

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletin

Vol. I, No. 4

MORPHOMETRIC COMPARISON OF YELLOWFIN
TUNA FROM SOUTHEAST POLYNESIA,
CENTRAL AMERICA, AND HAWAII

COMPARACION MORFOMETRICA DE LOS ATUNES "ALETA
AMARILLA" DE LA POLINESIA SUDORIENTAL,
LA AMERICA CENTRAL Y HAWAII

by — por

MILNER B. SCHAEFER

La Jolla, California

1955

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

Summary	91
Introduction	92
Collection of data on yellowfin from Southeast Polynesia	93
Relative growth of yellowfin tuna from Southeast Polynesia	94
Fin lengths	94
Body proportions	95
Comparison with specimens from Central America and from Hawaii	95
Fin lengths	95
Pectoral fin	95
Second dorsal and anal fins	96
Body proportions	96
Statistical tests of significance	97
Lengths of pectoral fins.....	98
Body proportions	99
Head length	99
Snout to insertion of first dorsal	100
Snout to insertion of second dorsal	100
Snout to insertion of anal	100
Counts of gill rakers	101
Effects of freezing specimens	101
FIGURES — ILUSTRACIONES	110

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

Sumario	117
Introducción	118
Recopilación de datos del atún “aleta amarilla” de la Polinesia sudoriental.....	119
Crecimiento relativo del atún “aleta amarilla” de la Polinesia sudoriental.....	120
Longitud de las aletas	120
Proporciones del cuerpo	121
Comparación con especímenes de la América Central y de Hawaii	121
Longitud de las aletas	121
Aleta pectoral	121
Segunda aleta dorsal y anal	122
Proporciones del cuerpo	122
Pruebas estadísticas de significación	123
Longitud de las aletas pectorales	124
Proporciones del cuerpo	125
Longitud de la cabeza	126
Distancia de la nariz a la inserción de la primera aleta dorsal	126
Distancia de la nariz a la inserción de la segunda aleta dorsal	126
Distancia de la nariz a la inserción de la aleta anal	127
Cómputo de branquiespinas	127
Efectos de la congelación de los especímenes	128
LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA	136

**MORPHOMETRIC COMPARISON OF YELLOWFIN TUNA FROM
SOUTHEAST POLYNESIA, CENTRAL AMERICA, AND HAWAII**

by

Milner B. Schaefer

SUMMARY

It is important to the Inter-American Tropical Tuna Commission to determine whether or not the yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) which support the large commercial fishery along the American West Coast are distinct from populations of this species further to the westward. Previous research has shown that there are marked differences in morphometric characteristics of specimens from Hawaii and from the West Coast. In the present study there are compared biometric data from specimens from Southeast Polynesia (Marquesas, Society, and Tuamotu Islands) with data from specimens from Central America and from Hawaii.

Yellowfin tuna from Southeast Polynesia are similar to specimens from Hawaii in having very long second dorsal and anal fins, much longer than those of individuals of comparable sizes from Central America. Indeed, these fins are even longer on Southeast Polynesian specimens than on those from Hawaii. The pectoral fins of fish from Southeast Polynesia are, likewise, much longer than those of yellowfin tuna of the same sizes from Central America, and are also significantly longer than those of Hawaiian specimens.

With respect to body dimensions (head length, snout to insertion of first dorsal, snout to insertion of second dorsal, and snout to insertion of anal), yellowfin tuna from Southeast Polynesia appear to be somewhat intermediate between specimens from Hawaii and from the American West Coast. Head lengths and distances from the snout to the insertions of the first dorsal and second dorsal fins of specimens from Southeast Polynesia are, however, so far as the present data indicate, not significantly different from those of specimens from Central America, but are different from those of specimens from Hawaii. The distance from snout to anal insertion, on the contrary, is not significantly different for Southeast Polynesian fish and Hawaiian fish, but there is a significant difference between specimens from Southeast Polynesia and from Central America.

Gill raker counts of specimens from Southeast Polynesia are, on the average, the same as those from the American West Coast, but are significantly higher than for specimens from Hawaii.

This study offers further confirmation of the conclusion that the yellowfin tunas of the Pacific are separated into a number of independent or semi-independent populations. In particular, it appears that the members of this species inhabiting the region of the commercial fishery along the West Coast of the Americas compose a group distinctly different from populations further to the westward, although the possibility of some intermingling cannot be excluded at this time.

INTRODUCTION

The yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus*, occurs throughout the tropical Pacific, and is the object of sizable commercial fisheries in several regions within this large area. Other regions, however, such as the sea area around the Marquesas and Society Islands and the Tuamotu Archipelago, which are known to be inhabited by this species, support no fishery of consequence. The fishery conducted in the Eastern Pacific, adjacent to the West Coast of the Americas, is the particular concern of the Inter-American Tropical Tuna Commission. The Commission is directed by the Convention under which it operates to gather and interpret factual information required to maintain the populations of tunas (yellowfin and skipjack) in this area at levels which will permit maximum sustained catches.

An obviously important question is just what is the extent of the population of yellowfin tuna which is being fished in the region of the present fishery along the coast of the Americas? Is it a separate entity from the populations of yellowfin tuna further to the westward, or is it only a part of a large population, but one edge of the range of which is being exploited by the fishery?

One approach to answering this question is by means of comparing measurements of body form and counts of denumerable characters from series of specimens from the region of the American West Coast with similar data from series of specimens from regions further to the west. Such comparisons have already been made with specimens from the Hawaiian Islands by Schaefer (1952), and by Godsil and Greenwood (1951), resulting in the conclusion that the population in the region of the Hawaiian

Islands is distinctly different from that of the American West Coast. Royce (1953) has compared measurement data for yellowfin tuna from a number of localities in the Pacific, on the basis of which he concluded that there are probably a number of at least semi-independent stocks. He found evidence of a cline along the Equator, with yellowfin from the Eastern Pacific having larger heads, greater body depths, greater distances from the snout to the fin insertions, and smaller fins. From his Figures 2, 3, and 4, however, it would appear that an equally reasonable interpretation is that there are three populations, or population complexes, in the Pacific equatorial region, with boundaries in the vicinity of 165° E. longitude and 130° W. longitude. Royce recognized this possibility, stating "the data suggest the cline is stepped, with greater differences between the Marshall and Caroline Island samples and between the Line Islands and 130° W. longitude."

Inasmuch as Southeast Polynesia (the Marquesas, Society, and Tuamotu Islands) is the island group most closely adjacent to the region of the present commercial fishery along the American West Coast, it is particularly valuable to compare specimens from these two regions to determine whether or not it is likely that they comprise different stocks. It is of some interest also to determine how closely the specimens from Southeast Polynesia may correspond to those of the Hawaiian Islands, both of which are on the western side of the East Pacific faunal barrier.

COLLECTION OF DATA ON YELLOWFIN TUNA FROM SOUTHEAST POLYNESIA

Two series of measurement data have been obtained from specimens of yellowfin tuna from Southeast Polynesia. The first of these is a series of 46 specimens captured in 1949 by an exploratory vessel of the Hawaiian Tuna Packers, Inc. which landed her catch frozen at Honolulu. Measurements of various body dimensions and gill raker counts were made by the author and one of his assistants while employed by the U. S. Fish and Wildlife Service, and by two members of the Division of Fish and Game of the Territory of Hawaii. Measurements were made according to the procedures of Marr and Schaefer (1949). This series includes the 33 specimens from the Society Islands used by Royce (1953). A second series of specimens was captured in 1953 by the fishing vessel "Challenger" and landed frozen at Terminal Island, California. Measurements taken by the same procedures were made by the author assisted by Messrs. Bell M. Shimada and Gerald V. Howard of the Inter-American Tropical Tuna Commission.

Measurements and gill raker counts employed in this paper are given in Table 1 for both series of specimens. I am indebted to Mr. O. E. Sette, Director, Pacific Oceanic Fishery Investigations, U. S. Fish and Wildlife Service, for permission to use the data collected in 1949.

Blanks in the table indicate that the corresponding measurement or count was not made for the particular specimen. Three measurements were omitted from subsequent analysis of the 1949 series because they deviated more than three standard errors from the appropriate regression lines and were most probably recording errors. These measurements were as follows:

	Rejected Value
513 mm. specimen, snout to insertion second dorsal fin.....	168 mm.
513 mm. specimen, length pectoral fin	288 mm.
807 mm. specimen, snout to insertion anal fin	435 mm.

RELATIVE GROWTH OF YELLOWFIN TUNA FROM SOUTHEAST POLYNESIA

Equations relating the lengths of the second dorsal, anal, and pectoral fins to total length, and relating the dimensions of various sections of the body to total length for yellowfin tuna from the American West Coast, the West Coast of Africa, and Hawaii, have been published by Schaefer (1948), Godsil (1948), Schaefer and Walford (1950), and Schaefer (1952). The general forms of these relationships for yellow fin tuna from Southeast Polynesia are the same as for those other regions.

Fin Lengths

Previous studies, referred to above, have indicated that the pectoral fin of yellowfin tuna grows slower than the total length of the fish, and that the relationship between the two is such that the length of the pectoral fin bears a linear relationship to the logarithm of the total length of the fish. It may be seen from Figure 1 that this is true also for yellowfin tuna from Southeast Polynesia. The regression statistics are given in Table 2.

The second dorsal and anal fins of yellowfin tuna, unlike the pectoral, grow very much faster than the total length of the fish, so that at large fish sizes these fins are relatively tremendously long. For specimens from waters adjacent to Central America, Schaefer (1948) and Schaefer and Walford (1950) found that over the range of total lengths available (542 to 1571 millimeters) the relationship between the logarithm of fin length and logarithm of total length was well described by a linear regression. For

Hawaiian fish, however, where the fins of large fish are much larger at the same fish size than those of Central American fish, it was shown by Schaefer (1952) that for the range of total lengths 451 to 1785 millimeters the relationship between logarithm of fish length and logarithm of fin length was not linear, but was well fitted by a second degree polynomial. For fish lengths over 600 millimeters, however, a linear equation still provided a fairly good fit to the Hawaiian data. As we have illustrated in Figures 2 and 3, the relationship of logarithm of length of fin to logarithm of total length is not linear over the range of sizes available from Southeast Polynesia, but, like the Hawaiian data, is well fitted by second degree polynomials. These equations of the polynomials fitting our data from Southeast Polynesia are:

For logarithm of second dorsal, y , on logarithm of total length, x ,

$$y = 6.9004 - 5.1626 x + 1.2100 x^2$$

For logarithm of anal, y , on logarithm of total length, x ,

$$y = 3.3182 - 2.8442 x + 0.8397 x^2$$

Body proportions

It has been shown in the references cited that for other yellowfin tuna populations the relationship between the total length of the fish and length of head, distance from snout to insertion of first dorsal, distance from snout to insertion of second dorsal, and distance from snout to insertion of anal are very nearly linear. The plots of these dimensions (Figures 4-7) for specimens from Southeast Polynesia, to which appropriate linear regressions have been fitted, indicate that here, also, the linear relationships between variables is adequate. Statistics of these regressions are tabulated in Table 2.

COMPARISON WITH SPECIMENS FROM CENTRAL AMERICA AND FROM HAWAII

Fin lengths

Pectoral fin

In Figure 1 have been plotted the lengths of the pectoral fins of specimens from Southeast Polynesia against the logarithms of the total lengths of the fish. The regression of fin length on logarithm of body length best fitting these data is drawn as a solid line. On the same graph are shown the regression lines for specimens from Central America (Schaefer 1948) and from Hawaii (Schaefer 1952).

It may be seen that with respect to length of pectoral fin, the specimens from Southeast Polynesia are rather similar to those from Hawaii, but that they differ considerably from specimens from Central America. Over the range of sizes considered, yellowfin tuna from Southeast Polynesia have, on the average, longer pectorals than specimens from Central America, and this difference increases slightly with size of fish.

Second dorsal and anal fins

In Figures 2 and 3 are plotted the logarithms of length of second dorsal and anal fins, respectively, against logarithms of body length, for specimens from Southeast Polynesia, together with the polynomial regressions fitted to these data, as well as the regressions, from the publications above cited, for specimens from Hawaii and from Central America.

It is to be seen from these graphs that the yellowfin tuna from Southeast Polynesia are very different, with respect to length of these fins, from specimens from Central America. The specimens from Southeast Polynesia have, on the average, very much longer fins at the same size of fish. Indeed, these fish have fins which average even longer than those of Hawaiian specimens.

