	2	2	2	1	—	1	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
580.....	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
590.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
600.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
610.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
620.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
630.....	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
640.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
650.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
660.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Total.....	115	169	147	138	200	135	159	80	139	150	150	151	151	188	245	186	171	159	190	173	149	95	154	83	52	57	125	123	124	57	164	156	135	—	—		
\bar{x}	523	510	518	513	526	526	518	526	525	533	512	538	538	538	521	517	520	535	540	536	535	535	513	495	501	503	472	495	506	514	494	502	488	—	—		
S^*	29	16	14	27	13	16	21	23	14	19	32	21	17	14	22	31	19	16	17	16	22	15	33	27	27	22	26	29	23	23	25	24	27	—	—		

TABLE 14. Length-frecuencies (in mm.) of uni-modal, near-normal samples of skipjack selected from routine collections (1954-55) for comparing sampling method estimates of mean size. Tabulated by set and sampling method.

TABLA 14. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras unimodales, casi normales de barrilete, seleccionadas de muestreos rutinarios (1954-55) para comparar las estimaciones de tamaño medio, obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo.

Set-Juego	6										7										8										9																								
Method-	1					3					4					1					3					4					2					3					2					4									
Sample-	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10									
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Length-class																																																							
Clase																																																							
410-419.....																																																							
420.....																																																							
430.....																																																							
440.....																																																							
450.....																																																							
460.....																																																							
470.....																																																							
480.....																																																							
490.....																																																							
500.....																																																							
510.....																																																							
520.....																																																							
530.....																																																							
540.....																																																							
550.....																																																							
560.....																																																							
570.....																																																							
580.....																																																							
590.....																																																							
600.....																																																							
610.....																																																							
620.....																																																							
630.....																																																							
640.....																																																							
650.....																																																							
660.....																																																							
Total.....	125	131	100	38	170	140	183	170	164	175	44	115	150	151	125	76	114	125	125	85	125	166	165	153	162	152	148	133	201	180	125	151	142	167	169	156	178	171																	
\bar{x}	529	526	495	548	528	537	528	538	525	530	526	508	543	531	563	556	558	546	553	567	554	544	567	549	553	557	552	564	544	535	527	567	576	564	512	517	517	517																	
S*.....	34	28	29	28	30	27	31	28	35	29	20	31	25	24	24	33	32	31	28	30	22	30	29	26	27	31	24	20	36	26	28	20	18	20	18	16	19	23																	

* S = Standard deviation

TABLE 15. Length-frequencies (in mm.) of uni-modal, near-normal samples of yellowfin tuna selected from routine collections (1954-55) for comparison of sampling method estimates of mean size. Tabulated by set and sampling method.

TABLA 15. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras unimodales (casi normales) de atún aleta amarilla seleccionadas de los muestreos rutinarios (1954-1955) para la comparación de las estimaciones de tamaño medio obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo.

Set	1				2						3							
	1		2		2		2		3		1		3					
Method	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	
Sample	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	
Juego																		
Método																		
Muestra																		
Length-class																		
440-459	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
460	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	11
500	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	8
520	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	1
540	3	—	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	12
560	1	1	2	1	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	—
580	6	6	—	1	—	2	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
600	16	18	5	12	1	5	2	2	—	2	—	1	—	—	1	—	4	—
620	36	24	15	16	3	18	3	3	—	3	—	1	1	2	1	1	3	1
640	27	24	17	20	3	30	10	1	1	5	3	—	—	1	2	4	1	—
660	28	31	23	23	14	47	7	3	2	4	3	6	1	3	1	1	3	—
680	21	26	39	19	10	43	15	2	4	5	4	—	1	9	8	11	2	—
700	8	9	21	6	14	22	11	7	11	18	10	4	5	13	9	8	4	—
720	1	6	9	2	2	5	7	17	19	41	28	17	5	20	33	23	18	—
740	1	3	3	—	2	—	—	17	19	48	34	33	19	27	27	32	19	—
760	1	1	1	—	1	—	—	16	20	43	24	26	12	22	18	34	28	—
780	—	1	—	—	—	—	—	7	16	17	11	15	4	16	8	23	19	—
800	—	—	—	—	—	—	1	6	8	7	7	3	1	7	5	8	16	—
820	—	—	—	—	—	—	—	3	2	6	4	1	1	4	1	7	4	—
840	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1	1	—	—	1	—	2	2	—
860	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	1	—	—
880	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	1	1
900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Total	150	150	135	102	50	174	69	88	104	201	132	107	50	127	114	158	126	26
x	650	660	677	654	688	669	660	742	755	746	752	751	749	751	741	756	755	547
S*	38	40	36	42	32	31	61	55	39	42	41	36	34	45	37	48	56	38

* S = Standard Deviation.

* Desviación standard.

TABLE 16. Analyses of variance of routinely collected, uni-modal length-frequency samples to compare sampling method estimates of mean size. All sets combined.

TABLA 16. Análisis de variación de muestras de frecuencias de longitudes uni-modales, obtenidas rutinariamente para comparar las estimaciones de tamaño medio, obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. Todos los juegos o grupos de datos combinados.

Species	Source	d.f.	MS	EMS	Especies	Fuente
		g.l.	MC	MCE		
Yellow-fin	Methods	4	22236	$S^2 + 124 S_d^2 + k^{***} T_i^2$	Atún aleta amarilla	Métodos Muestras Error
	Samples	18	13766**	$S^2 + 101 S_d^2$		
	Error	2705	1610	S^2		
Skip-jack	Methods	18	24906*	$S^2 + 142 S_d^2 + k^{***} T_i^2$	Barrilete	Métodos Muestras Error
	Samples	77	11016**	$S^2 + 134 S_d^2$		
	Error	14403	588	S^2		

* .05 > P > .01

** P < .01

$$*** k = \frac{1}{n-1} \sum_i (\sum_j n_{ij})^2 ; \text{ where } \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n \text{ methods} \\ j = 1, 2, \dots, n_i \text{ samples per method} \\ k = 1, 2, \dots, n_{ij} \text{ fish per sample} \end{array}$$

S^2 = within sample component of variance

S_d^2 = among sample component of variance

T_i^2 = differential effect of i^{th} method

See Table 30 for estimates of components

; donde $i = 1, 2, \dots, n$ métodos

$j = 1, 2, \dots, n_i$ muestras en cada método

$k = 1, 2, \dots, n_{ij}$ ejemplares en cada muestra

S^2 = Componente de variación dentro de las muestras

S_d^2 = Componente de variación entre una muestra y otra

T_i^2 = Efecto diferencial del método i^{th}

(Ver Tabla 30 para las estimaciones de los componentes de variación)

TABLE 17. Analyses of variance of individual sets of routinely collected, uni-modal skipjack length-frequency samples to compare sampling method estimates of mean size.

TABLA 17. Análisis de variación de los juegos o grupos de datos (por separado) obtenidos de los muestreos rutinarios de distribuciones de frecuencias de longitudes unimodales del barrilete, con el objeto de comparar las estimaciones de tamaño medio obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo.

Set	1		2		3		4		5		Juego
	d.f.	MS	d.f.	MS	d.f.	MS	d.f.	MS	d.f.	MS	
Methods	2	11834	2	40251*	3	4131	3	19845	2	1936	.... Métodos
Samples	10	6919**	8	7566**	14	4921**	10	16146**	7	16593**	.... Muestras
Error	1594	853	1451	389	2682	327	2298	485	1066	647	.... Error
Set	6		7		8		9				Juego
Methods	2	3170	2	5092	1	250980*	1	835				.... Métodos
Samples	11	20974**	12	10115**	3	5869**	2	1149*			.... Muestras
Error	1842	834	2040	822	760	524	670	370			.... Error

* .01 < P < .05

** P < .01

See Table 30 for estimates of components.

(Ver Tabla 30 para las estimaciones de los componentes de variación)

TABLE 18. Tabulation, for skipjack, of method means (in mm.) and deviation from set mean. Uni-modal frequency distributions from routine data.

TABLA 18. Tabulación (en mm.) de las medias de las longitudes obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo en el barrilete, y de las desviaciones de dichas medias con respecto a la media de los juegos o grupos de datos. Frecuencias de longitudes de las distribuciones unimodales proporcionadas por los datos obtenidos en los muestreos rutinarios.

Set Juego	METHOD-METODO								
	1		2		3		4		\bar{x}
	\bar{x}	$(\bar{x}-\bar{x})$	\bar{x}	$(\bar{x}-\bar{x})$	\bar{x}	$(\bar{x}-\bar{x})$	\bar{x}	$(\bar{x}-\bar{x})$	
1	552	(2)	—	—	558	(8)	544	(-6)	550
2	490	(-7)	—	—	503	(6)	507	(10)	497
3	521	(1)	515	(-5)	520	(0)	523	(3)	520
4	532	(3)	519	(-10)	533	(4)	526	(-3)	529
5	495	(0)	—	—	499	(4)	495	(0)	495
6	526	(-2)	—	—	530	(2)	529	(1)	528
7	557	(3)	—	—	562	(8)	552	(-2)	554
8	—	—	532	(-22)	569	(15)	—	—	554
9	—	—	515	(-1)	—	—	516	(0)	516
$\frac{\sum(\bar{x}-\bar{x})}{N}$		0.0		-9.5		5.9		0.4	

TABLE 19. Length-frequencies (in mm.) of bi-modal samples of yellowfin tuna selected from routine collections (1954-55) for comparison of sampling method estimates of mean size of age groups. Tabulated by sampling method. Heavy line indicates point of division of frequency distributions into age groups.

TABLA 19. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras bimodales de atún aleta amarilla obtenidas en muestreos rutinarios (1954-55) para comparar las estimaciones de tamaño medio de grupos de edades obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. La línea gruesa indica el punto de división de la distribución de frecuencias en los dos grupos de edades.