Body proportions

Hawaiian yellowfin tuna have been shown by Schaefer (1952) to differ significantly from specimens from the American West Coast with respect to head length and distances from the tip of the snout to the insertions of the first dorsal, second dorsal, and anal fins. Each of these dimensions increases relative to total length more rapidly in the case of West Coast fish than Hawaiian fish.

In Figures 4 and 5 we have plotted the measurements of head length and distance from snout to insertion of first dorsal against total length for the specimens from Southeast Polynesia. We have also drawn the linear mean square regression line fitting these data, together with similar lines for specimens from Hawaii and from Central America, the statistics of which have been published by Schaefer (1948, 1952).

It is quite obvious that the regression lines for these dimensions for specimens from Southeast Polynesia are nearly identical to those for specimens from the American West Coast, and are, by the same token, different from those for Hawaiian specimens. The Southeast Polynesian yellowfin, like those from the West Coast, have, on the average, at large sizes, relatively longer heads and greater distances from snout to insertion of first dorsal than do fish from Hawaii.

The distances from snout to insertions of second dorsal and anal have been treated in the same fashion in Figures 6 and 7. In these cases the regressions for the specimens from Southeast Polynesia appear to be somewhat intermediate between the regressions for the other two areas. Whether, indeed, the population from Southeast Polynesia is significantly different with respect to those dimensions from either of the other two will have to be decided on the basis of a critical statistical test.

STATISTICAL TESTS OF SIGNIFICANCE

The problem of judging the significance of differences between regions in the case of morphometric data for yellowfin tuna is of some complexity. We cannot assume that the specimens from each region constitute a simple random sample. It has been shown by Godsil (1948) and by Schaefer (1952) that repeated samples from the same region are somewhat more different from each other than would be expected if the samples were simple random samples from a homogeneous population.

The same kind of result is obtained, in general, from comparing the 1949 sample and the 1953 sample of specimens from Southeast Polynesia. Comparisons of these two samples, with respect to the five characters yielding linear regressions, have been made by the usual covariance analysis (Kendall 1946, p. 237 *et seq.*), the results being shown in Table 3. For two of the characters, length of pectoral fin and snout to insertion of anal fin, the two samples are such that they might have been drawn by simple random sampling from a homogeneous population. With respect to the other three characters, however, the two samples do not agree with such a hypothesis. In each of these cases there is no significant difference between regression coefficients, but there is a significant difference in adjusted means (i.e. in the levels of the regression lines). Various possible reasons for this sort of heterogeneity between samples have been advanced. Godsil (1948) has suggested that such differences are due to incomplete mixing of the population of a region, so that the non-random nature of the sampling results in differences greater than would be expected from simple random sampling. Schaefer (1952) has suggested that differences may result from the departure of the true relative growth relationships from the simple mathematical relationships used as a basis for covariance analysis, coupled with differences in size-composition of samples.

This is not an unusual kind of phenomenon where sampling cannot be made representative by some means. Cochran, Mosteller and Tukey (1954) have noted that where samples are taken by "grabbing a handful," as we essentially do in sampling the tuna populations, even if the "grabs"

are randomly spread around so that every individual has an equal chance of entering the sample, there are difficulties, because the individuals of the grab samples resemble one another more than do individuals of random samples.

One means of handling this problem has been suggested by these authors (p. 19), "One of the simplest ways is to build up the sample from a number of independent subsamples, each of which is self-sufficient, though small, and to tabulate the results of interest separately for each subsample. Then variation among separate results gives a simple and honest yardstick for the variability of the result or results obtained by throwing all the samples together." We may, thus, use the variation among samples from the same region as a criterion for judging whether pooled samples from different regions differ more than might on this basis be expected.

Fortunately, we have available from the American West Coast several sets of interpenetrating replicate subsamples reported by Godsil (1948) and a further set reported by Schaefer (1948) with respect to head length and distances from the snout to several fin insertions, as well as the two subsamples from Southeast Polynesia. In Table 4 have been tabulated for each of the several body dimensions with which we are now concerned the mean squares and degrees of freedom associated with variation among samples from (1) comparison of Godsil's 13 samples from the American West Coast, (2) comparison of Godsil's samples and Schaefer's sample from Central America, and (3) the two samples from Southeast Polynesia. The computations of the values for (1) and (2) are given by Schaefer (1952, Tables 5 and 6). Values for the two samples from Southeast Polynesia come from Table 3 of this paper. The last line of Table 4 shows the estimate of mean squares due to variation among samples from the same region, combining the three preceding separate estimates. These variances may, then, be used as a basis of judging whether or not differences between regions are of such magnitude that they might be expected to occur by chance among samples of this sort from the same population.

Lengths of pectoral fins

It has been seen from Figure 1 that the tuna from Southeast Polynesia appear to have longer pectoral fins at the same size than tuna from Hawaii. In order to test the significance, in a statistical sense, of this apparent difference we may compare, by usual methods of covariance analysis, the linear regression of fin length on logarithm of total length for our specimens from Southeast Polynesia and the 203 specimens from Hawaii reported by Schaefer (1952). Results of such analysis are presented in Table 5. The variance attributable to differences between areas compared with that attributable to deviations from regressions within areas

yields a variance ratio of 8.22 with 2 and 268 degrees of freedom, which is much greater than would be expected if the samples had all been randomly drawn from a single population. It will be remembered that the comparison of the two subsamples from Southeast Polynesia, Table 3, showed that for this character variation between subsamples from the same area was not greater than that to be expected from simple random sampling.

It appears, therefore, that yellowfin tuna from Southeast Polynesia have pectoral fins significantly longer than those from Hawaii. It further appears from the analysis that the difference in slopes of the regression lines, although slight, is also highly significant.

Body proportions

Comparisons of specimens from Southeast Polynesia with Schaefer's specimens from Central America, and also with specimens from Hawaii, with respect to the several body proportions measured, are recapitulated in Tables 6 and 7. In these tables we have computed, in each case, by standard methods of covariance analysis (Kendall 1946) the mean squares attributable to differences between areas. These mean squares may be compared with the estimated mean square variation among samples from the same region (Table 4), in order to judge whether they are larger than might be expected frequently to occur among repeated samples from the same area, and so provide a test of significance.

Statistical examination of this sort, details of which are given immediately below, indicates that with respect to head length, snout to insertion of first dorsal, and snout to insertion of second dorsal, yellowfin from Southeast Polynesia are not different from specimens from Central America. With respect to each of these dimensions the specimens from Southeast Polynesia are probably different from specimens from Hawaii, although the level of significance corresponds to less than 1% probability for the null hypothesis only in the case of head length. With respect to distance from snout to insertion of anal, conversely, the specimens from Southeast Polynesia are within the expected range of variation of specimens from Hawaii, but are probably significantly different from specimens from Central America, although the level of significance lies between 1% and 5% probability values for the null hypothesis.

Head length

The mean square between areas computed from the samples from Central America and Southeast Polynesia is 140 with 2 degrees of freedom. Since it was estimated in Table 4 that the mean square variation among samples from the same area is 189.5 with 28 degrees of freedom, the observed difference cannot be accepted as significant.

Comparing the mean square between areas for Hawaii and Southeast Polynesia from Table 7 (2,105) with the above estimate of variation among samples from the same region, we obtain a variance ratio $F = 2105/189.5 = 11.1$ with 2 and 28 degrees of freedom, corresponding to a probability value of less than .01. It may be concluded, therefore, that the observed difference between Hawaiian and Southeast Polynesian fish is real. From the variance ratio $F = 559/189.5 = 2.95$ with 1 and 28 degrees of freedom, it may be seen that there is no difference between regression coefficients, the difference being associated entirely with the levels of the regression lines for the two areas.

Snout to insertion of first dorsal

Similar results are obtained for this dimension. The mean square associated with differences between areas (25.5), comparing Southeast Polynesia and Central America, is obviously not significant.

The analogous mean square comparing Hawaii and Southeast Polynesia, judged against the expected variation among samples from the same area from Table 4, leads to a variance ratio $F = 761.5/202.1 = 3.77$ with 2 and 28 degrees of freedom, which is significant at the 5% probability level, but not at the 1% level. It may be seen from the computation in Table 7, that the difference is due to the levels of the regression lines rather than their slopes.

Snout to insertion of second dorsal

Comparing specimens from Southeast Polynesia and Central America (Table 6), we find that the mean square variation between areas is not larger than the variation among samples from the same area (Table 4), and hence cannot be judged different on the basis of these data.

The difference between Hawaiian fish and fish from Southeast Polynesia with respect to this dimension (Table 7), on the other hand, is greater than would be expected to occur among samples from the same area (Table 4). The variance ratio is, in this case, $F = 1205/261.9 = 4.61$ with 2 and 28 degrees of freedom, significant at the 5% level, but not at the 1% level. Again the difference in regression coefficients is not significant, but the difference in levels is.

Snout to insertion of anal

This dimension, as may be seen from Figure 7, is different from the preceding three in that the Southeast Polynesian fish seem to be similar to Hawaiian specimens and different from those from Central America. Statistical comparison confirms this.

As may be seen from Table 6, comparing Central American and Southeast Polynesian specimens, we obtain a mean square between areas larger than that expected from the mean square variation among samples from the same area (Table 4), judged by the ratio $F = 1809/356.8 = 5.07$, with 2 and 28 degrees of freedom, which is significant at the 5% level. Again, the difference is attributable to difference in level of the regression lines rather than in their slopes.

Comparison of Southeast Polynesian specimens with Hawaiian (Table 7) reveals the mean square of 404.5 between areas, not significantly larger than the estimated variation among samples from the same area shown in Table 4. The variance ratio $F = 404.5/356.8 = 1.13$ is far inside the 5% level.

COUNTS OF GILL RAKERS

Schaefer (1952) has found a significant difference between gill raker counts of yellowfin tuna from Hawaii and from the American West Coast. He has also shown that there is no significant difference between averages of a series of counts made by him and a series made by Godsil and Byers (1944). These denumerable structures are much simpler for statistical comparisons than body proportions and fin lengths, since they do not change in number with size of fish over the range of sizes with which we are dealing.

The counts of total gill rakers of the 58 specimens from Southeast Polynesia, listed in Table 1, have a mean value of 30.60 with a standard error of .167.

Schaefer's (1948) Costa Rican specimens had exactly this same mean value. Pooling Schaefer's data and Godsil and Byer's data we may estimate the mean count for yellowfin tuna from the American West Coast as 30.46 with a standard error of .116. The difference between this value and the mean count for Southeast Polynesian fish, 0.14, is associated with a value of t of .70, and is, thus, not significant.

Schaefer (1952) reported for 188 Hawaiian fish a mean gill raker count of 29.66 with a standard error of .087. The difference of 0.94 between this and the mean value for fish from Southeast Polynesia is associated with a t value of 5.16. This difference is highly significant.

EFFECTS OF FREEZING OF SPECIMENS

It is to be noted that the specimens from Southeast Polynesia were frozen aboard commercial fishing vessels and were measured after thaw-

ing upon their return to port. The specimens from Hawaii and from the American West Coast were, on the other hand, measured while fresh, shortly after capture. This raises some question as to whether the differences in body proportions, between fish from Southeast Polynesia and the other two regions may not be due to effects of freezing and thawing.

Godsil and Greenhood (1951) have investigated the effects of freezing on body proportions of yellowfin tuna. They noted that the variance about the regression lines for frozen, commercial samples is greater than for fresh material. Our data from Southeast Polynesia do not seem to confirm this. Comparing the values of standard deviations from regressions (Table 3) with comparable values for the Hawaiian specimens (Schaefer 1950, Table 2) and specimens from Costa Rica (Schaefer 1948, Table 2) indicates that the variation about the regression lines are, for the same dimensions, quite similar in all three cases.

Godsil and Greenhood have shown also that there is a systematic change in the body dimensions of frozen fish, each of the dimensions used by us tending to increase slightly, relative to total length, as a result of freezing. The increase in each case amounts to about 2 millimeters or less, on the average. This is due, evidently, to a differential shrinkage of the trunk of the fish. It may be seen from the regression lines in our figures that the magnitude of this difference is quite insignificant in comparison with the differences between regions which have been judged to be significant in the foregoing analyses.

TABLE 1. Morphometric data from yellowfin tuna from Southeast Polynesia.