Age group	Set Method Sample	1															
		1					2		3			4					
Grupos de edad	Juego Método Muestra	1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	5
A	Length-class Clase																
	500-519	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	520	—	2	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
	540	—	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—
	560	1	6	—	2	3	—	—	—	1	1	—	1	—	3	2	—
	580	—	3	2	5	3	1	2	—	1	7	2	2	1	1	6	5
	600	2	4	4	9	4	3	9	—	2	10	3	3	11	4	10	8
	620	8	18	9	19	10	4	14	—	5	14	9	9	9	10	13	11
	640	12	15	8	44	21	3	18	—	3	23	1	6	13	12	28	22
	660	38	5	13	44	20	3	19	—	8	34	15	6	38	25	24	32
	680	32	4	14	65	39	10	18	—	14	50	28	8	40	35	46	39
	700	37	2	13	73	38	4	8	1	7	41	19	2	37	39	27	23
	720	13	1	1	30	6	5	9	—	3	7	7	3	13	10	9	12
	740	5	—	2	7	—	1	—	—	1	2	—	—	2	6	3	—
	760	—	2	—	—	2	2	—	1	—	1	—	—	1	1	1	1
	780	—	1	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	1	1	—	—
B	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
	820	—	1	—	—	—	2	—	2	—	—	—	2	—	2	—	—
	840	—	3	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	1	—
	860	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—
	880	—	3	3	—	—	4	—	5	—	—	—	—	1	—	—	—
	900	—	3	2	—	—	6	—	—	—	2	—	—	—	—	1	—
	920	—	3	4	—	—	10	—	1	—	1	—	—	1	2	2	—
	940	—	3	4	—	—	7	—	9	—	—	—	—	—	2	2	—
	960	—	4	4	—	—	12	—	4	—	1	—	—	—	2	6	—
	980	—	13	7	—	—	13	—	7	—	2	—	—	—	4	3	—
	1000	—	6	8	3	—	22	—	8	—	1	—	—	1	1	3	—
	1020	—	7	11	—	—	34	—	19	—	1	—	—	—	6	4	—
	1040	—	18	10	2	—	38	—	18	—	2	—	—	—	10	2	—
	1060	—	9	13	1	—	34	—	22	—	2	—	—	—	9	1	—
	1080	—	19	8	6	—	35	—	17	—	1	—	—	—	9	1	—
	1100	—	14	4	2	—	12	—	12	—	1	—	—	—	4	—	—
	1120	—	2	1	1	—	7	—	5	—	1	—	—	—	4	—	—
	1140	—	5	3	2	—	3	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—
	1160	—	—	—	—	—	6	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—
	1180	—	3	2	—	—	—	—	3	—	—	—	1	—	—	—	—
	1200	—	2	—	1	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—
	1220	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	4	—	—	—	—
	1240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
	1260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
	1280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
	1320	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
Total	A	148	64	66	301	147	37	98	3	44	191	85	39	168	144	171	155
Total	B	—	119	84	18	—	249	—	138	—	17	—	14	7	54	29	—
\bar{x}	A	687	638	671	681	679	685	664	650	678	676	680	660	681	688	671	673
	B	—	1045	1032	1088	—	1037	—	1045	—	1021	—	1248	981	1053	974	—
S	A	31	52	37	38	38	48	38	125	35	37	35	38	37	34	40	37
	B	—	80	66	52	—	67	—	71	—	91	—	48	70	36	68	—

TABLE 20. Length-frequencies (in mm.) of bi-modal samples of skipjack selected from routine collections (1954-55) for comparison of sampling method estimates of mean size of age groups. Tabulated by set and sampling method. Heavy lines indicate class-interval of division into age groups.

TABLA 20. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras bimodales de barrilete seleccionadas de los muestreos rutinarios (1954-55) para comparar las estimaciones del tamaño medio de grupos de edades, obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por juegos o grupos de datos, y por métodos de muestreo. Las líneas gruesas indican los intervalos de clase en los que se produce la división entre los grupos de edades.

Age group	Set Method	1									2									
		1					3				1				2					
		1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	
Grupos de edad	Juego Método Muestra																			
A	Length-class																			
	Clase																			
	380-389	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	1	1	—
	390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	1	20	1	4	—
	400	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	2	43	3	10	1
	410	3	1	16	—	—	—	—	2	—	1	2	7	2	13	63	7	30	7	
	420	5	—	8	—	2	1	—	9	—	3	1	9	5	28	48	14	24	22	
	430	8	2	20	5	—	2	—	16	1	6	8	19	3	22	26	18	26	39	
	440	8	1	15	2	1	1	—	10	—	8	11	20	1	25	9	28	25	68	
B	450	9	2	9	5	—	4	1	3	1	3	21	13	6	17	3	23	17	63	
	460	5	6	10	5	—	4	8	2	—	10	21	8	—	9	—	14	20	55	
	470	7	14	13	12	3	11	8	8	2	2	12	6	1	12	—	17	12	43	
	480	14	12	11	16	5	20	17	4	2	1	21	5	2	4	1	14	17	23	
	490	16	20	7	19	8	18	25	7	4	1	17	1	3	6	1	6	16	13	
	500	19	13	6	26	17	18	20	8	7	—	12	1	3	3	1	5	22	4	
	510	17	17	2	10	14	9	14	7	8	—	5	2	2	—	4	10	1		
	520	8	7	2	15	13	9	4	11	6	—	7	3	—	5	1	3	12	1	
	530	2	3	1	4	4	2	5	6	5	—	4	2	4	—	2	4	3	2	
	540	—	2	—	5	2	—	1	3	14	1	5	—	—	1	—	1	1	—	
	550	2	—	—	1	1	—	—	2	9	2	1	—	1	—	—	2**	2	—	
	560	—	—	—	—	1	—	—	1	11	4	2*	—	2	—	—	1*	4	—	
	570	—	—	—	—	—	1	1	13	3	—	1*	2	—	—	—	—	—	—	
	580	—	—	—	—	—	1	—	16	12	—	—	8	—	—	1*	—	—	—	
	590	—	—	—	—	—	—	—	16	9	—	—	8	—	—	—	—	—	—	
	600	—	—	—	—	—	—	—	23	17	—	—	22	—	—	—	—	—	—	
	610	—	—	—	—	—	—	—	15	14	—	1*	20	—	—	—	—	—	—	
	620	—	—	—	—	—	—	—	8	10	—	—	14	—	—	—	—	2	—	
	630	—	—	—	—	—	—	—	4	9	—	—	5	—	—	—	—	—	—	
	640	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	1	—	
	650	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	
Total	A	28	5	68	9	3	6	—	38	54	37	148	98	37	150	225	164	251	342	
Total	B	95	95	57	116	68	94	104	62	111	83	—	—	83	—	—	—	8	—	
\bar{x}	A	436	436	430	441	431	441	—	434	520	456	479	451	461	449	419	459	459	456	
	B	498	498	483	501	511	496	498	508	594	606	—	—	608	—	—	—	588	—	
S	A	12	15	14	9	11	12	—	9	26	29	30	29	44	29	21	32	38	21	
	B	21	20	38	13	18	20	20	27	20	22	—	—	18	—	—	—	36	—	

* Not included in computations
 ** One fish not included in computations
 * Excluido de los cálculos
 ** Ejemplar excluido de los cálculos

TABLE 21. Analyses of variance of bi-modal, routinely collected frequency samples of yellowfin tuna and skipjack to test differences among method means.

TABLA 21. Análisis de variación de muestras de frecuencias de longitudes bimodales de atún aleta amarilla y barrilete obtenidas mediante muestreos rutinarios y con el objeto de determinar las diferencias entre las medias obtenidas por los diferentes métodos de muestreo.

Age group	Source	Set 1—Skipjack			Set 2—Skipjack			Set 1—Yellowfin			Fuente
		d.f.	MS	EMS	d.f.	MS	EMS	d.f.	MS	EMS	
Grupo de edad		Juego 1—Barrilete			Juego 2—Barrilete			Juego 1—Atún aleta amarilla			
		g.l.	MC	MCE	g.l.	MC	MCE	g.l.	MC	MCE	
A	Methods	1	204	$S^2 + 38 S_d^2 + kT_i^2$	1	108869	$S^2 + 165 S_d^2 + kT_i^2$	3	2031	$S^2 + 136 S_d^2 + kT_i^2$	Métodos
	Samples	5	381*	$S^2 + 22 S_d^2$	8	64796**	$S^2 + 162 S_d^2$	12	14057**	$S^2 + 142 S_d^2$	Muestras
	Error	150	152	S^2	1496	834	S^2	1845	1443	S^2	Error
B***	Methods	1	210	$S^2 + 91 S_d^2 + kT_i^2$	1	1442	$S^2 + 10 S_d^2 + kT_i^2$	3	2852	$S^2 + 118 S_d^2 + kT_i^2$	Métodos
	Samples	6	5280**	$S^2 + 100 S_d^2$	2	5302**	$S^2 + 97 S_d^2$	6	162138**	$S^2 + 97 S_d^2$	Muestras
	Error	683	438	S^2	281	423	S^2	719	4726	S^2	Error

* $P < .05$

** $P < .01$

*** Second or larger-sized age group

Segundo grupo de edades (o grupo de longitudes más grandes)

See Table 31 for estimates of components

Ver Tabla 31 para las estimaciones de los componentes de variación

TABLE 22. Length-frequency samples of experimental collections of skipjack for comparison of means of sampling methods one and four.

TABLA 22. Frecuencias de longitudes de muestreos experimentales de barrilete efectuados para comparar las medias obtenidas mediante los métodos de muestreo 1 y 4.

Length class	EXPERIMENT							
	2 Origin not recorded		3 Area 07, Dec. 1954			4 Area 06, Nov. 1954		
	Method		Method		Total sampled population	Method		Total sampled population
	1	4	1	4		1	4	
	EXPERIMENTO							
Clase	2 Localidad desconocida		3 Area 07, Dic. 1954			4 Area 06, Nov. 1954		
	Método		Método		Total de la población muestreada	Método		Total de la población muestreada
	1	4	1	4		1	4	
360-369								
370	—	—	—	—	1	—	—	—
380	—	—	—	—	3	—	—	—
390	—	—	1	1	6	—	—	—
400	—	—	8	3	13	—	—	—
410	—	—	7	2	53	—	—	—
420	—	—	17	15	96	—	—	—
430	—	—	33	24	140	—	—	1
440	—	—	24	15	122	—	—	—
450	1	—	12	11	68	1	—	—
460	6	3	15	7	76	2	—	3
470	15	15	12	11	52	6	2	14
480	32	17	7	7	48	22	4	63
490	28	40	3	3	45	40	22	163
500	29	40	5	—	20	41	40	283
510	15	25	—	—	16	47	35	277
520	7	13	—	1	7	20	19	161
530	4	3	—	—	—	15	9	83
540	1	5	—	—	—	9	3	41
550	1	2	—	—	1	4	3	24
560	—	—	—	—	—	—	3	8
570	—	2	—	—	—	2	2	3
580	—	—	—	—	—	—	—	5
590	1	—	—	—	—	—	—	1
Total	140	165	144	100	767	209	142	1130
\bar{x}	497	503	442	448	451	509	513	496
S	20	19	24	24	28	20	18	18

TABLE 23. Length-frequency samples of experimental collections of yellowfin for comparison of means of sampling methods one and four.

TABLA 23. Frecuencias de longitudes de muestras de atún aleta amarilla para la comparación de las medidas obtenidas mediante los métodos de muestreo 1 y 4.