Total length	Head Length	Snout to insertion first dorsal	Snout to insertion second dorsal	Snout to insertion anal	Length pectoral fin	Length second dorsal fin	Length anal fin	Number of gill rakers	Sex
Sampled in 1949									
496	142	160	273	298	148	62	56	9 + 21	....
497		164	281	.....	140	56	49	10 + 22	F
504	150	169	286		141	56	....	11 + 21	....
510	146	157	279	309	154	65	56	9 + 21	....
513		152	168	.....	288	62	64	10 + 20	....
519	151	168	285		146	63	64	10 + 21	....
523	154	166	292	322	155	65	61	8 + 21	F
531	159	175	296	.....	160	63	62	11 + 22	M
547	..	179	307	.. ..	172	67	67	10 + 20	M
550	160	176	303	.....	182	71	74	9 + 18	F
559	161	182	313	.....	184	77	69	10 + 22	M
565	....	181	313	.....	171	66	68	9 + 20	....
571	161	182	317	353	173	69	71	10 + 22	F
572	165	181	313	346	181	74	74	8 + 19	....
576	164	180	315	.....	181	68	70	10 + 21	M
582	169	182	323	.....	181	..	.....	.....	M
599		189	328	.....	182	75	76	10 + 21	M
602	176	191	332	.....	194	....	....	9 + 22	M
623	176	199	344	376	210	103	102	10 + 20	M
638	180	197	340	388	191	91	95	9 + 22	M
754	218	240	414	.....	247	97	125	10 + 22	F
756	214	236	413	450	253	122	132	9 + 20	F
768	216	245	422	455	237	120	121	8 + 21	M
769	218	235	409	450	232	135	149	10 + 20	M
773	216	236	404	454	245	132	106	10 + 21	M
780	224	240	418	..	237	.....	138	11 + 20	....
782	216	248	421	455	208	148	148	11 + 20	M
788	225	245	420	472	241	139	129	9 + 20	....
796	227	249	426	..	253	144	152	10 + 21	F
798	226	248	432	476	231	124	128	9 + 20	F
799	224	243	428	.....	256	138	167	12 + 21	F
801	225	251	426	470	241	123	134	.....	M
801	226	241	429	.....	239	.....	.....	.....	....
807	227	240	432	435	249	149	173	10 + 21	M
821	229	259	444	.....	261	132	147	.....	M

**TABLE 1. Morphometric data from yellowfin tuna from Southeast Polynesia.
(Continued)**

Total length	Head Length	Snout to insertion first dorsal	Snout to insertion second dorsal	Snout to insertion anal	Length pectoral fin	Length second dorsal fin	Length anal fin	Number of gill rakers	Sex
826	221	246	441	.....	263	.....	.....	.....	....
841	228	246	448	.....	281	150	166	9 + 20	F
846	231	252	451	497	256	134	132	.....	....
865	231	249	448	.....	266	169	173	.....	....
866	235	263	451	509	263	163	157	9 + 20	F
868	236	266	461	.....	265	123	148	.....	....
881	238	255	462	.....	293	170	169	.....	....
903	238	264	478	519	267	.....	....	9 + 21	M
905	238	..	469	527	281	154	174	9 + 20	M
1426	.....	379	700	.....	373	427	.....	.....	....
1427	358	390	713	.....	376	476	497	.....	....
Sampled in 1953									
537	159	179	308	335	163	66	66	11 + 20	F
703	207	223	390	421	215	110	117	9 + 22	....
728	212	233	405	439	224	104	..	11 + 21	....
729	203	225	390	421	228	102	105	9 + 21	....
740	210	228	388	444	234	110	116	10 + 20	....
748	214	232	403	442	217	105	97	11 + 21	....
749	212	232	404	431	241	124	133	9 + 21	....
760	216	240	404	454	236	..	118	11 + 21	....
770	219	233	406	451	249	121	120	10 + 20	....
778	217	240	415	461	243	122	114	10 + 21	....
799	227	253	441	493	224	104	114	10 + 21	F
1043	288	312	548	615	316	217	272	9 + 21	F
1058	288	310	556	611	309	.....	233	10 + 22	F
1070	286	324	567	617	301	206	184	.....	....
1083	288	308	565	626	310	224	271	10 + 22	F
1085	288	313	562	618	322	264	311	11 + 20	M
1101	299	320	562	630	326	261	302	10 + 21	F
1106	297	316	565	646	325	248	244	10 + 21	M
1122	305	344	595	631	326	235	250	10 + 21	M
1140	308	323	578	639	338	.....	278	10 + 21	....
1147	304	348	607	635	361	.....	357	9 + 21	....
1150	313	353	616	646	339	.....	309	11 + 21	M
1186	315	345	614	674	330	270	286	11 + 21	M
1335	344	381	679	733	339	454	507	11 + 20	M

TABLE 2. Statistics of linear regressions of measurements of yellowfin tuna from Southeast Polynesia.

Independent variable x	Dependent variable y	N	\bar{x}	\bar{y}	b	s
Total length	Head length	64	813	225	0.2402	4.82
do.	Snout to insertion first dorsal	69	801	244	0.2581	7.71
do.	Snout to insertion second dorsal	69	807	430	0.4773	7.74
do.	Snout to insertion anal	43	846	494	0.5233	8.51
Log. total length	Length pectoral	69	2.89055	243	504.53	10.89

All logarithms are to base 10

N = number in sample

\bar{x}, \bar{y} = means of x and y

b = regression coefficient of y on x

s = standard deviation from regression (standard error of estimate)

TABLE 3. Comparison of 1949 and 1953 morphometric data, Southeast Polynesia, by covariance analysis, linear regressions.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratios
Head length				
Deviations from total regression	62	1,438		
Deviations from regressions within samples (years)	60	1,172	19.53	$\frac{133}{19.53} = 6.81$
Differences between samples	2	266	133	
Differences between regression coefficients	1	0	0	
Differences between adjusted means	1	266	266	
Snout to insertion first dorsal fin				
Deviations from total regression	67	3,982		
Deviations from regressions within samples (years)	65	3,395	52.23	$\frac{293.5}{52.23} = 5.62$
Differences between samples	2	587	293.5	$\frac{64}{52.23} = 1.23^*$
Differences between regressions	1	64	64	
Differences between adjusted means	1	523	523	$\frac{523}{52.41} = 9.98$
Snout to insertion second dorsal fin				
Deviations from total regression	67	4,015		
Deviations from regressions within samples (years)	65	3,498	53.81	$\frac{258.5}{53.81} = 4.80$
Differences between samples	2	517	258.5	$\frac{88}{53.81} = 1.63^*$
Differences between regressions	1	88	88	
Differences between adjusted means	1	429	429	$\frac{429}{54.33} = 7.90$
Snout to insertion anal fin				
Deviations from total regression	41	2,970		
Deviations from regressions within samples (years)	39	2,713	69.56	$\frac{128.5}{69.56} = 1.84^*$
Differences between samples	2	257	128.5	
Length of pectoral fin				
Deviations from total regression	67	7,947		
Deviations from regressions within samples (years)	65	7,849	120.8	$\frac{49}{120.8} = 0.40^*$
Differences between samples	2	98	49	

* Not significant, $P > 0.05$

TABLE 4. Variation among samples from the same region (linear regressions)

Basis of estimate	Head length		Snout to 1st dorsal		Snout to 2nd dorsal		Snout to anal	
	Mean square	d.f.	Mean square	d.f.	Mean square	d.f.	Mean square	d.f.
Comparison of subgroups— Godsil's data	198.1	24	199.5	24	278.7	24	387.5	24
Comparison of Schaefer's and Godsil's Costa Rican data	144	2	142	2	65.5	2	218	2
Comparison of samples for 1949 and 1953, Southeast Polynesia	133	2	294	2	253	2	128	2
Combined	189.5	28	202.1	28	261.9	28	356.8	28

TABLE 5. Comparison of lengths of pectoral fin of yellowfin tuna from Hawaii and from Southeast Polynesia, by covariance analysis, employing linear regression of fin length on logarithm of total length.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square	Variance ratios
Deviations from total regression	270	46,968		$\frac{1357.5}{165.12} = 8.22$
Deviations from regressions within areas	268	44,253	165.12	
Differences between areas	2	2,715	1357.5	$\frac{1720}{165.12} = 10.42$
Difference between regressions	1	1,720	1720	
Difference between adjusted means	1	995		

TABLE 6. Comparison of body proportions of yellowfin tuna from Southeast Polynesia with specimens from Central America, covariance analysis, linear regressions.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Head length:			
Deviations from total regression	108	2,566	
Deviations from regressions within areas	106	2,286	21.57
Differences between areas	2	280	140
Snout to insertion first dorsal:			
Deviations from total regression	113	5,297	
Deviations from regressions within areas	111	5,246	47.26
Differences between areas	2	51	25.5
Snout to insertion second dorsal:			
Deviations from total regression	113	10,187	
Deviations from regressions within areas	111	9,775	88.06
Differences between areas	2	412	206
Snout to insertion anal:			
Deviations from total regression	87	9,232	
Deviations from regressions within areas	85	5,614	66.05
Differences between areas	2	3,618	1,809
Difference between regressions	1	148	148
Difference between adjusted means	1	3,470	3,470

TABLE 7. Comparison of body proportions of yellowfin tuna from Southeast Polynesia with specimens from Hawaii, covariance analysis, linear regressions.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Head length:			
Deviations from total regression	265	14,175	
Deviations from regressions within areas	263	9,965	37.89
Differences between areas	2	4,210	2,105
Differences between regressions	1	559	559
Differences between adjusted means	1	3,651	3,651
Snout to Insertion first dorsal:			
Deviations from total regression	268	18,780	
Deviations from regressions within areas	266	17,257	64.88
Differences between areas	2	1,523	761.5
Differences between regressions	1	319	319
Differences between adjusted means	1	1,204	1,204
Snout to insertion second dorsal:			
Deviations from total regression	269	30,754	
Deviations from regressions within areas	267	28,344	106.16
Differences between areas	2	2,410	1,205
Differences between regressions	1	213	213
Differences between adjusted means	1	2,197	2,197
Snout to insertion anal:			
Deviations from total regression	243	24,304	
Deviations from regressions within areas	241	23,495	97.49
Differences between areas	2	809	404.5

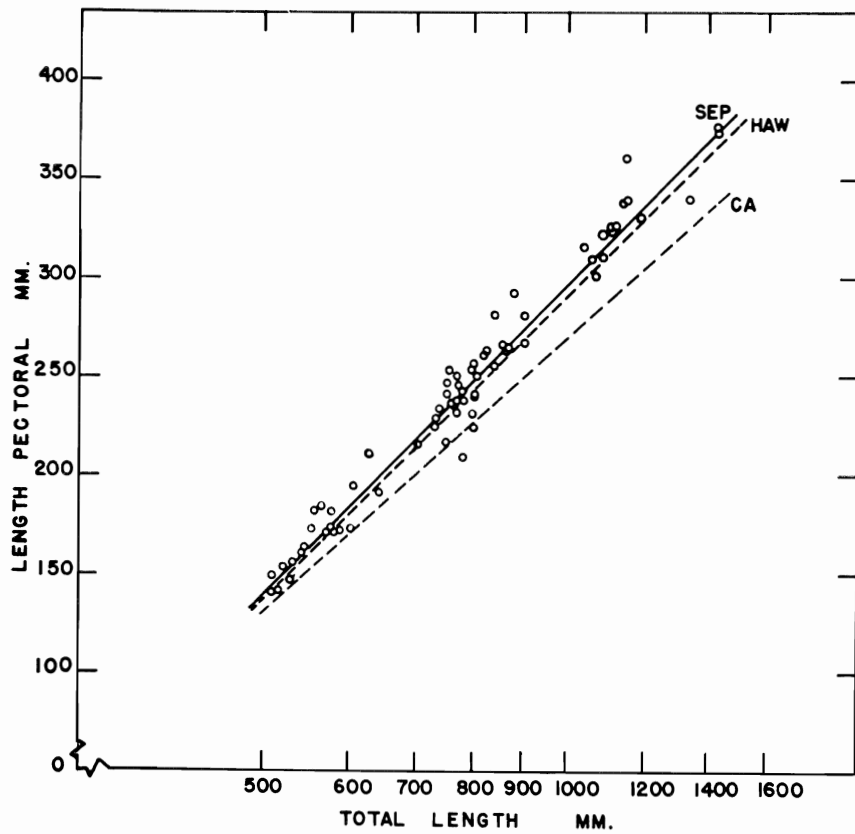


FIGURE 1. Relationship between logarithm of total length and length of pectoral fin. Points represent measurements for individual specimens from Southeast Polynesia. Solid line is the mean square regression for these points. Broken lines are regressions for specimens from Hawaii and Central America, Schaefer (1948, 1952).

Relación entre el logaritmo de la longitud total y la longitud de la pectoral. Los puntos representan medidas individuales de los especímenes de la Polinesia sudoriental. La línea sólida es la regresión cuadrada media de estos puntos. Las líneas quebradas son las regresiones de especímenes de Hawaii y la América Central, Schaefer (1948, 1952).