Length class	EXPERIMENT							
	1		2		3		4	
	Origin not recorded		Origin not recorded		Area 07, Dec. 1954		Area 06, Nov. 1954	
	Method		Method		Method	Total sampled population	Method	Total sampled population
	1	4	1	4	1		1	4
	EXPERIMENTO							
	Localidad desconocida		Localidad desconocida		Area 07, Dic. 1954		Area 07, Nov. 1954	
	Método		Método		Método	Total de la población muestreada	Método	Total de la población muestreada
	1	4	1	4	1		1	4
420-439								
440	—	—	—	—	—	—	1	1
460	4	4	—	—	—	—	3	3
480	17	8	—	—	1	1	12	6
500	14	15	2	2	2	23	9	16
520	24	19	13	6	6	31	27	13
540	59	58	30	20	19	75	58	47
560	54	58	25	21	29	179	68	55
580	15	23	19	12	45	187	19	24
600	5	2	8	10	26	111	4	9
620	3	5	2	3	9	42	8	9
640	2	6	1	3	5	19	5	4
660	1	1	—	—	1	8	4	2
680	—	—	—	—	—	3	—	1
700	—	—	—	—	—	1	1	—
720	—	—	—	—	—	—	—	2
740	—	—	—	—	—	—	—	1
Total	198	199	100	77	143	680	219	193
\bar{x}	551	558	567	574	585	584	560	565
S	34	35	27	31	31	32	39	44

TABLE 24. Analysis of variance of experimental sampling data to test differences between estimated mean size of samples collected by sampling methods one and four.

TABLA 24. Análisis de variación de los datos obtenidos mediante muestreos experimentales con el objeto de comparar las diferencias entre los tamaños medios proporcionados por los métodos de muestreo 1 y 4.

Species	Source	d.f.	MS	Fuente	Especies
		g.l.	MC		
Yellowfin	Experiment	2		Experimento	Atún aleta amarilla
	Method	3	3551	Método	
	Error	980	1367	Error	
Skipjack	Experiment	2		Experimento	Barrilete
	Method	3	1514*	Método	
	Error	894	429	Error	

* (.01 < P < .05)

TABLE 25. Individual experiment statistics and tests of significance between estimated mean size of experimental samples collected by methods one and four.

TABLA 25. Estadística de los experimentos individuales y pruebas de significación entre el tamaño medio de las muestras obtenidas mediante los métodos de muestreo 1 y 4.

Experiment	Species	Method	n	\bar{x}	95% C.I.	S^2 ($\bar{x}_1 - \bar{x}_4$)	t_0	
Experimento		Método						Especies
1	Yellowfin	1	198	551	—	11.75	2.03*	Atún aleta amarilla
		4	199	558	—			
2	Skipjack	1	140	497	—	5.00	3.00**	Barrilete
		4	165	503	—			
	Yellowfin	1	100	567	—	19.37	1.66	Atún aleta amarilla
		4	77	574	—			
3	Skipjack	1	144	442	± 4.79	9.87	2.07*	Barrilete
		4	100	448	± 4.67			
		Total sampled population	767	451	—		Total de la población muestreada	
	Yellowfin	1	143	585	± 5.05		Atún aleta amarilla	
		Total sampled population	680	584	—		Total de la población muestreada	
	4	Skipjack	1	209	509	± 2.68	4.34	1.43	Barrilete
4			142	513	± 3.03			
		Total sampled population	1130	496	—		Total de la población muestreada	
Yellowfin		1	219	560	± 5.20	16.64	1.35	Atún aleta amarilla
		4	193	565	± 6.28			
		Total sampled population	1069	560	—		Total de la población muestreada	

* .05 > P > .01

** P < .01

TABLE 26. Length-frequencies (in mm.) of bi-modal samples of yellowfin tuna selected from routine collections (1954-55) for comparison of sampling method estimates of relative proportion of age groups. Tabulated by set and sampling method. Heavy lines indicate class interval of division into age groups. Upper group designated as age group "A" in each set.

TABLA 26. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras bimodales de atún aleta amarilla seleccionadas de muestreos rutinarios (1954-1955) para comparar las estimaciones de proporciones relativas de grupos de edades, obtenidos mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo. Las líneas gruesas indican los intervalos de clase en los que se produce la división en grupos de edades. En cada juego, el grupo superior ha sido designado como grupo de edad "A".

Age group Grupo de edad	Set-Juego Method-Método Sample-Muestra	1																	
		1					2		3				4						
		1	2	3	4	5	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	5		
A	Length-class Clase																		
	440-459.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	460.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	480.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500.....	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	520.....	—	2	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	540.....	—	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—
	560.....	1	6	—	2	3	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	3	2	—
	580.....	—	3	2	5	3	1	2	—	1	7	2	2	1	1	1	6	5	—
	600.....	2	4	4	9	4	3	9	—	2	10	3	3	11	4	10	8	—	—
	620.....	8	18	9	19	10	4	14	—	5	14	9	9	9	10	13	11	—	—
	640.....	12	15	8	44	21	3	18	—	3	23	1	6	13	12	28	22	—	—
	660.....	38	5	13	44	20	3	19	—	8	34	15	6	38	25	24	32	—	—
	680.....	32	4	14	65	39	10	18	—	14	50	28	8	40	35	46	39	—	—
	700.....	37	2	13	73	38	4	8	1	7	41	19	2	37	39	27	23	—	—
	720.....	13	1	1	30	6	5	9	—	3	7	7	3	13	10	9	12	—	—
	740.....	5	—	2	7	—	1	—	—	1	2	—	—	2	6	3	—	—	—
	760.....	—	2	—	—	2	2	—	1	—	1	—	—	1	1	1	1	—	—
	780.....	—	1	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	—
B	800.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	820.....	1	1	—	—	2	2	—	2	—	—	—	—	2	—	2	—	—	—
	840.....	1	3	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—
	860.....	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—
	880.....	—	3	3	—	—	4	—	5	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	900.....	—	3	2	—	1	6	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—
	920.....	—	3	4	—	—	10	—	1	—	1	—	—	1	2	2	—	—	—
	940.....	—	3	4	—	—	7	—	9	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—
	960.....	—	4	4	—	—	12	—	4	—	1	—	—	—	2	6	—	—	—
	980.....	—	13	7	—	—	13	—	7	—	2	—	—	—	4	3	—	—	—
	1000.....	—	6	8	3	—	22	—	8	—	1	—	—	1	1	3	—	—	—
	1020.....	—	7	11	—	—	34	—	19	—	1	—	—	—	6	4	1	—	—
	1040.....	—	18	10	2	—	38	—	18	—	2	—	—	—	10	2	—	—	—
	1060.....	—	9	13	1	—	34	—	22	—	2	—	—	—	9	1	—	—	—
	1080.....	—	19	8	6	—	35	—	17	—	1	—	—	—	9	1	—	—	—
	1100.....	—	14	4	2	—	12	—	12	—	1	—	—	—	4	—	—	—	—
	1120.....	—	2	1	1	—	7	—	5	—	1	—	—	—	4	—	—	—	—
	1140.....	—	5	3	2	—	3	—	2	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
	1160.....	—	—	—	—	—	6	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	1180.....	—	3	2	—	—	—	—	3	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	1200.....	—	2	—	1	—	1	—	1	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—
	1220.....	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—
	1240.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—
	1260.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	1280.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1300.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
	1320.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
	Total A.....	148	64	66	301	147	37	98	3	44	191	85	39	168	144	171	155	—	—
	Total B.....	2	119	84	18	3	249	—	138	—	17	—	14	7	54	29	1	—	—

TABLE 26. Length-frequencies (in mm.) of bi-modal samples of yellowfin tuna selected from routine collections (1954-55) for comparison of sampling method estimates of relative proportion of age groups. Tabulated by set and sampling method. Heavy lines indicate class interval of division into age groups. Upper group designated as age group "A" in each set.

TABLA 26. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras bimodales de atún aleta amarilla seleccionadas de muestreos rutinarios (1954-1955) para comparar las estimaciones de proporciones relativas de grupos de edades, obtenidos mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo. Las líneas gruesas indican los intervalos de clase en los que se produce la división en grupos de edades. En cada juego, el grupo superior ha sido designado como grupo de edad "A".

Age group Grupo de edad	Set-Juego Method-Método Sample-Muestra	3															
		1							2			3					
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	4		
A	Length-class																
	Clase																
	440-459.....	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	460.....	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	
	480.....	1	—	3	1	—	—	—	—	1	—	—	1	2	—	—	
	500.....	1	3	2	1	—	—	1	4	—	3	—	4	2	—	—	
	520.....	—	6	4	2	—	2	—	26	1	2	—	5	3	—	6	
	540.....	1	3	8	2	1	1	1	60	1	—	13	4	2	4	4	
	560.....	3	6	6	4	1	2	2	78	2	9	6	8	2	6	6	
	580.....	5	3	6	10	3	3	7	26	1	9	3	14	5	9	9	
	600.....	6	5	9	28	9	13	22	6	15	23	5	17	24	15	15	
	620.....	21	19	30	65	40	31	35	9	60	55	18	37	63	39	39	
	640.....	30	41	57	50	44	49	35	3	51	54	8	36	74	31	31	
	660.....	22	17	34	18	13	16	10	5	26	18	7	21	19	6	6	
	680.....	5	3	12	3	4	3	4	1	12	12	3	3	3	2	2	
	700.....	2	1	2	5	1	—	—	1	2	2	5	2	3	—	—	
	720.....	—	1	—	4	1	—	2	—	1	—	5	—	—	—	—	
	740.....	1	—	—	3	—	—	—	1	1	—	3	—	—	—	—	
	760.....	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	
	780.....	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
B	800.....	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	820.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	840.....	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	
	860.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	880.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	900.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	920.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	940.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	960.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	980.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1000.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1020.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1040.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1060.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1080.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1100.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1120.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1140.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1160.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1180.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1200.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1220.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1240.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1260.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1280.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1300.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	1320.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Total A.....	8	19	28	16	4	7	7	182	4	20	27	29	8	20	20	
	Total B.....	90	89	147	185	114	113	113	39	169	168	57	124	189	98	98	

TABLE 27. Length-frequencies (in mm.) of bi-modal samples of skipjack selected from routine collections (1954-55) for comparison of sampling method estimates of relative proportion of age groups. Tabulated by sampling method. Heavy lines indicate class interval of division into age groups.

TABLA 27. Frecuencias de longitudes (en mm.) de muestras bimodales de barrilete seleccionadas de los muestreos rutinarios (1954-1955) para la comparación de las estimaciones de proporciones relativas de grupos de edades obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo. Tabuladas por métodos de muestreo. Las líneas gruesas indican intervalos de clases en que se produce la división en grupos de edades.

Age group	Set Method Sample	1							
		1				2		3	
		1	2	3	4	1	2	1	2
Grupo de edad	Juego Método Muestra								
A	Length-class Clase								
	400-409	—	—	—	1	—	—	—	—
	410	—	—	2	—	—	—	—	—
	420	—	1	2	—	—	—	—	—
	430	—	—	—	2	5	—	—	1
	440	—	—	1	2	—	—	—	—
	450	1	4	1	7	2	3	—	2
	460	—	4	1	4	7	1	—	1
	470	2	3	—	8	5	4	—	6
	480	—	4	—	2	6	12	—	3
	490	2	4	—	7	11	3	—	3
	500	2	—	—	3	6	4	—	5
B	510	2	2	1	2	13	6	1	2
	520	—	1	2	4	15	5	1	7
	530	3	2	4	3	30	7	4	11
	540	—	1	2	2	31	8	3	13
	550	2	2	2	2	28	9	2	20
	560	—	—	8	1	12	8	3	26
	570	2	—	9	1	5	9	7	12
	580	3	—	11	3	2	10	13	13
	590	1	—	11	3	—	8	12	8
	600	2	—	6	—	1	3	26	9
	610	—	—	5	3	—	5	21	—
	620	—	—	3	—	1	5	14	—
	630	—	—	—	1	—	2	14	2
	640	—	—	1	1	—	1	11	4
	650	—	—	—	1	—	2	12	—
	660	—	—	—	—	1	—	5	—
	670	—	—	—	—	—	—	2	—
	680	—	—	—	—	—	—	2	—
	690	—	—	—	—	—	1	—	—
	Total A	6	20	7	35	39	25	—	18
	Total B	16	8	65	28	142	91	153	130

TABLE 28. Estimated relative percentage of numbers per age group for bi-modal samples obtained by different sampling methods (from routinely collected data, 1954-55).

TABLA 28. Porcentajes relativos, estimados, del número de ejemplares en cada grupo de edad para las distribuciones bimodales obtenidas mediante los diversos métodos de muestreo (de los datos obtenidos en muestreo rutinarios, 1954-1955).

Set 1 (Yellowfin)				Set 2 (Yellowfin)				Set 3 (Yellowfin)				Set 4 (Skipjack)				
Method	Sample	n*	p**	Method	Sample	n*	p**	Method	Sample	n*	p**	Method	Sample	n*	p**	
Juego 1 (Atún aleta amarilla)				Juego 2 (Atún aleta amarilla)				Juego 3 (Atún aleta amarilla)				Juego 4 (Barrilete)				
Método	Muestra	n*	p**	Método	Muestra	n*	p**	Método	Muestra	n*	p**	Método	Muestra	n*	p**	
1	1	150	99	1	1	125	22	1	1	98	8	1	1	22	27	
	2	183	35		2	100	34		2	108	18		2	28	71	
	3	150	44		3	100	21		3	175	16		3	72	10	
	4	319	94		4	101	29		4	201	8		4	63	56	
	5	150	98		5				5	118	3					
	Total	952	76		Total	426	26		6	120	6		Total	185	37	
2	1	286	13	3	1	147	7	Total		940	9	2	1	181	22	
	2	98	100		2	103	16		2	173	2		2	116	22	
		Total	384		35	3	172		17	3	188		11		Total	297	22
3	1	141	2	4	1	182	14	2	1	221	82	3	1	153	00	
	2	44	100		2	177	21		2	173	2		2	148	12	
	3	208	92		Total	359	18		3	582	35			Total	301	06
	4	85	100		4				4	118	17					
	Total	478	68					3	84	32						
4	1	53	74					2	153	19						
	2	175	96					3	197	4						
	3	198	73					4	118	17						
	4	200	86					Total	552	15						
	5	156	99													
	Total	782	86													

* n = total number in sample

** p = percentage of group A = $\frac{A}{A+B}$

* n = número de ejemplares en la muestra

** p = porcentaje del grupo A = $\frac{A}{A+B}$

TABLE 29. Analysis of variance of routinely collected, bi-modal frequencies to test estimates of relative percentage of fish per age group among the four sampling methods.

TABLA 29. Análisis de variación de frecuencias bimodales provenientes de datos obtenidos en muestreos rutinarios, para analizar las estimaciones de los porcentajes relativos de ejemplares en cada grupo de edades, proporcionadas por los cuatro métodos de muestreo.

Set	Source	d.f.	MS	Est. % binomial variation				
				g.l.	MC	% est. de la variación binomial	Juego	Fuente
1	Methods	3	414					
Yellowfin	Error	12	1271	$\frac{pq}{133} + S^2_e$	1.1	1	Atún aleta amarilla	Métodos Error
2	Methods	2	161					
Yellowfin	Error	6	30	$\frac{pq}{129} + S^2_e$	36.0	2	Atún aleta amarilla	Métodos Error
3	Methods	2	538					
Yellowfin	Error	11	404	$\frac{pq}{136} + S^2_e$	2.5	3	Atún aleta amarilla	Métodos Error
4	Methods	2	858					
Skipjack	Error	5	476	$\frac{pq}{58} + S^2_e$	7.0	4	Barrilete	Métodos Error

TABLE 30. Estimated components of variance from the analyses of variance of routinely collected, uni-modal samples of yellowfin tuna and skipjack, listed by set and sampling method.

TABLA 30. Componentes de variación, estimados, en los análisis de variación de las muestras unimodales de atún aleta amarilla y barrilete, obtenidas de muestreos rutinarios (tabulados por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo).

Species	Set	SAMPLING METHOD								Combined		
		1		2		3		4		S ²	S ² _d	
		S ²	S ² _d	S ²	S ² _d	S ²	S ² _d	S ²	S ² _d	S ²	S ² _d	
METODO DE MUESTREO												
Especies	Juego											Combinados
Skipjack	1	806	25	—	—	872	72	898	20	853	41	
Barrilete	2	354	69	—	—	456	35	394	77	389	46	
	3	285	27	496	94	344	34	334	17	327	25	
	4	451	120	717	7	291	73	639	162	485	73	
	5	662	177	—	—	612	196	645	94	647	117	
	6	879	179	—	—	902	40	730	160	834	130	
	7	824	49	—	—	851	264	810	45	822	94	
	8	—	—	728	26	389	40	—	—	524	26	
	9	—	—	291	12	—	—	443	—2	370	3	
Combinados	Combined	557	74	570	17	593	50	636	55	588	78	
Yellowfin	1	1373	118	1645	110	—	—	—	—	1560	109	
Atún aleta amarilla	2	1756	4	1699	34	2658	18	—	—	1957	3	
	3	1299	784	—	—	973	106	—	—	1065	262	
Combinados	Combined	1548	128	1670	55	1587	48	—	—	<u>1610</u>	<u>120</u>	

TABLE 31. Estimated components of variance from analyses of variance of routinely collected, bi-modal samples of yellowfin tuna and skipjack listed by set and sampling method.

TABLA 31. Componentes de variación, estimados, en los análisis de variación de las muestras bimodales de atún aleta amarilla y barrilete, obtenidas en muestreos rutinarios (tabulados por juegos o grupos de datos y por métodos de muestreo).

Species	Set	SAMPLING METHOD								Combined	
		1		2		3		4		S ²	S ² _d
		S ²	S ² _d	S ²	S ² _d	S ²	S ² _d	S ²	S ² _d		
METODO DE MUESTREO											
Especies Juego										Combinados	
Skipjack	1	587	85	—	—	573	48	—	—	590	58
Barrilete	2	1318	659	2102	366*	—	—	—	—	1257	445
Combinados											
Combined		1195	549	2102	366	573	48	—	—	<u>1206</u>	<u>512</u>
Atún aleta amarilla											
Yellowfin	1	6780	504	5958	262*	6873	95	4743	13805	<u>6169</u>	<u>1712</u>

* Based only on age group A

* Basado sólo en el grupo de edad A

TABLE 32. Computed estimates of the variance of the mean (for one month and area stratum) of uni-modal frequencies for various combinations of samples and sample numbers for each species.

TABLA 32. Estimaciones de la variación de la media (por estrato de un solo mes y área) en las frecuencias unimodales, calculadas en ambas especies haciendo varias combinaciones del número de muestras y del número de ejemplares en cada muestra.

Species	Number of samples	NUMBER PER SAMPLE				
		25	50	100	300	∞
Especies	Número de muestras	NUMERO DE EJEMPLARES EN CADA MUESTRA				
Skipjack	1	102	90	84	80	78
Barrilete	2	51	45	42	40	39
	3	34	30	28	27	26
	4	26	22	21	20	20
	6	17	15	14	13	13
	8	13	11	10	10	9
	10	10	9	8	8	8
Yellowfin	1	184	152	136	125	120
Atún aleta amarilla	2	92	76	68	63	60
	3	61	51	45	42	40
	4	46	38	34	31	30
	6	31	25	23	21	20
	8	23	19	17	16	15
	10	18	15	14	13	12

TABLE 33. Computed estimates of the variance of the mean (for one month and area stratum) of bi-modal frequencies for various combinations of samples and sample numbers for each species.

TABLA 33. Estimaciones de la variación de la media (por estrato de un solo mes y área) en las frecuencias bimodales, calculadas en ambas especies haciendo varias combinaciones del número de muestras y del número de ejemplares en cada muestra.

Species	Number of samples	NUMBER PER SAMPLE				
		25	50	100	300	∞
Especies	Número de muestra	NUMERO DE EJEMPLARES EN CADA MUESTRA				
Skipjack	4	139	134	131	129	128
Barrilete	6	93	89	87	86	85
	8	70	67	66	64	64
	10	56	54	52	52	51
	14	40	38	37	37	36
	18	31	30	29	29	28
	20	28	27	26	26	26
Yellowfin	4	490	459	443	433	428
Atún aleta amarilla	6	326	306	296	289	285
	8	245	229	222	216	214
	10	196	184	177	173	171
	14	140	131	127	124	122
	18	109	102	98	96	95
	20	98	92	89	87	86

TABLE 34. Estimated number of samples required to satisfy prescribed confidence intervals of ± 10 mm. and ± 20 mm. for skipjack and yellowfin tuna respectively, for uni-modal and bi-modal frequency distributions.

TABLA 34. Estimación del número de muestras necesarias para satisfacer límites de confianza de la media de ± 10 mm. y ± 20 mm. para el barrilete y el atún aleta amarilla, respectivamente, (calculadas para las distribuciones unimodales y bimodales).

Species	Frequency	Confidence Confidencia	NUMBERS PER SAMPLE NUMERO POR MUESTRA			Especies	Frecuencia
			50	75	100		
Skipjack	Unimodal	95%	4	3	3	Barrilete	Unimodal
		90%	3	3	3		
	Bi-modal	95%	8	8	7		Bimodal
		90%	6	6	5		
Yellowfin	Unimodal	95%	4	4	3	Atún aleta amarilla	Unimodal
		90%	3	3	3		
	Bi-modal	95%	20	20	19		Bimodal
		90%	13	13	13		

**ANALISIS DE LOS METODOS DE MUESTREO USADOS PARA
DETERMINAR LA COMPOSICION DE TAMAÑOS EN LOS
DESEMBARQUES DE ATUN ALETA AMARILLA (*NEOTHUNNUS
MACROPTERUS*) Y BARRILETE (*KATSUWONUS PELAMIS*)**

por

RICHARD C. HENNEMUTH

INTRODUCCION

El personal científico de la Comisión Interamericana del Atún Tropical cumple, entre sus tareas, la de reunir y analizar las estadísticas de pesca del atún aleta amarilla (*Neothunnus macropterus*) y del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) de la pesquería del Pacífico Oriental, a fin de adquirir la información necesaria para mantener la pesca de estas especies a niveles de producción máxima sostenible (Shimada y Schaefer, 1956). Estudios cuidadosos, sistemáticos y continuos de la estructura de la población y ciclo de vida y ecología de estas especies, son necesarios para lograr una interpretación adecuada de las estadísticas de pesca, de modo que éstas, a su vez, permitan realizar un programa conservacionista serio (Schaefer, 1956).