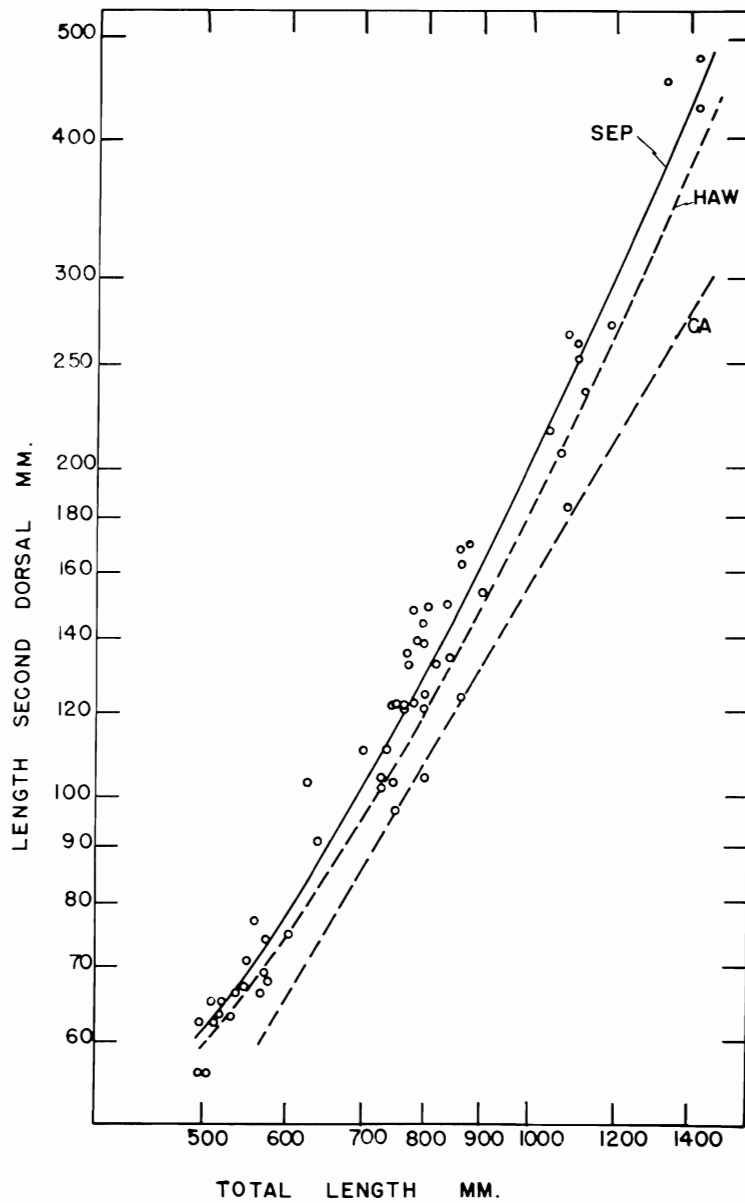


FIGURE 2. Relationship between logarithm of total length and logarithm of length of second dorsal fin. Legend as in Figure 1.

Relación entre el logaritmo de la longitud total y el logaritmo de la longitud de la segunda dorsal. Leyenda como en la Figura 1.

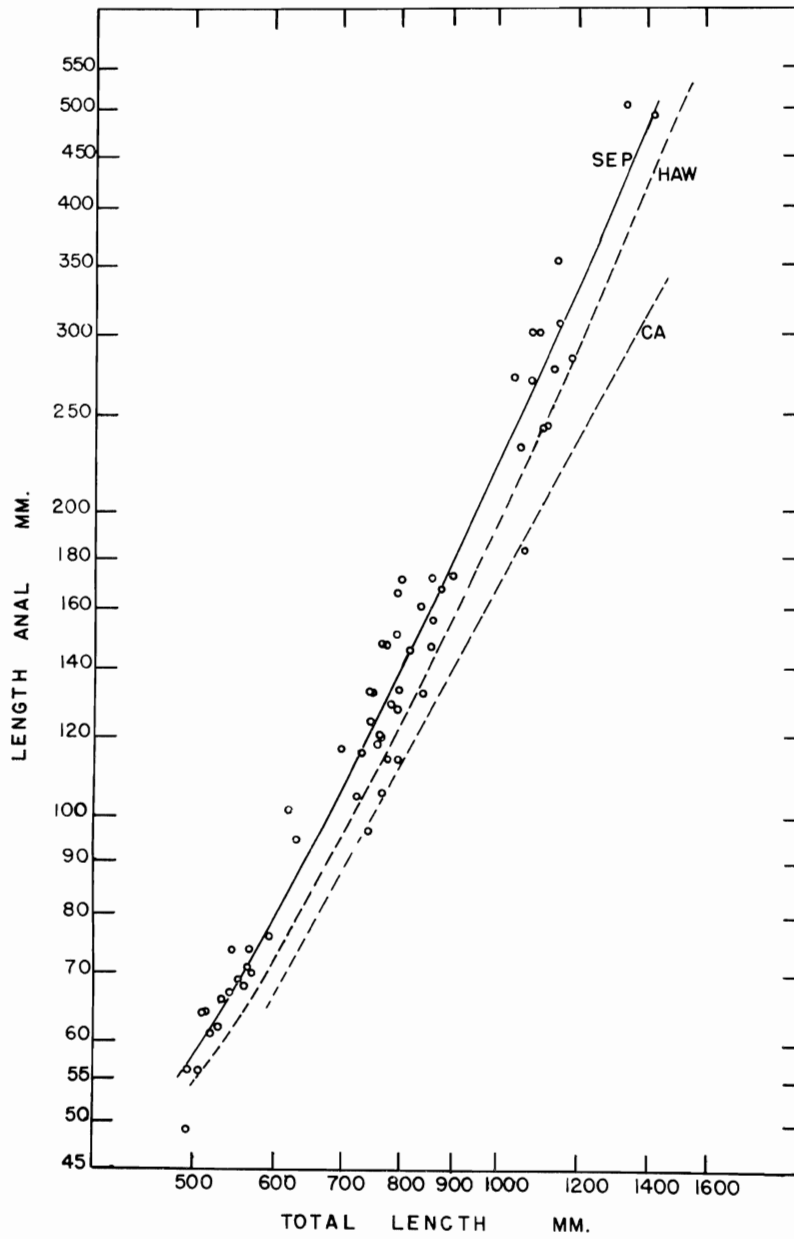


FIGURE 3. Relationship between logarithm of total length and logarithm of length of anal fin. Legend as in Figure 1.

Relación entre el logaritmo de la longitud total y el logaritmo de la longitud de la anal. Leyenda como en la Figura 1.

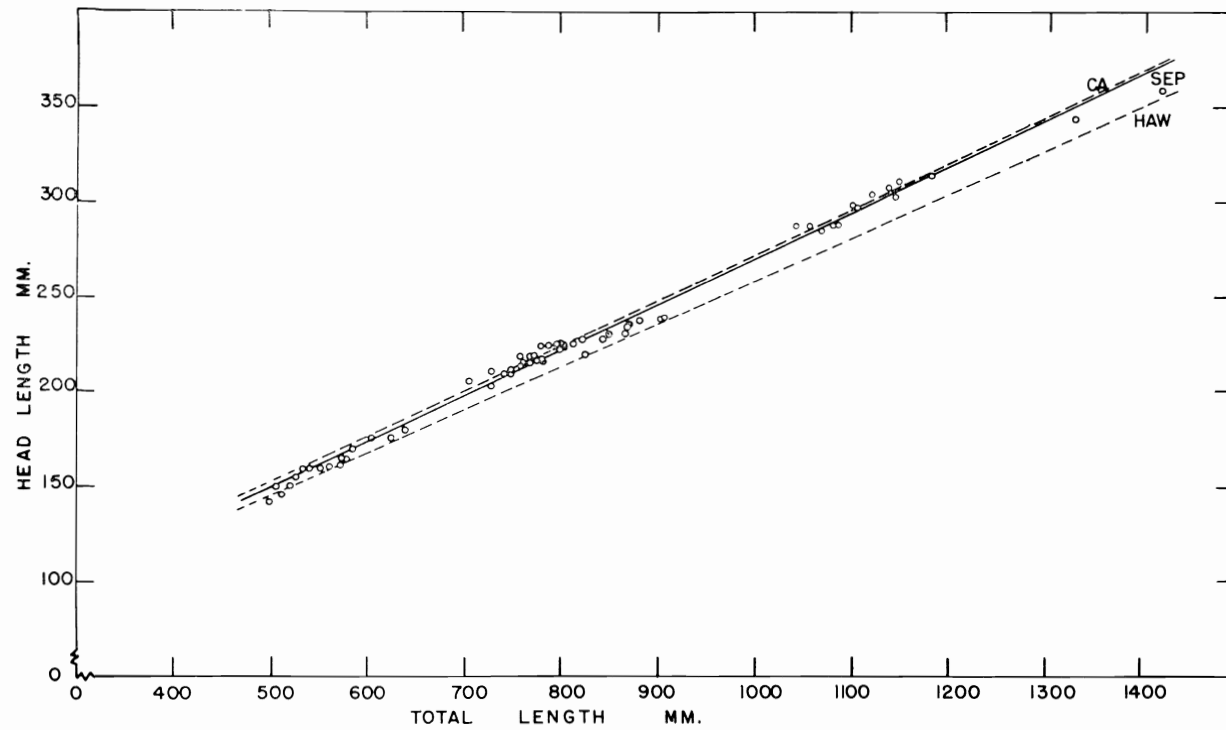


FIGURE 4. Relationship between total length and head length. Legend as in Figure 1.

Relación entre la longitud total y la longitud de la cabeza. Leyenda como en la Figura 1.

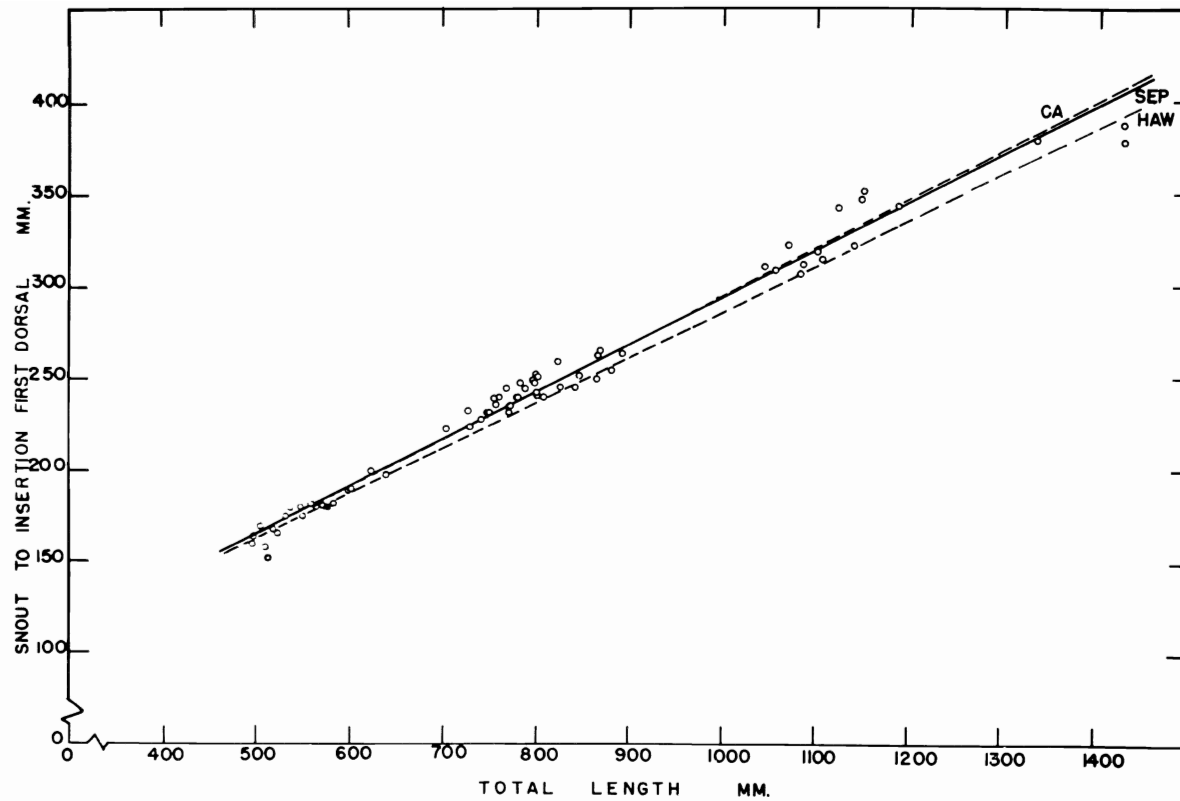


FIGURE 5. Relationship between total length and distance from snout to insertion of first dorsal fin. Legend as in Figure 1.

Relación entre la longitud total y la distancia de la nariz a la inserción de la primera dorsal. Leyenda como en la Figura 1.

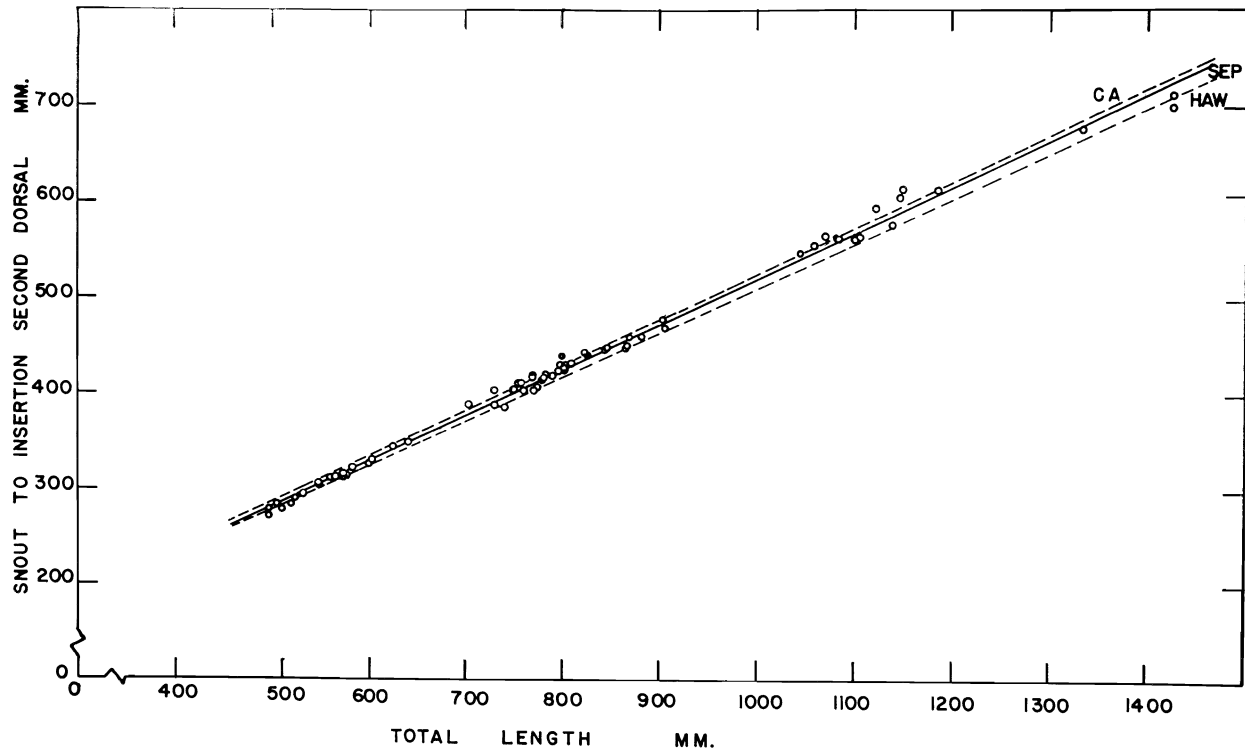


FIGURE 6. Relationship between total length and distance from snout to insertion of second dorsal fin. Legend as in Figure 1.

Relación entre la longitud total y la distancia entre la nariz y la inserción de la segunda dorsal. Leyenda como en la Figura 1.

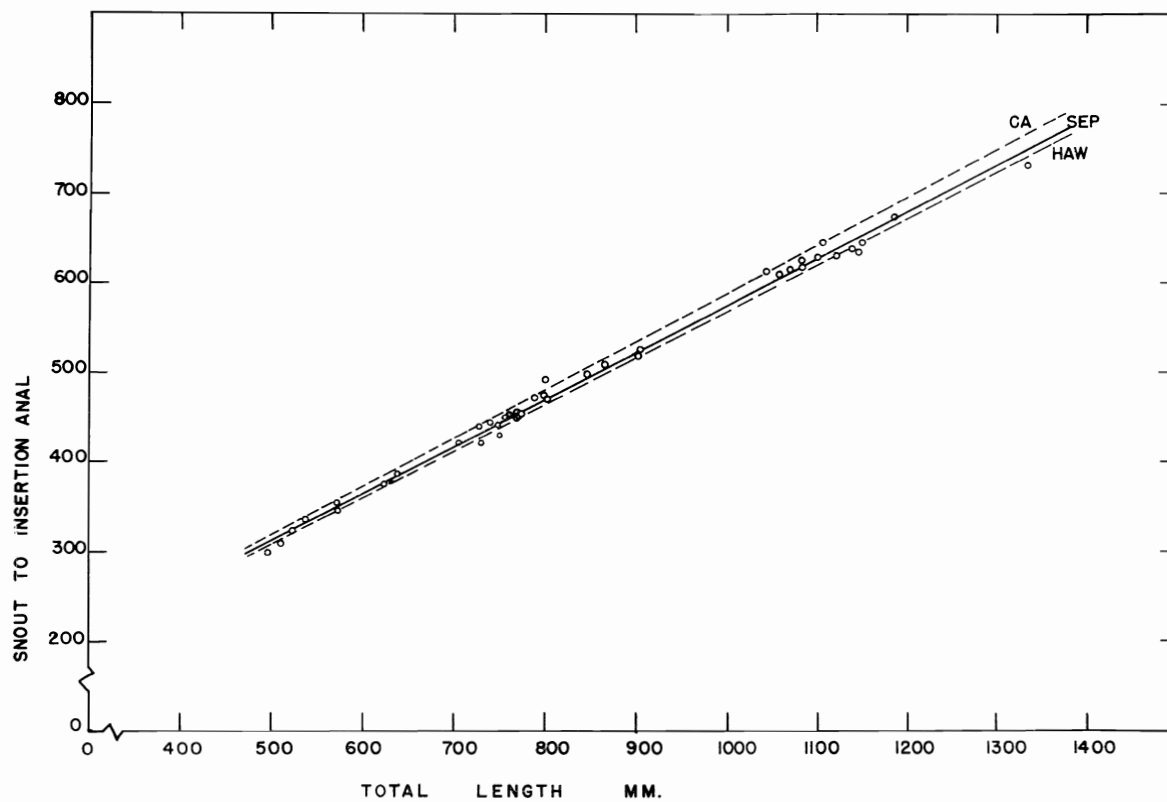


FIGURE 7. Relationship between total length and distance from snout to insertion of anal fin. Legend as in Figure 1.

Relación entre la longitud total y la distancia entre la nariz y la inserción de la anal.
Leyenda como en la Figura 1.

**COMPARACION MORFOMETRICA DE LOS ATUNES "ALETA
AMARILLA" DE LA POLINESIA SUDORIENTAL,
AMERICA CENTRAL Y HAWAII**

por

Milner B. Schaefer

SUMARIO

Es importante para la Comisión Interamericana del Atún Tropical determinar si los atunes "aleta amarilla" (*Neothunnus macropterus*) que mantienen las grandes pesquerías comerciales a lo largo de la costa occidental americana, son diferentes de los atunes de la misma especie que se hallan más al Oeste. Investigaciones previas han indicado que las características morfométricas de los atunes de Hawaii y las de los que se encuentran en la costa occidental difieren notablemente. En el presente estudio se comparan datos biométricos de especímenes de la Polinesia sudoriental (Islas Marquesas, Society y Tuamotu) con datos de especímenes de América Central y de Hawaii.

Los atunes "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental son similares a los de Hawaii por tener la segunda aleta dorsal y la anal muy largas, mucho más largas que las de individuos del mismo tamaño de la América Central. En realidad, estas aletas son aún más largas en los especímenes de la Polinesia sudoriental que en los de Hawaii. Las aletas pectorales de los peces de la Polinesia sudoriental son, de igual manera, mucho más largas que las de los de la América Central y también significativamente más largas que las de los de Hawaii.

Con respecto a las dimensiones del cuerpo (longitud de la cabeza, medidas de la punta de la nariz a la inserción de la primera aleta dorsal, de la punta de la nariz a la inserción de la segunda dorsal, y de la punta de la nariz a la inserción de la aleta anal), los atunes "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental parecen ocupar una posición aproximadamente intermedia entre los de Hawaii y los de la costa occidental americana. Sin embargo, según nuestros datos, las longitudes de las cabezas y las distancias de la punta de la nariz a las inserciones de la primera y segunda dorsal de los especímenes de la Polinesia sudoriental no son significativamente diferentes en comparación con las de los especímenes de la América Central, pero sí con respecto a los de Hawaii. Por el contrario, la distancia de la punta de la nariz a la inserción de la anal no es significativamente diferente entre los especímenes de la Polinesia sudoriental y los de Hawaii, pero sí entre los de la Polinesia sudoriental y los de la América Central.

El número de branquiespinas de los especímenes de la Polinesia sud-oriental es, en promedio, el mismo que el de los de la costa occidental americana, y significativamente mayor que el de los de Hawaii.

Este estudio contribuye a confirmar la conclusión de que los atunes "aleta amarilla" del Pacífico están separados en poblaciones independientes o semi-independientes. En particular, parece que los miembros de esta especie, que habitan la región de la pesquería comercial a lo largo de la costa Oeste de las Américas, componen un grupo notablemente diferente de las poblaciones que habitan más hacia el Oeste, aunque la posibilidad de alguna mezcla parcial no puede ser excluida por ahora.

INTRODUCCION

El atún "aleta amarilla," *Neothunnus macropterus*, se encuentra en el Pacífico tropical y es objeto de una pesca comercial de considerable magnitud en varias regiones dentro de esta gran área. Sin embargo, otras regiones tales como los alrededores de las Islas Marquesas y Society y el Archipiélago de Tuamotu, conocidas como regiones en que abunda esta especie, no mantienen ninguna pesquería de importancia. Las pesquerías que se realizan en el Pacífico oriental, adyacente a la costa occidental de las Américas, conciernen particularmente a la Comisión Interamericana del Atún Tropical. La Comisión está encargada, en virtud del Convenio bajo el cual opera, de recopilar e interpretar la información requerida para mantener en esta área las poblaciones del atún "aleta amarilla" y "barrilete" a niveles que permitan el sostenimiento de una pesca máxima.

Hé aquí una pregunta obvia e importante: ¿Cuál es exactamente la extensión de la población del atún "aleta amarilla" que se pesca en la región de nuestras pesquerías a lo largo de la costa de las Américas? ¿Es una entidad separada de las poblaciones del atún "aleta amarilla" que se encuentran más al occidente, o es sólo parte de una población mayor de cuya extensión únicamente un extremo es explotado por las pesquerías?

Una forma de contestar esta pregunta es comparar las medidas del cuerpo y los resultados del cómputo de caracteres enumerables en series de especímenes de la región de la costa occidental americana, con datos similares de series de especímenes de las regiones más al occidente. Tales comparaciones han sido hechas ya con especímenes de las Islas Hawaianas por Schaefer (1952) y por Godsil y Greenwood (1951), de las que se ha sacado en conclusión que la población del área de las Islas Hawaianas es notablemente diferente de la de la costa occidental americana. Royce (1953) ha comparado datos de las medidas del atún "aleta amarilla" de diversas localidades del Pacífico, y a base de ellos deduce que probable-

mente hay cierto número de stocks por lo menos semi-independientes. Encontró la evidencia de una *gradiente* a través del Ecuador, teniendo los atunes del Pacífico oriental cabezas más grandes, cuerpos más anchos, distancias más grandes entre la punta de la nariz y las inserciones de las aletas, y aletas más chicas. Sin embargo, según sus gráficas 2, 3 y 4, pareciera que una interpretación igualmente razonable es la de que hay tres poblaciones o complejos de poblaciones, en la región del Pacífico ecuatorial con límites en la vecindad de 165° E. y 130° W. de longitud. Royce ha reconocido esta posibilidad al declarar: "los datos sugieren que la *gradiente* es escalonada, con las diferencias más grandes entre las muestras de las Islas Marshall y Carolinas y entre las Islas Line y los 130° W. de longitud."