Algunos aspectos importantes de estos estudios biológicos pueden ser investigados de una manera eficaz por medio de la observación de los cambios, en espacio y en tiempo, de la composición de tamaños de las pescas comerciales. Estos cambios pueden proporcionar información acerca de la composición de edades, tasa de crecimiento, aparición de clases anuales dominantes, cambios en los coeficientes de mortalidad en relación con los cambios en el esfuerzo de pesca, divisiones raciales y movimientos migratorios.

A fin de obtener los datos básicos necesarios, en julio de 1954 se empezó un programa de muestreos para registrar las frecuencias de tamaños en los desembarques comerciales de San Diego. En diciembre de 1954, con la cooperación del Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, el programa se extendió para incluir los desembarques en el puerto de San Pedro.

Al principio, el procedimiento de muestreo fué arbitrario debido a la falta de conocimiento de las causas de variabilidad. Se emplearon varios

métodos para escoger los ejemplares que iban a ser medidos, con el objeto de establecer el procedimiento que en el futuro fuese el rutinario. El propósito de este estudio es comparar los resultados obtenidos con los diferentes métodos de muestreo y decidir el plan más eficaz para futuros trabajos. Estamos tratando de obtener muestras que den la mejor estimación de la tendencia central* de los grupos de edades**, y que den asimismo las proporciones relativas de estos grupos presentes en las pescas comerciales. Las apreciaciones de las correspondientes propiedades de la población dependen también, naturalmente, de la eficacia con que los barcos pesqueros muestrean la población, pero este aspecto no nos concierne en este trabajo.

METODOS DE OBTENCION DE LAS MUESTRAS

Selección de los estratos de población para los muestreos

Las muestras de frecuencias de longitudes han sido recolectadas dentro de cierta área geográfica, tiempo y clasificación de artefactos o métodos de pesca; es decir, dentro de cierto estrato.

Dos razones hacen deseable la estratificación geográfica de la población. Primero, el estudio sistemático de las diferencias en las características de tamaño entre áreas puede indicarnos posibles divisiones raciales o pautas de migración. Segundo, aún si las áreas no están habitadas por poblaciones independientes de peces, los ejemplares capturados en áreas individuales son probablemente más homogéneos, con respecto al tamaño que son en la población en su totalidad. Si esto es cierto, los muestreos estratificados proporcionarán una mejor estimación del conjunto de la población.

Para facilitar el muestreo, la zona de pesca fué dividida en doce áreas geográficas (Figura 1). Estas áreas fueron determinadas tomando como base la distribución de la pesca total, que se concentra de un modo característico y constante en ciertas áreas de las zonas de pesca (Shimada, 1957). Las líneas de demarcación entre las áreas de muestreo se trazaron a través de las zonas de menor concentración de pesca total, o sea, zonas en que cada especie fué capturada en menos de 50 toneladas por año, por cada cuadrado de un grado de lado. Esta cifra fué muy arbitraria, pero es que se consideró que cuadrados en los que se capturase menos de esta cantidad iban a ser difícilmente encontrados durante el muestreo. Sin embargo, las áreas de altas concentraciones de pesca están probablemente mucho más asociadas con los fenómenos oceanográficos y topográficos y, por lo tanto, su

* En este trabajo se ha usado la media aritmética de las longitudes en todas las comparaciones y cálculos. Otras medidas de tendencia central, particularmente el modo, puede que sean más útiles en estudios de crecimiento u otros estudios de composición por tamaños.

** La frase "grupo de edad" se usa en este trabajo para evitar la confusa terminología de la expresión "grupo de tamaño". Los grupos de tamaño que aparecen en las muestras de frecuencia de longitudes aparentemente representan grupos de edades.

localidad exacta puede variar de un año a otro y aún de estación a estación. En consecuencia, una línea de separación de áreas bien definida, en realidad puede no mantener de un año al siguiente una división estrictamente comparable de la pesca total. Sin embargo, en los dos últimos años de muestreos, las variaciones geográficas producidas en las áreas de concentración de la pesca han sido muy pequeñas y, desde luego, no suficientes como para invalidar la división en áreas usada para el muestreo.

Muestras de la distribución de frecuencias de tamaños en las pescas efectuadas en cada área han sido obtenidas cada mes, dentro de nuestras posibilidades. La recolección de muestras por cada mes es deseable para poder estimar el crecimiento de la especie mediante la distribución progresiva de las frecuencias. Asimismo, las muestras mensuales proporcionan información de la época y tasa con que los grupos de edades entran o desaparecen de la parte capturable de la población en un área determinada. Las fluctuaciones de la composición de frecuencias de tamaños pueden ser seguidas en las diferentes áreas, y una comparación entre áreas puede servir para indicar los movimientos de los stocks. El observar la época de aparición del grupo de edad más joven en relación a la época de desove, proporciona una base para inferir la edad de los peces.

La clasificación que se empleó después, es decir, la basada en el tipo o artefacto de pesca, es necesaria porque existen dos tipos de embarcaciones dedicadas a la explotación comercial del atún aleta amarilla y barrilete en el Pacífico Oriental. Los principales son los barcos de carnada que emplean cebo vivo para atraer los peces y luego capturarlos con caña y anzuelo. El segundo tipo de barco es el redero, que captura todo o parte de un cardumen o mancha mediante una red de cerco (para una descripción más completa de estos dos métodos de pesca ver Godsil, 1938, y Scofield, 1951). Como los dos métodos de pesca son muy diferentes, es posible que tengan distinta selectividad de tamaños. Se han tomado muestras de peces provenientes de los dos tipos de barcos, y los resultados han sido tabulados por separado para permitir la comparación entre los respectivos métodos de captura.

Elección de una unidad de muestreo

Como un requisito previo para obtener una muestra que puede ser asignada a un cierto tiempo y área, la pesca debe ser subdividida en unidades de muestreo, de modo que cada unidad contenga individuos capturados solamente en un área y mes conocidos.

Cada barco pesquero tiene varias cámaras o bodegas de hielo, que son compartimientos en los que los peces son congelados y almacenados hasta que llegue el tiempo de desembarcarlos en las plantas enlatadoras. Los pescados son generalmente colocados en estas bodegas a las pocas horas

de haber sido capturados. El número de bodegas de cada barco varía con el tamaño del mismo; las embarcaciones atuneras más grandes tienen hasta ocho pares (a babor y estribor) aunque lo común es, sin embargo, cuatro o cinco pares.

Las bodegas pueden variar de tamaño dentro de un mismo barco y entre un barco y otro; por lo general cada una tiene una capacidad de 10 a 40 toneladas. La fecha y área de captura son registradas por el capitán o maquinista, conforme las bodegas se van llenando en el mar, y se puede disponer de esta información al descargar el barco. Estas bodegas de almacenaje fueron seleccionadas como unidades primarias de muestreo. Algunas veces, las bodegas han sido llenadas con pescados que no fueron capturados en un solo mes o área determinada, en cuyo caso esas bodegas no fueron muestreadas. Es imposible predecir el número o fecha de llegada de barcos con bodegas que contengan pescados provenientes de una determinada área o mes. En consecuencia, las bodegas muestreadas no pudieron ser seleccionadas de acuerdo con ningún modelo o idea previa sino que, por el contrario, tuvieron que ser muestreadas según lo permitieron el tiempo y las oportunidades y, por lo tanto, no representan necesariamente una selección al azar del número total de bodegas.

Las bodegas, después de haber sido seleccionadas, no fueron muestreadas en toda su capacidad. A menudo lleva varias horas el descargar totalmente una bodega y, de haberse ocupado todo ese tiempo en una sola de ellas, no hubiese sido posible muestrear el número de bodegas que es necesario para cubrir de una manera eficaz los desembarques (generalmente hay varios barcos descargando al mismo tiempo). El muestrear menos ejemplares en un gran número de bodegas, en vez de menos bodegas cada una con más ejemplares, nos pareció el procedimiento más eficaz, puesto que ya existía cierta evidencia de que el atún aleta amarilla y el barrilete tienden a congregarse por tamaño en los cardúmenes (Brock, 1954; Schaefer y Marr, 1949). Puesto que las bodegas muestreadas son llenadas en relativamente poco tiempo (a veces sólo unas cuantas horas) y generalmente abarcan un área de captura relativamente pequeña (a veces un área mucho menor que un cuadrado de un grado de lado), era de anticiparse una mayor variación en el tamaño de los ejemplares entre una bodega y otra, que la existente en los pescados dentro de una misma bodega. Como consecuencia, sólo fué muestreada una porción de cada una de las bodegas y aquí, también, las secciones de las que se llegaron a muestrear dependieron del tiempo y oportunidades disponibles y, por lo tanto, no dieron lugar necesariamente a una selección al azar. Se ha supuesto que la selección de las bodegas y las porciones de las mismas fueron escogidas suficientemente al azar como para que cualquier estratificación sistemática de tamaños que ocurriese en las mismas tuviese un efecto casi nulo. Algunos resultados de la estratificación de los tamaños entre bodegas se presentan en una sección posterior de este trabajo.

Número de ejemplares utilizados en cada muestra

Aunque sin haberse determinado el óptimo con precisión, el número de ejemplares medidos en cada muestra se fijó tentativamente en 150 barriletes y 200 atunes aleta amarilla. Estos números fueron seleccionados en la suposición de que serían adecuados para las distribuciones de tamaños que en mayor variedad se iban a encontrar. Sin embargo, el número de ejemplares medidos ha variado de muestra a muestra, según variaban súbitamente las condiciones de descarga de los barcos y de las plantas enlatadoras, ya que a veces estos cambios originaron que el muestreo tuviese que ser suspendido antes de tiempo. En 1955 las muestras comprenden, en promedio, 136 barriletes y 152 atunes aleta amarilla.

Métodos para seleccionar los ejemplares a ser medidos

Cuando en 1954 la Comisión empezó sus primeros estudios sobre las muestras de frecuencias de longitudes, los científicos del Departamento de Pesca y Vida Silvestre de California ya habían estado recolectando dichas muestras en San Pedro durante varios años. Sin embargo, muchas de sus muestras habían sido recogidas mediante un método llamado "de agarre," en el que los peces a ser medidos eran tomados de una plataforma acanalada, o de la mesa de cortar, sin ningún procedimiento sistemático (véase más adelante una descripción más completa). Puesto que creímos que este procedimiento podría traducirse en resultados con desviaciones significantes del valor verdadero, o por lo menos muy variables, decidimos buscar algún método sistemático de seleccionar los ejemplares.