Ya que la Polinesia sudoriental (Islas Marquesas, Society y Tuamotu) es el grupo de islas más cercano a la región de la actual pesquería comercial a lo largo de la costa occidental americana, es de particular valor el comparar especímenes de estas dos regiones para determinar si es probable que pertenezcan a diferentes stocks. Es también de algún interés el determinar hasta que punto se parecen los especímenes de la Polinesia sudoriental a los de las islas Hawaianas, estando ambos en el lado occidental de la barrera faunal del Pacífico oriental.

RECOPIACION DE DATOS DEL ATUN "ALETA AMARILLA" DE LA POLINESIA SUDORIENTAL

Se han obtenido dos series de datos en cuanto a medidas del atún "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental. La primera es una de 46 especímenes capturados en 1949 por un buque de exploración de la Hawaiian Tuna Packers, Inc. que desembarcó su pesca congelada en Honolulu. Las medidas de varias partes del cuerpo y el cómputo de branquiespinas fueron hechos por el autor y uno de sus asistentes cuando era empleado del "Servicio de Pesca y Vida Silvestre" de los Estados Unidos, y por dos miembros de la División de Pesca y Caza del Territorio de Hawaii. Las medidas fueron tomadas de acuerdo con el procedimiento de Marr y Schaefer (1949). Esta serie incluye los 33 especímenes de las Islas Society usados por Royce (1953). Una segunda serie de especímenes fué capturada en 1953 por el pesquero "Challenger;" se descargó congelada en Terminal Island, California. Las medidas, usando el mismo procedimiento, fueron tomadas por el autor, asistido por el Sr. Bell M. Shimada y el Sr. Gerald V. Howard, de la Comisión Interamericana del Atún Tropical.

Las medidas y las cuentas de branquiespinas de las dos series empleadas en este trabajo se presentan en la Tabla 1. Agradezco al Sr. O. E. Sette, Director de las "Investigaciones Pesqueras del Océano Pacífico" del "Servicio de Pesca y Vide Silvestre" de los Estados Unidos, el permiso concedido para usar los datos recolectados en 1949.

Los espacios en blanco, en la tabla, indican que las correspondientes medidas o cálculos no fueron hechos. Tres medidas de la serie de 1949 fueron omitidas en subsecuentes análisis, porque se desviaban más de tres errores standard de las líneas apropiadas de regresión, y muy probablemente eran errores de anotación. Estas medidas eran como sigue:

Valor Rechazado

Espécimen de 513 mm., punta de la nariz a la inserción de la segunda aleta dorsal.....	168 mm.
Espécimen de 513 mm., longitud de la aleta pectoral.....	288 mm.
Espécimen de 807 mm., punta de la nariz a la inserción de la aleta anal	435 mm.

CRECIMIENTO RELATIVO DEL ATÚN "ALETA AMARILLA" DE LA POLINESIA SUDORIENTAL

Las ecuaciones que relacionan las longitudes de la segunda aleta dorsal, anal y pectoral al largo total, así como las que relacionan las dimensiones de varias secciones del cuerpo a la longitud total en el atún "aleta amarilla" de la costa occidental americana, de la costa occidental de Africa, y del Hawaii, han sido publicadas por Schaefer (1948) Godsil (1948), Schaefer y Walford (1950), y Schaefer (1952). Las formas generales de estas relaciones en el atún "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental son las mismas que en el de estas otras regiones.

Longitud de las aletas

Los estudios previos a que hacemos referencia en el párrafo anterior han indicado que la pectoral del atún "aleta amarilla" crece más lentamente que la dimensión longitudinal del pez, y que la relación entre las dos es tal, que la longitud de la pectoral guarda una relación lineal con el logaritmo del tamaño del pez. Puede verse en la Figura 1 que esto también es cierto en el atún "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental. Las estadísticas de la regresión se muestran en la Tabla 2.

La segunda aleta dorsal y la anal del atún "aleta amarilla," al contrario de la pectoral, crecen mucho más rápidamente que la dimensión longitudinal del pez, de modo que en peces de gran tamaño, estas aletas son relativamente muy grandes. En especímenes de las aguas adyacentes a la América Central, Schaefer (1948) y Schaefer y Walford (1950) encontraron que para las longitudes disponibles (542 a 1571 milímetros) la relación entre el logaritmo de la longitud de la aleta y el de la longitud total queda bien descrita por una regresión lineal. Sin embargo, en el atún del Hawaii, en los que las aletas de los peces grandes son mucho más grandes que las de los de igual tamaño de Centro América, Schaefer (1952) demostró que, para longitudes totales entre 451 y 1785 milímetros, la

relación entre el logaritmo de la dimensión longitudinal del pez y el de la longitud de la aleta, no es lineal, pero se describe bien con un polinomio de segundo grado. Para dimensiones longitudinales de más de 600 milímetros, sin embargo, una ecuación lineal describe bien todavía los datos de Hawaii. Como hemos ilustrado en las Figuras 2 y 3, la relación del logaritmo de la longitud de la aleta al de la longitud total, no es lineal para los tamaños disponibles de la Polinesia sudoriental, pero, al igual que los datos de Hawaii, queda bien definida por un polinomio de segunda grado. Las ecuaciones de los polinomios que describen nuestros datos de la Polinesia sudoriental son:

Para el logaritmo de la segunda dorsal, y , sobre el logaritmo de la longitud total, x ,

$$y = 6.9004 - 5.1626 x + 1.2100 x^2$$

Para el logaritmo de la anal, y , sobre el logaritmo de la longitud total, x ,

$$y = 3.3182 - 2.8442 x + 0.8397 x^2$$

Proporciones del cuerpo

En las referencias citadas se ha demostrado que en otras poblaciones del atún "aleta amarilla," la relación entre la longitud total del pez y la longitud de la cabeza, la distancia de la punta de la nariz a la inserción de la primera aleta dorsal, la distancia de la punta de la nariz a la inserción de la segunda dorsal, y la distancia de la punta de la nariz a la inserción de la aleta anal, están muy cercanas a una relación lineal. Los gráficos de estas dimensiones (Figuras 4-7) correspondientes a especímenes de la Polinesia sudoriental, a los cuales se les han trazado apropiadas regresiones lineares, indican que aquí también la relación lineal entre estas variables es adecuada. Las estadísticas de estas regresiones están tabuladas en la Tabla 2.

COMPARACION CON ESPECIMENES DE LA AMERICA CENTRAL Y DE HAWAII

Longitud de las aletas

Pectoral

En la Figura 1 se muestran gráficamente las longitudes de las pectorales de especímenes de la Polinesia sudoriental contra los logaritmos de las longitudes totales del pez. La regresión de la longitud de la aleta sobre el logaritmo de la longitud del cuerpo que mejor se ciñe a los datos, está trazada con una línea sólida. En el mismo gráfico se muestran las líneas de regresión de especímenes de la América Central (Schaefer 1948) y de Hawaii (Schaefer 1952).

Puede verse como, con respecto a la longitud de la pectoral, los especímenes de la Polinesia sudoriental son más bien similares a los de Hawaii, pero difieren considerablemente de los de la América Central. Para los tamaños considerados, los atunes “aleta amarilla” de la Polinesia sudoriental tienen, en promedio, pectorales más largas que los de la América Central, y esta diferencia aumenta ligeramente con el tamaño del pez.

Segunda dorsal y anal

En las Figuras 2 y 3 se muestran gráficamente los logaritmos de longitud de la segunda dorsal y de la anal, respectivamente, contra los logaritmos de la longitud del cuerpo de especímenes de la Polinesia sudoriental, junto con la regresión polinómica que describe a estos datos, así como también las regresiones de especímenes de Hawaii y de la América Central tomadas de las publicaciones citadas arriba.

Se ve en estos gráficos que los atunes “aleta amarilla” de la Polinesia sudoriental son muy diferentes, con respecto a la longitud de estas aletas, de los especímenes de la América Central. Los especímenes de la Polinesia sudoriental tienen, en promedio, aletas mucho más largas en peces del mismo tamaño. Ciertamente, estos peces tienen aletas que en promedio son aún más largas que las de los especímenes de Hawaii.

Proporciones del cuerpo

Schaefer (1952) ha señalado que los atunes “aleta amarilla” de Hawaii difieren ligeramente de especímenes de la costa occidental americana respecto a la longitud de la cabeza y a las distancias de la punta de la nariz a las inserciones de la primera dorsal, segunda dorsal y anal. Cada una de estas dimensiones crece, en relación con la longitud total, más rápidamente en los peces de la costa occidental que en los de Hawaii.

En las Figuras 4 y 5 mostramos gráficamente las medidas de la longitud de la cabeza y de la distancia de la punta de la nariz a la inserción de la primera dorsal, contra la longitud total de especímenes de la Polinesia sudoriental. También hemos trazado las líneas de cuadrados medios de las regresiones lineares que describen estos datos, junto con líneas similares de los especímenes de Hawaii y de la América Central, estadísticas de las cuales han sido publicadas por Schaefer (1948, 1952).

Es obvio que las líneas de regresión de estas dimensiones de especímenes de la Polinesia sudoriental son casi idénticas a las de los especímenes de la costa occidental americana y, de igual manera, diferentes de las de los especímenes de Hawaii. Los atunes “aleta amarilla” de la

Polinesia sudoriental, como los de la costa occidental, tienen, en promedio, en ejemplares de grandes tamaños, cabezas y distancias de la punta de la nariz a la inserción de la primera dorsal relativamente más grandes que las correspondientes dimensiones en los peces de Hawaii.

Las distancias de la punta de la nariz a las inserciones de la segunda dorsal y anal han sido tratadas de igual modo en las Figuras 6 y 7. En estos casos, las regresiones de especímenes de la Polinesia sudoriental parecen ser un tanto intermedias entre las regresiones que presentan los de las otras dos áreas. Realmente, el que la población de la Polinesia sudoriental sea significativamente diferente, con respecto a esas dimensiones, de cualquiera de las otras dos, tendrá que ser decidido por medio de un análisis estadístico crítico.

PRUEBAS ESTADISTICAS DE SIGNIFICACION

En lo que se refiere a datos morfométricos del atún "aleta amarilla," el problema de juzgar la significación de las diferencias entre regiones es algo complejo. No podemos presumir que los especímenes de cada región constituyen simples muestras tomadas al azar. Godsil (1948) y Schaefer (1952) han encontrado que muestras tomadas repetidas veces en una misma región difieren más, entre sí, que los ejemplares tomados de una población homogénea en un "muestreo" al azar.

La misma clase de resultado se obtiene, en general, cuando se comparan las muestras tomadas en 1949 y en 1953, de especímenes de la Polinesia sudoriental. Las comparaciones de estas dos muestras, relativas a los cinco caracteres que resultan en regresiones lineares, han sido hechas por el análisis de *covariancia* usual (Kendall 1946, p. 237 *et seq.*) y los resultados se muestran en la Tabla 3. En dos de los caracteres, longitud de la aleta pectoral y distancia de la nariz a la inserción de la anal, las dos muestras son tales, que podrían haber sido sacadas al azar de una población homogénea. Sin embargo, con respecto a los otros tres caracteres, las dos muestras no admiten tal hipótesis. En cada uno de estos casos no hay diferencias significativas entre los coeficientes de regresión, pero sí la hay entre los promedios ajustados (es decir, en el nivel de las líneas de regresión). Varias razones posibles se han adelantado para explicar esta clase de heterogeneidad entre las muestras. Godsil (1948) ha sugerido que tales diferencias son debidas a la mezcla incompleta de la población de una región, de tal modo que la naturaleza del "muestreo" no efectuado al azar, da por resultado diferencias más grandes que las esperadas de muestras simplemente tomadas al azar. Schaefer (1952) ha sugerido que tales diferencias pueden resultar de la diferencia entre las relaciones verdaderas del crecimiento relativo y las relaciones matemáticas simples usadas como base para el análisis de *covariancia*, unido a las diferencias en la composición del tamaño de las muestras.

Esto no es un fenómeno tan raro que no haya algún medio de tomar una muestra que represente igualmente cada grupo de una población determinada. Cochran, Mosteller y Tukey (1954) han notado que cuando las muestras se toman “agarrando un puñado,” que es lo que esencialmente hacemos al tomar muestras de las poblaciones de atún, aún si los “puñados” son distribuidos al azar de tal modo que cada individuo tenga igual probabilidad de entrar a la muestra, se tropieza con dificultades porque los individuos de las “muestras-puñados” se parecen uno a otro más que los individuos de las muestras al azar.

Los mismos autores (p. 19) han sugerido un medio de tratar este problema: “Uno de los medios más simples es construir la muestra a partir de un número independiente de “sub-muestras,” cada una de las cuales, aunque pequeña, sea suficiente en sí misma, y tabular los resultados de interés separadamente para cada “sub-muestra.” La variación entre los resultados separados, da entonces una medida simple y justa de la variabilidad del resultado o resultados obtenidos al juntar todas las muestras.” Podemos, así, usar la variación entre las muestras de una misma región como un criterio para juzgar si las muestras reunidas de varias regiones diferentes difieren más de lo que podría esperarse a base de este procedimiento.

Afortunadamente disponemos de varios conjuntos repetidos y com-penetrantes de “sub-muestras” de la costa occidental americana presentados por Godsil (1948) y un conjunto adicional presentado por Schaefer (1948) en lo que respecta a la longitud de la cabeza y a las distancias entre la nariz y las inserciones de las diversas aletas, así como también las dos “sub-muestras” de la Polinesia sudoriental. En la Tabla 4 han sido tabulados los cuadrados medios y los grados de libertad, para cada una de las diferentes dimensiones del cuerpo que estudiamos, asociados con la variación encontrada entre las muestras al comparar (1) las 13 muestras de la costa occidental americana, de Godsil; (2) las muestras de Godsil y la muestra de Schaefer de la América Central; y (3) las dos muestras de la Polinesia sudoriental. Schaefer da los cómputos de los valores de (1) y (2) (1952, Tablas 5 y 6). Los valores referentes a las dos muestras de la Polinesia sudoriental provienen de la Tabla 3 de este estudio. La última línea de la Tabla 4 muestra el valor estimado de los cuadrados medios debido a la variación entre muestras de la misma región, combinando las tres estimaciones separadas precedentes. Estas *variancias* pueden, entonces, ser usadas como base para juzgar si es que las diferencias entre las regiones son de tal magnitud que su ocurrencia entre muestras de esta clase de una misma población podría ser esperada por azar.

Longitud de las aletas pectorales

La Figura 1 indica que los atunes de la Polinesia sudoriental parecen tener, en igualdad de tamaño, aletas pectorales más largas que los de

Hawaii. Para probar la significación, en sentido estadístico, de esta diferencia aparente, podemos comparar, por los métodos corrientes del análisis de *covariancia*, la regresión lineal de la longitud de la aleta sobre el logaritmo de la longitud total de nuestros especímenes de la Polinesia sudoriental y de los 203 especímenes de Hawaii presentados por Schaefer (1952). Los resultados de tales análisis se presentan en la Tabla 5. La *variancia* atribuible a las diferencias entre las áreas comparadas con aquélla imputable a desviaciones dentro de las áreas, produce una razón de *variancia* de 8.22 con 2 y 268 grados de libertad, que es mucho más grande que la que pudiera esperarse si las muestras hubiesen sido sacadas al azar de una población única. Se recordará por la comparación de las dos "sub muestras" de la Polinesia sudoriental, Tabla 3, que para la longitud de las aletas pectorales, la variación entre "sub-muestras" de la misma área no fué mayor que la esperada en el caso de simples muestras tomadas al azar.

Parece, por consiguiente, que el atún "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental tiene pectorales significativamente más grandes que el de Hawaii. Aparece del análisis, además, que la diferencia en la inclinación de las líneas de regresión, aunque ligera, es también altamente significativa.

Proporciones del cuerpo

Las comparaciones de especímenes de la Polinesia sudoriental con los especímenes de la América Central, de Schaefer, y también con los de Hawaii, con respecto a las medidas tomadas de las varias proporciones del cuerpo, están recapituladas en las Tablas 6 y 7. En estas tablas hemos computado, en cada caso y por los métodos standard de análisis de *covariancia* (Kendall 1946) los cuadrados medios atribuibles a las diferencias entre áreas. Estos cuadrados medios pueden ser comparados con el valor estimado de la variación media cuadrada entre muestras de la misma región (Tabla 4) para juzgar si son más grandes de los que se esperaría que ocurran frecuentemente entre muestras repetidas de una misma área, disponiéndose así de una prueba de significación.

Esta clase de exámen estadístico, cuyos detalles se dan a continuación, indica que con respecto a la longitud de la cabeza, a la distancia entre la nariz y la inserción de la primera aleta dorsal, y a la distancia entre la nariz y la inserción de la segunda dorsal, los atunes "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental no son diferentes de los de la América Central. Con respecto a cada una de estas dimensiones, los especímenes de la Polinesia sudoriental son probablemente diferentes de los de Hawaii, aunque el nivel de significación es de menos del 1% de probabilidad, hipótesis *null*, sólo en el caso de la longitud de la cabeza. Por el contrario, respecto a la distancia entre la nariz y la inserción de la anal, los especímenes de la Polinesia sudoriental quedan dentro de los límites de variación de los de Hawaii, pero probablemente difieren en forma significativa de los especímenes de la

América Central, aunque el nivel de significación queda entre los valores 1% y 5% de probabilidad de la hipótesis *null*.

Longitud de la cabeza

El cuadrado medio entre áreas, de las muestras de la América Central y de la Polinesia sudoriental, es de 140 con 2 grados de libertad. Ya que en la Tabla 4 se estimó que la variación cuadrada media entre las muestras de la misma área es de 189.5 con 28 grados de libertad, la diferencia observada no puede ser aceptada como significativa.

Comparando el cuadrado medio entre las áreas de Hawaii y la Polinesia sudoriental de la Tabla 7 (2,105) con la variación entre las muestras de la de la misma región arriba estimada, obtenemos una *razón de variancia* $F = 2105/189.5 = 11.1$ con 2 y 28 grados de libertad que corresponde a un valor de probabilidad menor de .01. Por consiguiente, puede llegarse a la conclusión de que la diferencia observada entre los peces de Hawaii y la Polinesia sudoriental es real. Puede verse, por la *razón de variancia* $F = 559/189.5 = 2.95$ con 1 y 28 grados de libertad, que no hay diferencia entre los coeficientes de regresión, quedando la diferencia enteramente asociada a los niveles de las líneas de regresión de las dos áreas.

Distancia de la nariz a la inserción de la primera aleta dorsal

Resultados similares se obtienen en cuanto a esta dimensión. El cuadrado medio asociado a las diferencias entre las áreas (25.5), comparando la Polinesia sudoriental y la América Central, no es claramente significativo.

Análogamente, el cuadrado medio referente a Hawaii y a la Polinesia sudoriental, comparado con la variación esperada entre muestras de la misma área de la Tabla 4, de la *razón de variancia* $F = 761.5/202.1 = 3.77$ con 2 y 28 grados de libertad, la cual es significativa al nivel de probabilidad del 5%, pero no al del 1%. Puede verse, por el cómputo de la Tabla 7, que la diferencia es debida a los niveles de las líneas de regresión más que a sus pendientes.

Distancia de la nariz a la inserción de la segunda aleta dorsal

Al comparar especímenes de la Polinesia sudoriental y de la América Central (Tabla 6), encontramos que la variación cuadrada media entre las áreas no es más grande que la variación entre las muestras de una misma área (Tabla 4), y de aquí que no puedan considerarse diferentes a base de estos datos.

Por otra parte, la diferencia entre los peces de Hawaii y los de la Polinesia sudoriental con respecto a esta dimensión (Tabla 7) es mayor que la

que pudiera esperarse entre las muestras de una misma área (Tabla 4). La *razón de variancia* es, en este caso, $F = 1205/261.9 = 4.61$ con 2 y 28 grados de libertad, que es significativa al nivel del 5%, pero no al del 1%. Aquí también la diferencia en los coeficientes de regresión no es significativa, pero la diferencia en los niveles sí lo es.

Distancia de la nariz a la inserción de la aleta anal

Esta dimensión como puede verse en la Figura 7, difiere de las tres precedentes en que los peces de la Polinesia sudoriental parecen ser similares a los de Hawaii y diferentes de los de la América Central. Esto se confirma mediante la comparación estadística.

Como puede verse en la Tabla 6, al comparar especímenes de la Polinesia sudoriental y de la América Central, obtenemos un cuadrado medio entre áreas, mayor que la variación cuadrada media esperada entre las muestras de la misma área (Tabla 4), a juzgar por la razón $F = 1809/356.8 = 5.07$ con 2 y 28 grados de libertad, que es significativa al nivel del 5%. Una vez más, la diferencia es atribuible a la que existe en el nivel de las líneas de regresión, más que a la que se aprecia en sus *gradientes*.

La comparación de los especímenes de la Polinesia sudoriental con los de Hawaii (Tabla 7) revela un cuadrado medio de 404.5 entre las áreas, el que no es significativamente más grande que la variación entre las muestras de una misma área estimada en la Tabla 4. La *razón de variancia* $F = 404.5/356.8 = 1.13$ cae cómodamente dentro del nivel del 5%.

COMPUTO DE BRANQUIESPINAS

Schaefer (1952) ha encontrado diferencia significativa entre el número de branquiespinas del atún "aleta amarilla" de Hawaii y el de la costa Oeste de América. También ha demostrado que no hay diferencia significativa entre los promedios de una serie de cuentas hechas por él y las hechas por Godsil y Byers (1944). Estas estructuras enumerables son mucho más simples de comparar estadísticamente que las proporciones del cuerpo y las longitudes de las aletas, ya que no cambian en su número con el tamaño del pez, en los tamaños que estamos tratando.

Las cuentas del número total de branquiespinas de 58 especímenes de la Polinesia sudoriental, que aparecen en la Tabla 1, tienen un valor medio de 30.60 con un error standard de .167.

Los especímenes de Costa Rica, de Schaefer (1948), tenían exactamente este mismo valor medio. Reuniendo los datos de Schaefer con los de Godsil y Byers, podemos estimar el número medio aplicable al atún "aleta amarilla"

de la costa occidental de América como de 30.46, con un error standard de .116. La diferencia entre este valor y el número medio en cuanto a los peces de la Polinesia sudoriental, 0.14, está asociada con un valor de t de .70 y no es, pues, significativa.

Schaefer (1952) presentó un número medio de branquiespinas de 29.66 con un error standard de .087 en 188 peces de Hawaii. La diferencia de 0.94 entre este promedio y el de los peces de la Polinesia sudoriental, está asociada a una t de 5.16. Esta diferencia es altamente significativa.

EFFECTOS DE LA CONGELACION DE LOS ESPECIMENES

Debe notarse que los especímenes de la Polinesia sudoriental fueron congelados a bordo de los pesqueros y medidos después de haberlos descongelado en el puerto de destino. Los especímenes de Hawaii y de la costa occidental de América, en cambio, fueron medidos en fresco poco después de su captura. Esta situación origina la cuestión de si las diferencias de las proporciones del cuerpo entre los peces de la Polinesia sudoriental y de las otras dos regiones sea debida a los efectos de la congelación y deshielo.

Godsil y Greenwood (1951) han investigado los efectos de la congelación en las proporciones del cuerpo del atún "aleta amarilla." Notaron que la *variancia* alrededor de las líneas de regresión de muestras comerciales congeladas es mayor que la correspondiente al material fresco. Nuestros datos de la Polinesia sudoriental no parecen confirmar esto. La comparación de los valores de las desviaciones standard de las regresiones (Tabla 3) con valores comparables de especímenes del Hawaii (Schaefer 1950, Tabla 2) y de Costa Rica (Schaefer 1948, Tabla 2) indica que las *variancias* alrededor de las líneas de regresión son, en lo que se refiere a las mismas dimensiones, muy similares en los tres casos.

Godsil y Greenwood también han demostrado que hay un cambio sistemático en las dimensiones del cuerpo de peces congelados, cada una de las cuales, de las usadas por nosotros, tiende a crecer ligeramente con relación a la longitud total como resultado de la congelación. Esto es debido, evidentemente, a un encogimiento diferencial del tronco del pez. Puede verse, en nuestras cifras de las líneas de regresión, que la magnitud de esta diferencia es muy insignificante comparada con las diferencias entre regiones, diferencias que han sido declaradas como significativas en los análisis que preceden.

TABLA 1. Datos morfométricos del atún "aleta amarilla" de la Polinesia Sudoriental.