Las bodegas de los barcos pesqueros son descargadas en todas las plantas enlatadoras mediante cubetas (de 500 a 700 libras de capacidad) que son bajadas a las bodegas en donde se llenan a mano por la tripulación; una vez llenas, las cubetas son subidas y el contenido es volcado en unas plataformas acanaladas por las que corre agua, o en carros de carga llamados "cestas." Los pescados son empujados por el agua a lo largo de la sección de corte, o bien llevados en las cestas hasta la balanza, y después de pesados son conducidos por medio de cestas, plataformas acanaladas, o elevadores mecánicos, a las mesas de corte en donde los pescados entran en una o dos hileras.

Para que los ejemplares puedan ser sistemáticamente seleccionados deben ser enumerados individualmente. Esto es factible al entrar los peces en las mesas de los destazadores, por lo que éstas fueron elegidas como el mejor sitio para seleccionar los pescados de un modo sistemático. Sin embargo, debido a cambios en las condiciones físicas bajo las que se descarga y procesa el atún en las diferentes plantas enlatadoras (hay 10 plantas entre San Diego y San Pedro en las que se hacen los muestreos), este método de seleccionar los ejemplares a ser medidos (Método 1, más

adelante), no siempre pudo ser usado y no proporcionó suficiente número de muestras como serían necesarias para cubrir totalmente el área de pesca. En consecuencia, se usaron otros dos métodos para seleccionar ejemplares de un modo sistemático, empleando otras localidades de las plantas (Métodos 2 y 3, más adelante). Como complemento, el muestreo mediante la técnica "de agarre" (Método 4, más adelante) fué mantenido, ya que puede ser usado en la mayoría de las circunstancias y también porque se deseaba determinar la eficacia relativa de este método de muestreo.

Un diagrama esquemático, con los lugares de muestreo indicados por sus respectivos números, ilustra las dos maneras principales en que los atunes son conducidos a las mesas de corte (Figura 2). Los cuatro tipos de métodos de muestreo en relación con el procedimiento de descarga fueron:

Método de muestreo 1 (Muestras sistemáticas en las mesas de corte)

Una vez escogido arbitrariamente un primer ejemplar, se va midiendo cada n individuo que pasa en una de las hileras de la mesa, hasta que se complete la muestra. El valor de n se escoge por conveniencia, de acuerdo con la velocidad a que los pescados van pasando por delante del punto de muestreo (esa velocidad depende del número de destazadores), y este valor se mantiene para toda la muestra. En esta sección de la maniobra de descarga, no es posible saber de cuál cubeta provienen los pescados. Si asumimos que los ejemplares son descargados de las bodegas al azar, o por lo menos que no hay ninguna tendencia a un cierto tamaño en los atunes medidos cada n ejemplar, este método de muestreo proporciona una muestra representativa de las particularidades del grupo de pescados de donde se sacó. Como dijimos antes, esta muestra no es necesariamente representativa de toda la bodega, puesto que sólo una porción de la carga es muestreada; pero, sin embargo, en promedio la muestra será representativa del total si la porción muestreada es escogida al azar.

Método de muestreo 2 (Muestras de las cestas)

Este método consiste en tomar arbitrariamente una primera cesta y empezar a muestrear desde ese momento cada n cesta que pasa por delante del punto de muestreo; todos los pescados contenidos en cada cesta n son luego medidos. Sin embargo, a veces, cuando los atunes son pequeños (digamos 5 libras), se completa el total de la muestra con una sola cesta. Para examinar la variabilidad proveniente del muestreo por este método, en febrero de 1955 se obtuvieron tres muestras provenientes del Area 04. De éstas, una se completó a base de tres cestas, y las otras dos muestras se completaron con una sola cesta (Tabla 1). Los resultados del análisis de variabilidad de estas muestras se presentan en la Tabla 2. Puesto que

existe una variabilidad significativa en el componente entre una cesta y otra (Tabla 2), son poco deseables las muestras provenientes de una bodega obtenidas a base de una sola cesta. La selección de un número mayor de cestas, con menos ejemplares medidos en cada una, sería en estas condiciones un método de muestreo más eficaz. Sin embargo, lleva casi el mismo tiempo submuestrear sistemáticamente o al azar solamente una porción del contenido de una cesta que el medir todos los pescados contenidos en una cesta; por lo tanto, el submuestrear no aumenta la eficacia en relación al tiempo empleado. No obstante, cuando los pescados son más grandes (digamos de más de 15 libras), se necesitan varias cestas para reunir el número de ejemplares que han de completar una muestra y, por lo tanto, este método da buenos resultados.

En los muestreos rutinarios, las medidas de los pescados contenidos en cada cesta no fueron tabuladas por separado, por lo que el componente de variabilidad entre una cesta y otra, aún sabiéndose existente, fué imposible calcularlo separadamente. De modo similar, en los Métodos 3 y 4 de los que hablaremos a continuación, tampoco pudo ser calculado el efecto de variación entre una cubeta y otra.

Método de muestreo 3 (Muestras sistemáticas en las plataformas acanaladas)

Los pescados son seleccionados sistemáticamente como en el Método 1, pero no de las mesas de corte sino de las plataformas acanaladas por las que corre agua. Se coloca una barrera en el canal de modo que los pescados provenientes de una cubeta lleguen al punto de muestreo uno a uno; para ésto, una de las personas que está muestreando se dedica a trasladar los atunes de uno en uno al otro lado de la barrera colocada en la plataforma, de modo que formen una sola fila; una segunda persona va seleccionando cada *n* ejemplar de esta hilera. Las cubetas de pescado en las que está submuestreando son, a su vez, escogidas de un modo sistemático. En este método existe también un componente de variabilidad entre una cubeta y otra, similar al que mencionamos en el Método 2 entre cesta y cesta. Sin embargo, con el Método 3 es posible medir por unidad de tiempo más cubetas con menos pescados en cada una de ellas que en el Método 2 y, por lo tanto, se puede reducir el efecto de variación entre una cubeta y otra.

Método de muestreo 4 (Método "de agarre")

La selección que se hace en la plataforma acanalada debe ser lo más arbitraria posible, midiéndose un número variable de ejemplares provenientes de las cubetas. En esta forma una muestra se compone de pescados provenientes de varias cubetas que, a su vez, son seleccionadas arbitraria o sistemáticamente.

Métodos empleados en las mediciones

La distribución de frecuencias de tamaños en una muestra puede ser

determinada ya sea midiendo la longitud total o pesando cada ejemplar de la muestra. La estimación de la longitud total puede hacerse a base del peso y, viceversa, éste puede calcularse a base de la medición, dentro de un margen definible de confianza en ambos casos; aunque, por supuesto, los dos métodos son susceptibles a errores de medida. Debido a la dificultad en el manejo de las balanzas por su gran tamaño y forma y a que el procedimiento de pesar cada individuo de la muestra es muy lento, se consideró más conveniente medir la longitud total de cada pescado (es decir, la distancia entre la punta del hocico, con las mandíbulas cerradas, y la parte mediana cartilaginosa de la aleta caudal, según Marr y Schaefer, 1949).

Durante los primeros seis meses de ejecución del programa, se empleó en San Diego una tabla graduada para las mediciones, pero desde diciembre de 1954 todos los atunes han sido medidos con calibradores (similares a los describen Marr y Schaefer, 1949) tanto en San Diego como en San Pedro.

Tabulación de las medidas

La frecuencia de longitudes de cada muestra fué registrada en forma especial y codificada por su número de recolección según el año, especie, área y mes de pesca, método de captura y el sistema de muestreo. Las medidas fueron registradas en las tarjetas de muestreo en intervalos de clases de 20 mm. y 10 mm. para el atún aleta amarilla y el barrilete, respectivamente. Las tarjetas de muestreo se mandaron a la International Business Machines Corporation para su tabulación.

La justificación por haber usado intervalos de clases de 10 y 20 mm. es, primero, que estos intervalos acentúan los grupos de edades en las distribuciones de frecuencias de longitudes con mayor ventaja que si se hubiesen usado intervalos más pequeños y, segundo, que los intervalos escogidos no son tan grandes como para restringir de un modo excesivo el número de clases de cualquier grupo modal. Los intervalos mayores fueron usados para el atún aleta amarilla debido a que esta especie tiene un mayor rango de tamaños para cada grupo de edades.

FUENTES DE VARIACION AL OBTENER LAS MUESTRAS

Varias fuentes de variación se presentan en la obtención de las medidas y pueden tener efectos significativos en las estimaciones derivadas de las frecuencias de tamaños. Estudios especiales nos llevaron a la determinación de algunas de estas fuentes de variación.

Estratificación de los tamaños de los ejemplares dentro de las bodegas

Ya hemos mencionado antes la selección arbitraria que se hizo de las

porciones de las bodegas que se iban a muestrear. Con objeto de determinar si existía alguna estratificación de tamaños a lo hondo de las bodegas, se muestrearon tres de ellas en toda su capacidad mediante el método de muestreo número uno. Las frecuencias de longitudes de los atunes aleta amarilla y barrilete de cada una de las tres bodegas fueron divididas de acuerdo con su localización, esto es, si el ejemplar había estado colocado en el tercio superior, medio o inferior de la bodega (Tablas 3 y 4). Cada una de estas bodegas agrupó ejemplares de ambas especies. El análisis de variabilidad indicó que en el barrilete aparentemente sí existía una estratificación significativa de tamaños a lo hondo de las bodegas, pero que lo mismo no ocurrió en el atún aleta amarilla (Tabla 5). Una tabulación de las longitudes promedio en cada una de las tres porciones (Tabla 6) indicó que los barriletes tendían a ser menores en el tercio superior de las bodegas que en los otros dos tercios. El atún aleta amarilla no mostró esta tendencia. Esta estratificación de tamaños podría deberse a la tendencia de los barriletes más grandes a irse hacia el fondo de las bodegas cuando éstas están siendo llenadas y antes de que se hayan completado y desaguado totalmente, o bien pudo haber sido causada por la captura y almacenamiento en la parte superior de las bodegas de un cardumen de atunes un poco más pequeños, en cuyo caso la estratificación de tamaños a ciertas profundidades sería sólo aplicable a estas tres bodegas. Aparentemente sería conveniente obtener más información al respecto con objeto de decidir si esta tendencia a la estratificación es una cosa usual, aunque la simple posibilidad de que dicha estratificación se produzca indica la importancia de seleccionar al azar varias partes de las bodegas.

Variación de las medidas

Cierta variabilidad en las medidas de los pescados proviene de las diferencias entre los instrumentos de medición y entre las técnicas empleadas por diferentes personas. Es necesario, pues, determinar la significación de esta variación de modo que su efecto sobre los resultados derivados de las medidas pueda ser determinado. Al respecto se efectuaron varios experimentos.