Longitud total	Longitud de la cabeza	Nariz a la inserción de la primera dorsal	Nariz a la inserción de la segunda dorsal	Nariz a la inserción de la anal	Longitud de la pectoral	Longitud de la segunda dorsal	Longitud de la anal	Número de branquiespinas	Sexo
Muestras tomadas en 1949									
496	142	160	273	298	148	62	56	9 + 21	...
497	.....	164	281	.....	140	56	49	10 + 22	F
504	150	169	286	.....	141	56	.....	11 + 21	...
510	146	157	279	309	154	65	56	9 + 21	.....
513	.....	152	168	.....	288	62	64	10 + 20	.....
519	151	168	285	.....	146	63	64	10 + 21	.....
523	154	166	292	322	155	65	61	8 + 21	F
531	159	175	296	.....	160	63	62	11 + 22	M
547	.....	179	307	.....	172	67	67	10 + 20	M
550	160	176	303	.....	182	71	74	9 + 18	F
559	161	182	313	.....	184	77	69	10 + 22	M
565	.....	181	313	.....	171	66	68	9 + 20	...
571	161	182	317	353	173	69	71	10 + 22	F
572	165	181	313	346	181	74	74	8 + 19	..
576	164	180	315	.....	181	68	70	10 + 21	M
582	169	182	323	.....	181	.....	.....	.....	M
599	..	189	328	.....	182	75	76	10 + 21	M
602	176	191	332	...	194	.....	..	9 + 22	M
623	176	199	344	376	210	103	102	10 + 20	M
638	180	197	340	388	191	91	95	9 + 22	M
754	218	240	414	..	247	97	125	10 + 22	F
756	214	236	413	450	253	122	132	9 + 20	F
768	216	245	422	455	237	120	121	8 + 21	M
769	218	235	409	450	232	135	149	10 + 20	M
773	216	236	404	454	245	132	106	10 + 21	M
780	224	240	418	..	237	.....	138	11 + 20	.....
782	216	248	421	455	208	148	148	11 + 20	M
788	225	245	420	472	241	139	129	9 + 20	.....
796	227	249	426	.....	253	144	152	10 + 21	F
798	226	248	432	476	231	124	128	9 + 20	F
799	224	243	428	.....	256	138	167	12 + 21	F
801	225	251	426	470	241	123	134	.....	M
801	226	241	429	.....	239	.....	.....	.....	.....
807	227	240	432	435	249	149	173	10 + 21	M
821	229	259	444	.....	261	132	147	.....	M

TABLA 1. Datos morfométricos del atún "aleta amarilla" de la Polinesia Sudoriental.
(Continuacion)

Longitud total	Longitud de la cabeza	Nariz a la inserción de la primera dorsal	Nariz a la inserción de la segunda dorsal	Nariz a la inserción de la anal	Longitud de la pectoral	Longitud de la segunda dorsal	Longitud de la anal	Número de branquiespinas	Sexo
826	221	246	441	.....	263	.....	.....	.....	.....
841	228	246	448	.....	281	150	166	9 + 20	F
846	231	252	451	497	256	134	132	.....	.....
865	231	249	448	.....	266	169	173	.....	.....
866	235	263	451	509	263	163	157	9 + 20	F
868	236	266	461	.....	265	123	148	.....	.....
881	238	255	462	.....	293	170	169	.....	.....
903	238	264	478	519	267	.....	.....	9 + 21	M
905	238	.....	469	527	281	154	174	9 + 20	M
1426	.....	379	700	.....	373	427	.....	.....	.....
1427	358	390	713	.....	376	476	497	.....	.....
Muestras tomadas en 1953									
537	159	179	308	335	163	66	66	11 + 20	F
703	207	223	390	421	215	110	117	9 + 22	.....
728	212	233	405	439	224	104	.....	11 + 21	.....
729	203	225	390	421	228	102	105	9 + 21	.....
740	210	228	388	444	234	110	116	10 + 20	.....
748	214	232	403	442	217	105	97	11 + 21	.....
749	212	232	404	431	241	124	133	9 + 21	.....
760	216	240	404	454	236	.....	118	11 + 21	.....
770	219	233	406	451	249	121	120	10 + 20	.....
778	217	240	415	461	243	122	114	10 + 21	.....
799	227	253	441	493	224	104	114	10 + 21	F
1043	288	312	548	615	316	217	272	9 + 21	F
1058	288	310	556	611	309	.....	233	10 + 22	F
1070	286	324	567	617	301	206	184	.....	.....
1083	288	308	565	626	310	224	271	10 + 22	F
1085	288	313	562	618	322	264	311	11 + 20	M
1101	299	320	562	630	326	261	302	10 + 21	F
1106	297	316	565	646	325	248	244	10 + 21	M
1122	305	344	595	631	326	235	250	10 + 21	M
1140	308	323	578	639	338	.....	278	10 + 21	.....
1147	304	348	607	635	361	.....	357	9 + 21	.....
1150	313	353	616	646	339	.....	309	11 + 21	M
1186	315	345	614	674	330	270	286	11 + 21	M
1335	344	381	679	733	339	454	507	11 + 20	M

TABLA 2. Estadísticas de las regresiones lineares de mediciones de los atunes "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental.

Variable independiente x	Variable dependiente y	N	\bar{x}	\bar{y}	b	s
Longitud total	Longitud de la cabeza	64	813	225	0.2402	4.82
id.	Nariz a la inserción de la primera dorsal	69	801	244	0.2581	7.71
id.	Nariz a la inserción de la segunda dorsal	69	807	430	0.4773	7.74
id.	Nariz a la inserción de la anal	43	846	494	0.5233	8.51
Log. longitud total	Longitud de la pectoral	69	2.89055	243	504.53	10.89

N = número en la muestra

\bar{x}, \bar{y} = promedios de x y y

b = coeficiente de regresión de y sobre x

s = desviación standard de la regresión (error standard de estimación)

TABLA 3. Comparaciones de los datos morfométricos de 1949 y 1953, de la Polinesia sudoriental, por análisis de covariancia y regresiones lineares.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Razones de variancia
Longitud de la cabeza				
Desviaciones de la regresión total	62	1,438		
Desviaciones de las regresiones dentro de las muestras (años)	60	1,172	19.53	$\frac{133}{19.53} = 6.81$
Diferencias entre muestras	2	266	133	
Diferencias entre coeficientes de regresión	1	0	0	
Diferencias entre promedios ajustados	1	266	266	
Nariz a la inserción de la primera dorsal				
Desviaciones de la regresión total	67	3,982		
Desviaciones de las regresiones dentro de las muestras (años)	65	3,395	52.23	$\frac{293.5}{52.23} = 5.62$
Diferencia entre muestras	2	587	293.5	$\frac{64}{52.23} = 1.23^*$
Diferencias entre coeficientes de regresión	1	64	64	
Diferencias entre promedios ajustados	1	523	523	$\frac{523}{52.41} = 9.98$
Nariz a la inserción de la segunda dorsal				
Desviaciones de la regresión total	67	4,015		
Desviaciones de las regresiones dentro de las muestras (años)	65	3,498	53.81	$\frac{258.5}{53.81} = 4.80$
Diferencia entre muestras	2	517	258.5	$\frac{88}{53.81} = 1.63^*$
Diferencias entre coeficientes de regresión	1	88	88	
Diferencias entre promedios ajustados	1	429	429	$\frac{429}{54.33} = 7.90$
Nariz a la inserción de la anal				
Desviaciones de la regresión total	41	2,970		
Desviaciones de las regresiones dentro de las muestras (años)	39	2,713	69.56	$\frac{128.5}{69.56} = 1.84^*$
Diferencia entre muestras	2	257	128.5	
Longitud de la pectoral				
Desviaciones de la regresión total	67	7,947		
Desviaciones de las regresiones dentro de las muestras (años)	65	7,849	120.8	$\frac{49}{120.8} = 0.40^*$
Diferencia entre muestras	2	98	49	

* No significativa, $P > 0.05$

TABLA 4. Variaciones entre las muestras de la misma región (regresiones lineares).

Basis de la estimación	Longitud de la cabeza		Nariz a 1ra. dorsal		Nariz a 2da. dorsal		Nariz a anal	
	Cuadro medio	g.l.	Cuadro medio	g.l.	Cuadro medio	g.l.	Cuadro medio	g.l.
Comparación de subgrupos, datos de Godsil	198.1	24	199.5	24	278.7	24	387.5	24
Comparación de datos de Schaefer y de Godsil, Costa Rica	144	2	142	2	65.5	2	218	2
Comparación de muestras de 1949 y 1953, Polinesia sudoriental	133	2	294	2	258	2	128	2
Combinados	189.5	28	202.1	28	261.9	28	356.8	28

TABLA 5. Comparación de longitudes de la pectoral de los atunes "aleta amarilla" de Hawaii y de la Polinesia sudoriental por análisis de covariancia, empleando regresión lineal de la longitud de aleta sobre el logaritmo de la longitud total.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razones de variancia
Desviaciones de la regresión total	270	46,968		
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	268	44,253	165.12	$\frac{1357.5}{165.12} = 8.22$
Diferencias entre áreas	2	2,715	1357.5	$\frac{1720}{165.12} = 10.42$
Diferencia entre regresiones	1	1,720	1720	
Diferencia entre promedios ajustados	1	995		

TABLA 6. Comparaciones de proporciones del cuerpo de los atunes "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental con especímenes de la América Central, análisis de covariancia, regresiones lineares.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Longitud de la cabeza:			
Desviaciones de la regresión total	108	2,566	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	<u>106</u>	<u>2,286</u>	21.57
Diferencias entre áreas	2	280	140
Nariz a la inserción de la primera dorsal:			
Desviaciones de la regresión total	113	5,297	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	<u>111</u>	<u>5,246</u>	47.26
Diferencias entre áreas	2	51	25.5
Nariz a la inserción de la segunda dorsal:			
Desviaciones de la regresión total	113	10,187	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	<u>111</u>	<u>9,775</u>	88.06
Diferencias entre áreas	2	412	206
Nariz a inserción de la anal:			
Desviaciones de la regresión total	87	9,232	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	<u>85</u>	<u>5,614</u>	66.05
Diferencias entre áreas	2	3,618	1,809
Diferencia entre regresiones	1	148	148
Diferencia entre promedios ajustados	1	3,470	3,470

TABLA 7. Comparaciones de proporciones del cuerpo de los atunes "aleta amarilla" de la Polinesia sudoriental con especímenes de Hawaii, análisis de covariancia, regresiones lineares.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Longitud de la cabeza:			
Desviaciones de la regresión total	265	14,175	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	263	9,965	37.89
Diferencias entre áreas	2	4,210	2,105
Diferencias entre regresiones	1	559	559
Diferencias entre promedios ajustados	1	3,651	3,651
Nariz a inserción de la primera dorsal:			
Desviaciones de la regresión total	268	18,780	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	266	17,257	64.88
Diferencias entre áreas	2	1,523	761.5
Diferencias entre regresiones	1	319	319
Diferencias entre promedios ajustados	1	1,204	1,204
Nariz a la inserción de la segunda dorsal:			
Desviaciones de la regresión total	269	30,754	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	267	28,344	106.16
Diferencias entre áreas	2	2,410	1,205
Diferencias entre regresiones	1	213	213
Diferencias entre promedios ajustados	1	2,197	2,197
Nariz a inserción de la anal:			
Desviaciones de la regresión total	243	24,304	
Desviaciones de las regresiones dentro de las áreas	241	23,495	97.49
Diferencias entre áreas	2	809	404.5

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA

- Cochran, W. G. , F. Mosteller and J. W. Tukey
1954 Principles of sampling.
Jour. Am. Stat. Assoc., Vol. 49, No. 265, pp. 13-35.
- Godsil, H. C.
1948 A preliminary population study of the yellowfin tuna and albacore.
Cal. Div. Fish and Game, Fish. Bull. No. 70, 90 pp.
- Godsil, H. C. and R. D. Byers
1944 A systematic study of the Pacific tunas.
Cal. Div. Fish and Game, Fish. Bull. No. 61, 131 pp.
- Godsil, H. C. and E. C. Greenhood
1951 A comparison of the populations of yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus*, from the Eastern and Central Pacific.
Cal. Div. Fish and Game, Fish. Bull. No. 82, 33 pp.
- Kendall, M. G.
1946 The advanced theory of statistics. Vol. 2
Charles Griffin and Co., London, 521 pp.
- Marr, J. C. and M. 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.
- Royce, W. F.
1953 Preliminary report on a comparison of the stocks of yellowfin tuna.
Proceedings of the Indo-Pacific Fisheries Council, 1952, Section II, pp. 130-145.
- Schaefer, M. B.
1948 Morphometric characteristics and relative growth of yellowfin tunas (*Neothunnus macropterus*) from Central America.
Pacific Science, Vol. 2, No. 2, pp. 114-120.
1952 Comparison of yellowfin tuna of Hawaiian waters and of the American West Coast.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull. No. 72, Vol. 52, pp. 353-373.
- Schaefer, M. B. and L. A. Walford
1950 Biometric comparison between yellowfin tunas (*Neothunnus*) of Angola and of the Pacific Coast of Central America.
U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull. No. 56, Vol. 51, pp. 426-443.