Una de las fuentes de variabilidad investigada fué la diferencia existente entre las mediciones de longitudes totales obtenidas mediante tablas graduadas y las obtenidas mediante calibradores*. Dos personas midieron varios ejemplares con la tabla graduada y también con el calibrador (Tabla 7). Los resultados del análisis de estas cifras (Tabla 8) muestran que las diferencias promedio, \bar{d} , entre instrumentos fueron 6.6 mm. y 5.1 mm. para cada una de las dos personas, respectivamente, y que cada una de estas diferencias fué bastante significativa. Como los pescados medidos en este experimento estaban aún bastante duros (i.e. no completamente deshe-

* Para una descripción precisa de este artefacto de muestreo, ver Schaefer y Marr, 1949.

lados*), fué necesario colocarlos en la tabla graduada en un cierto ángulo respecto de la horizontal, de modo que el final de la cola quedase cerca de la tabla y en una posición en la que la longitud total pudiese ser medida. Esto, por supuesto, dió como resultado una estimación de la longitud total un poco menor de la que los ejemplares tenían en realidad. A causa de esta desviación la tabla graduada no volvió a usarse a partir de diciembre de 1954. Las medidas analizadas a lo largo de este trabajo fueron tomadas en su totalidad con calibradores.

Otros tres experimentos fueron efectuados con objeto de estimar las diferencias entre medidas tomadas por diversas personas. En estos experimentos cada uno de los pescados fué medido dos veces, cada vez por una persona diferente, y ambas medidas fueron tabuladas (Tabla 9). El análisis de estas cifras proporcionó diferencias promedio de 2.9 mm., 3.0 mm. y 3.1 mm. en los tres experimentos (Tabla 10). Cada una de las diferencias promedio es significativa y las tres son muy similares, dando un promedio de 3.0 mm. Puesto que en la práctica las muestras son medidas por muy diversas personas, en promedio este error de 3.0 mm. se hace menos efectivo, por lo que no da lugar a significantes desviaciones en los cálculos aunque sí contribuye al componente de variación entre una muestra y otra.

Efectos de la congelación y almacenamiento

Los pescados que son descargados presentan diferentes grados de torsión debido a la congelación, almacenamiento y manejo. Aquellos ejemplares demasiado torcidos y rotos fueron, desde luego, desechados de las muestras rutinarias. Puesto que todos los atunes muestreados estuvieron sujetos al mismo tratamiento, cualquier variación debido a las condiciones físicas del ejemplar no debió producir, en promedio, diferencias significativas entre una muestra y otra.

La torsión debida a la congelación y manejo pudo, sin embargo, producir ciertas significantes desviaciones en las estimaciones de las características de la población obtenidas a base de las muestras recolectadas de los desembarques. Con objeto de estimar los efectos que el almacenamiento y manejo tienen en la longitud total de los ejemplares, se midieron en alta mar varias muestras de peces recién capturados; estas muestras fueron marcadas, colocadas en las bodegas y después vueltas a medir según iban siendo descargadas en el puerto tras varias semanas de almacenamiento (Tabla 11). Las marcas fueron numeradas de modo que los pescados pudiesen ser identificados y que la misma persona midiese el mismo ejemplar las dos veces.

El análisis de estas cifras muestra que las medidas de los pescados recién capturados fueron, en promedio, 7.9 mm., 8.4 mm., 7.0 mm. y 5.3

* Esto ocurre casi siempre en los muestreos rutinarios.

mm. más grandes que los mismos peces medidos en el puerto (Tabla 12). Estas diferencias promedio son bien significativas e indican que realmente se producen ciertos cambios en el tamaño de los pescados desde el tiempo de la captura al de desembarque. La diferencia promedio que se obtuvo de 6.8 mm. es suficientemente grande como para tenerse en cuenta al hacerse estimaciones de las características de la población. Se descubrió que la diferencia, *D*, *no* estaba relacionada con el tamaño de los pescados, por lo menos dentro de la escala de tamaños examinados.

COMPARACION DE LOS METODOS DE MUESTREO

Debido a las diferencias existentes entre las técnicas de obtención de los peces a ser medidos, se consideró deseable el comparar los cuatro métodos de muestreo para determinar si es que proporcionan estimaciones semejantes del tamaño promedio y de las proporciones relativas de los grupos de edades. Para esta comparación, además de algunos de los datos rutinarios obtenidos en 1954 y 1955 se usaron también algunos datos obtenidos en muestreos experimentales.

Selección de los datos más convenientes

La selección de los datos a base de recolecciones rutinarias estuvo limitada por varios factores. Las muestras usadas en cada comparación tuvieron que limitarse a períodos de un mes y a una sola área, de modo que las diferencias provenientes de los factores tiempo y área pudiesen ser eliminadas. Muchas de las cifras conseguidas de los muestreos rutinarios se obtuvieron con un solo método de muestreo y en un solo estrato de tiempo y área, por lo que no pudieron ser usadas en esta comparación. Asimismo, dos o más muestras de cada método eran necesarias para proporcionar estimaciones de la variabilidad entre muestras y dentro de un solo método, que a su vez permitiesen sopesar la significación de las diferencias entre un método y otro.

Las frecuencias de tamaños que han sido obtenidas rutinariamente exhiben formas que varían desde distribuciones casi normales, unimodales a indefinidas, multimodales, por lo que es deseable el hacer comparaciones por separado para las diferentes clases de distribuciones de frecuencias. En general, sin embargo, las pescas están compuestas, en principio, de uno o dos grupos de edades, y los números capturados de ejemplares más grandes (y más viejos) son muy limitados. Por lo tanto, el análisis se limitó a distribuciones de frecuencias unimodales y bimodales. Más aún, el análisis del tamaño medio estimado dentro de un mismo grupo de edades fué limitado a distribuciones casi normales.

Aplicando el criterio anterior en cuanto a las cifras de 1954-1955, se

encontraron varios grupos de datos aprovechables para una comparación. Cada grupo está compuesto por medidas obtenidas mediante diferentes métodos de muestreo en un solo mes, área y método de pesca (Tabla 13), y todas las distribuciones en dichos grupos son unimodales o bimodales. Los datos están algo limitados porque las frecuencias de longitudes no fueron recogidas para ser presentadas específicamente en este trabajo, pero sí incluyeron de una manera general diferentes estratos de área y tiempo.

Métodos de análisis

Las comparaciones de las estimaciones de tamaños promedio, obtenidas por los cuatro métodos de muestreo, se efectuaron mediante el empleo de las distribuciones de frecuencias agrupadas (con los intervalos mencionados), y con los procedimientos descritos por Snedecor (1956, pp. 194-199). Los intervalos de clase de 10 y 20 mm. (para el barrilete y el atún aleta amarilla, respectivamente), no siempre proporcionaron el número de clases recomendado por Snedecor para un análisis preciso. Hubiese sido quizás mejor usar un intervalo más pequeño, pero es de dudar que la probable ganancia en precisión ameritase el reagrupamiento y el nuevo análisis.

Todas las muestras en cada grupo de distribuciones bimodales fueron primero combinadas, y la frecuencia total así obtenida se dividió en grupos de edades tomando como base el intervalo de clase en el que existía la frecuencia más baja. Las muestras individuales fueron después divididas siguiendo este modelo y con el mismo intervalo de clase.

Tenemos que advertir que las pruebas de significación empleadas en conjunción con el análisis de variación son sólo aproximadas, y que las probabilidades asociadas con ellas no deben ser consideradas exactas; esto es debido a la desigualdad de los números en las muestras. Todas las pruebas de F usadas para probar el efecto de los distintos métodos se desarrollaron con un "denominador sintetizado de mínimos cuadrados" (para una explicación de este método, ver Ostle, 1954; Satterthwaite, 1946). Sin embargo, los mínimos cuadrados originales se han presentado en las tablas puesto que más tarde se han empleado para la estimación de los componentes.

Las comparaciones de las proporciones relativas de los grupos de edades obtenidos mediante los cuatro métodos de muestreo (limitadas a distribuciones bimodales) se efectuaron mediante el análisis de variación de los porcentajes relativos de ejemplares en los dos grupos de edades. En cada caso se empleó el método de análisis de variación no sopesado (para detalles en este método, ver Cochran, 1943 y 1954).

Comparación del tamaño promedio de los grupos de edades

Entre las distribuciones unimodales obtenidas de muestreos rutinarios, se encontraron doce juegos o series de comparaciones (tres para el atún

aleta amarilla y nueve para el barrilete) que eran apropiados para el análisis (Tablas 13, 14 y 15). Se efectuó un análisis de variación para el juego de comparaciones de cada especie (Tabla 16). La variabilidad originada del tipo de método empleado fué significativa para la serie de los barriletes, pero no para la de los atunes aleta amarilla. Cada uno de los juegos de datos del barrilete fué analizado por separado, encontrándose que los efectos o variabilidad debidos al método empleado fueron significativos en sólo dos de los nueve juegos (Tabla 17). En cada uno de los juegos del barrilete se tabularon también las medias aritméticas obtenidas en cada uno de los métodos y sus desviaciones con respecto a la media de los respectivos juegos de datos (Tabla 18). Se encontraron desviaciones promedio de 0.0, —9.5, 5.9 y 0.4 mm. en cuanto a las medias de los cuatro métodos de muestreo, respectivamente. Parece ser que la significación del efecto de método, de los datos de barrilete combinados, puede ser causada principalmente por la gran diferencia (37 mm.) entre las medias de los métodos 2 y 3 en el juego o grupo 8 de esta serie. Fuera de este juego o grupo de datos, los diferentes métodos parecen proporcionar estimaciones del tamaño medio muy similares; definitivamente, no hay casi diferencia entre los métodos uno y cuatro.

Entre las distribuciones bimodales obtenidas de los muestreos rutinarios se encontraron tres juegos o grupos de datos (uno para el atún aleta amarilla y dos para el barrilete) que se consideraron apropiados para las comparaciones (Tablas 13, 19 y 20). El análisis de variación efectuado separadamente para cada grupo de edad de cada especie, no muestra diferencias significativas entre las medias de los métodos para ambos grupos de edades y ambas especies (Tabla 21).

Análisis de los datos experimentales

En adición a los muestreos rutinarios, se hizo un estudio que comprendió cuatro experimentos en los que el mismo grupo de pescados fué muestreado mediante los métodos uno y cuatro (Tablas 22 y 23). Debemos hacer notar que el experimento número uno comprendió únicamente atún aleta amarilla, y que en el experimento número tres los atunes aleta amarilla no fueron muestreados mediante el método cuatro. Un análisis de variación de los datos proporcionados por los tres experimentos en que se pudieron comparar las dos especies, indica que en el atún aleta amarilla no existen diferencias entre las medias aritméticas obtenidas por los dos métodos de muestreo; pero que en el barrilete existe una diferencia significativa entre dichas medias aritméticas (Tabla 24). Las estimaciones y pruebas de significación para cada uno de los tres experimentos por separado (Tabla 25), indicaron que las longitudes promedio logradas mediante el método cuatro excedieron las obtenidas mediante el método uno en 7 mm., 7mm. y 5 mm. para el atún aleta amarilla, y en 6 mm., 6 mm. y 4 mm. para el barrilete. La primera de las diferencias mencionadas es muy significativa.

En los experimentos tres y cuatro, todos los ejemplares representativos de la población muestreada fueron medidos. En el experimento tres, la media obtenida mediante el método de muestreo uno, en la muestra de barrilete, es significativamente más pequeña que la media obtenida de la población total (medida después de haber obtenido las muestras para los distintos experimentos). En el experimento cuatro, las medias obtenidas en el barrilete con los dos métodos son significativamente mayores (en 13 y 17 mm.) que la media obtenida en la población total muestreada (Ver Tabla 25). Las muestras restantes de los experimentos tres y cuatro no difieren significativamente de las medias de la población total muestreada.

Comparación de las proporciones relativas de los grupos de edades

De las recolecciones rutinarias se formaron cuatro juegos de grupos de comparaciones que comprendían frecuencias bimodales, los cuales fueron utilizados para el análisis de las proporciones relativas de los grupos de edades (Tablas 26 y 27). En cada muestra se calculó el porcentaje de peces, p , en el primer grupo de edades (Tabla 28). El análisis de variación de estos porcentajes indica que no hay una diferencia significativa entre las estimaciones obtenidas por los diferentes métodos (Tabla 29). Sin embargo, es también aparente que las muestras provenientes de cada uno de los métodos no son, individualmente, estimaciones precisas de las proporciones relativas, promedio, de los grupos de edades.

Interpretación de los resultados

La comparación de los cuatro métodos de muestreo proporcionó resultados algo variados. En general, todos los métodos parecen proporcionar estimaciones similares del tamaño promedio, por lo menos dentro de 10 mm., aunque algunas de las diferencias son significativas al nivel del cinco por ciento de probabilidad. Las estimaciones de los porcentajes relativos de los grupos de edades son bastante variables, pero tan parecidas entre un método y otro como, dentro de un mismo método, entre una muestra y otra. La eficacia relativa de los cuatro métodos también parece ser similar, ya que no hay grandes diferencias en las estimaciones respectivas de los componentes de variabilidad; no hay, por lo tanto, ninguna justificación para seguir usando los métodos de muestreo dos y tres, que generalmente son mucho más difíciles de emplear.

EFICIENCIA EN EL MUESTREO

Además de comparar los métodos de muestreo, otro problema importante que debe considerarse es el número óptimo de muestras y de peces por muestra. Sin tomar en cuenta factores de costo y diferencias en variabilidad de estrato a estrato, el arreglo de muestreo óptimo es aquél

que proporciona la menor estimación de variabilidad de la media aritmética (para un mes y dentro de un área), (Snedecor, 1956, pp. 512-519; Ostle, 1954, p. 262).

En nuestro caso, la estimación de variabilidad de la media se expresaría por la fórmula:

$$S^2_{(\bar{x})} = \frac{S^2}{nd} + \frac{S^2_d}{d};$$

en donde

S^2 = Componente de variación dentro de una misma muestra

S^2_d = Componente de variación de muestra a muestra

n = el número de pescados por muestra

d = el número de muestras

Las estimaciones requeridas de los componentes de variación han sido obtenidas a base de análisis de variación parecidos a los mencionados en páginas anteriores. Los métodos usados en el cómputo de dichas estimaciones han sido descritos por Ostle (1954) para aquellos casos en que el número de pescados en las muestras no es igual. Nuestras estimaciones para las distribuciones unimodales se presentan en la Tabla 30. Para los casos de las distribuciones bimodales, las diversas estimaciones de los componentes de variación para cada grupo de edades se calcularon sumando todas las estimaciones hasta hacer una sola (Tabla 31). Usando las estimaciones de los componentes de variación derivados de los datos combinados de todos los juegos o grupos y los distintos métodos usados en cada caso (estos datos se presentan en caracteres *itálicos* en las Tablas 30 y 31), y asumiendo que son independientes de n y d , se computaron, haciendo varias combinaciones de n y d , estimaciones de la variación de la media para las distribuciones unimodales y bimodales de cada especie (Tablas 32 y 33).

Un aumento en el número de ejemplares por muestra, n , por arriba de 50 (para un valor d constante) da solo como resultado una pequeñísima disminución de la variación estimada de la media. Un aumento en el número de muestras, d , (para un valor n constante) aporta, por el contrario, una notable disminución en la estimación de la variación de la media. Incluso en las distribuciones bimodales, en las que existe un definido, bien marcado aumento en S^2 en el grupo segundo o grupo "B", se produce un aumento proporcional en el componente S^2_d .

El análisis de que acabamos de hablar demuestra que sería considerablemente más eficaz el tomar menos pescados en cada muestra que los que nosotros usamos de acuerdo con los planes originales. Para averiguar con exactitud los números óptimos, los intervalos de confianza de la media (por un solo mes y dentro de un área determinada) se pueden expresar como $\pm S_{(\bar{x})} t$, con $(d-1)$ grados de libertad. Asumiendo niveles de proba-

bilidad de 0.10 y 0.05 y límites de confianza de ± 20 y ± 10 mm., para el atún aleta amarilla y barrilete, respectivamente, se calcularon las estimaciones de n y d necesarias para dar esta precisión de ± 20 y ± 10 (Tabla 34). Así pues, con límites de confianza de 90 por ciento, se necesitarían, en el atún aleta amarilla, tres muestras de 50 ejemplares cada una para las distribuciones unimodales y 13 muestras de 50 ejemplares cada una para las distribuciones bimodales; para el barrilete se necesitarían tres y seis muestras de 50 pescados cada una para las distribuciones unimodales y bimodales, respectivamente. Dos años de experiencia en los muestreos nos han enseñado que es difícil obtener 13 muestras para cada mes y para cada área, todas las veces que puedan ser necesitadas. Ahora sabemos que si no se puede obtener el número de muestras (d) óptimo, no se gana nada en aumentar el número de ejemplares en cada muestra por encima de 50 (en realidad, en las distribuciones bimodales, haciendo $n > 100$ se puede lograr que d reduzca en uno).

El problema del número óptimo de muestras y de los ejemplares en cada muestra, en relación a la estimación de las proporciones de los grupos de edades, no es tan sencillo de resolver. La variación estimada de la fracción observada (en un mismo mes y área) se expresa mediante la fórmula:

$$S^2_p = \frac{\bar{p}\bar{q}}{\bar{n}_h} + S^2_e :$$

en donde:

\bar{p} = porcentaje promedio de pescados en un grupo de edades
(en todas las muestras)

\bar{q} = $(1 - \bar{p})$

\bar{n}_h = media armónica del número de pescados en cada muestra

S^2_e = variación de la fracción verdadera, p_i , de muestra en muestra
(también llamada variación extraña)

En el análisis de variación de las estimaciones de los porcentajes relativos (Tabla 29), se encontró que la proporción de "variación extraña" era demasiado alta (de 70 a 90 por ciento). Esto quiere decir que aparentemente existen grandes diferencias en la estimación de p_i de una bodega a otra. Parece ser que, aquí también, un aumento en d proporcionaría una estimación de \bar{p}_i más eficaz. Sin embargo, un cálculo exacto del óptimo n y d no es posible en este caso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la obtención de distribuciones de frecuencias de tamaños existe, aparentemente, una gran variación de muestra a muestra, que generalmente oculta la variación proveniente de los diversos métodos de muestreo y aún, en ocasiones, la variación que existe entre peces de distintas áreas

y de distintos meses. La mayor parte de la variación entre muestras es probablemente debida a los métodos de captura, hábitos gregarios de los peces en el océano y/o, principalmente, a la estratificación dentro de las bodegas de los barcos, ya que sólo una porción de cada bodega es incluida en la muestra. Aparentemente existe cierta estratificación de tamaños en las bodegas, pero los datos disponibles para el estudio de este problema son algo limitados. No existen datos acerca de la estratificación en las bodegas de porcentajes relativos de grupos de edades. Sería conveniente efectuar estudios más extensos de la naturaleza y la importancia de la estratificación en las bodegas.

Sea cual fuere la causa, el hecho es que existe una variación entre muestras, y que habiendo sido ésta calculada en relación a la variación dentro de una misma muestra, se recomienda como procedimiento de muestreo más eficaz el siguiente:

- 1) Limitense todas las muestras a 50 ejemplares cada una.
- 2) Empléense solamente los métodos de muestreo uno (sistemático) y cuatro ("de agarre") para obtener los pescados a ser medidos.
- 3) Si las frecuencias son unimodales, obténganse tres muestras de cada área, por mes, tanto del atún aleta amarilla como del barrilete. Si las frecuencias son multimodales, obténganse 13 muestras de atún aleta amarilla y 6 muestras de barrilete, para cada estrato de área y mes.

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

Brock, Vernon E.

- 1954 Some aspects of the biology of the aku, *Katsuwonus pelamis*, in the Hawaiian Islands.
Pac. Sci., Vol. VIII, No. 1, pp. 94-104.

Cochran, W. G.

- 1943 Analysis of variance for percentages based on unequal numbers.
Jour. Amer. Stat. Assoc., Vol. 38, No. 222, pp. 287-301.
1954 Some methods for strengthening the common χ^2 tests.
Biometrics, Vol. 10, No. 4, pp. 417-451.

Godsil, H. C.

- 1938 The high seas tuna fishery of California.
Calif. Div. Fish and Game, Fish. Bull. No. 51, 41 pp.

Marr, John C. and Milner B. Schaefer

- 1949 Definitions of body dimensions used in describing tunas.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull. No. 47, Vol. 51, pp. 241-244.

Ostle, Bernard

- 1954 Statistics in research.
Iowa State College Press, Ames, Iowa, 487 pp.

Satterthwaite, F. E.

- 1946 An approximate distribution of estimates of variance components.
Biometrics, Vol. 2, No. 6, pp. 110-114.

Schaefer, Milner B.

- 1956 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1955.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Ann. Rept. for 1955, pp. 26-58.

Schaefer, Milner B. and John C. Marr

- 1949 Contributions to the biology of the Pacific tunas.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull. No. 44, Vol. 51, pp. 187-207.

Scofield, W. L.

- 1951 Purse seines and other round haul nets in California.
Calif. Dept. Fish and Game, Fish. Bull. No. 81, 83 pp.

Shimada, Bell M.

- 1957 Geographical distribution of the annual catches of yellowfin and skipjack tuna from the Eastern Tropical Pacific Ocean from vessel logbook records, 1952-1955.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. II, No. 7 (in press)

Shimada, Bell M. and Milner B. Schaefer

- 1956 A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean.
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. I, No. 7, pp. 351-469.

Snedecor, George W.

- 1956 Statistical methods, 5th Edition.
The Iowa State College Press, Ames, Iowa, 534 pp.