

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION**  
**COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**

Bulletin — Boletín

Vol. IX, No. 2

**A REVIEW OF THE POPULATION STRUCTURE OF  
YELLOWFIN TUNA, *THUNNUS ALBACARES*, IN  
THE EASTERN PACIFIC OCEAN**

**UNA REVISION DE LA ESTRUCTURA DE LA POBLACION  
DEL ATUN ALETA AMARILLA, *THUNNUS ALBACARES*,  
EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL**

by — por

**JAMES JOSEPH, FRANKLIN G. ALVERSON,  
BERNARD D. FINK and/y EDWIN B. DAVIDOFF**

La Jolla, California

1964

## CONTENTS — INDICE

### ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION.....	55
TAGGING.....	56
Tagging and recovery of tagged yellowfin, 1952-1962.....	56
Migrations to areas outside of the eastern Pacific.....	59
Migrations within the eastern Pacific.....	59
MORPHOMETRICS.....	60
BLOOD GROUP STUDIES.....	63
VITAL STATISTICS.....	64
Growth.....	64
Fecundity.....	65
Length-weight relationships.....	66
CATCH STATISTICAL DATA.....	66
Catch-per-unit-effort and total catch.....	66
Distribution of catch by the eastern Pacific surface fishery.....	67
Distribution of Japanese longline catches east of 140° West.....	68
SPAWNING.....	68
DISCUSSION AND CONCLUSIONS.....	69
Inter-area population structure.....	69
Intra-area population structure.....	70
—————	
FIGURES—FIGURAS.....	72
—————	

### SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

	Página
INTRODUCCION.....	89
MARCACION.....	90
Marcación y recobro de atunes aleta amarilla, 1952-1962.....	90
Migraciones a las áreas fuera del Pacífico oriental.....	93
Migración dentro del Pacífico oriental.....	94
MORFOMETRIA.....	95
ESTUDIOS DE LOS GRUPOS SANGUINEOS.....	98
ESTADISTICAS VITALES.....	98
Crecimiento.....	99
Fecundidad.....	100
Relaciones longitud-peso.....	101
DATOS ESTADISTICOS DE CAPTURA.....	101
Captura por unidad de esfuerzo y captura total.....	101
Distribución de captura por la pesquería de superficie en el Pacífico oriental.....	102
Distribución de captura por la pesquería japonesa de palangre al este de los 140°W.....	103
DESOVE.....	103
DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	105
Estructura de la población entre las áreas.....	105
Estructura de la población dentro de las áreas.....	106
—————	
LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFIA CITADA.....	108

**A REVIEW OF THE POPULATION STRUCTURE OF  
YELLOWFIN TUNA, *THUNNUS ALBACARES*, IN  
THE EASTERN PACIFIC OCEAN**

by

**James Joseph, Franklin G. Alverson,  
Bernard D. Fink and Edwin B. Davidoff**

**INTRODUCTION**

Since its inception in 1950 by agreement between the Republic of Costa Rica and the United States of America, the Inter-American Tropical Tuna Commission has been engaged in studies of the biology, ecology and population dynamics of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Prime consideration has been given to the evaluation of the effects of fishing pressure on the yellowfin tuna in this area in order to estimate the maximum sustainable yield. A portion of the eastern Pacific has been defined by the Inter-American Tropical Tuna Commission (1963) as a regulatory area for yellowfin tuna (Figure 1).

Schaefer (1957), studying the effects of the fishery in the eastern Pacific on the stocks of yellowfin, presented a model to describe the relationship among average apparent abundance, average catch and total effort when the annual catch is in equilibrium with the rate of natural increase. In a later paper, Schaefer (1963) indicated that prior to 1960 the level of fishing effort was below that corresponding to a maximum average equilibrium catch. However, after 1960 the rate of fishing was greater than the rate of natural increase which resulted in an overfishing condition, in which the equilibrium catch was below that level which could provide a maximum sustainable yield. Because of this overfishing the Commission has recommended, since 1961, that the intensity of fishing for yellowfin tuna in the eastern Pacific regulatory area be curtailed, when necessary, on a total tonnage basis. This curtailment would, at optimum levels, prevent further overfishing and rebuild the numbers of yellowfin to the level which will again support a maximum sustainable yield.

An essential assumption as to the population structure of the yellowfin in the eastern Pacific was made by Schaefer (1957) when he stated "In this study we shall consider as a single, independent biological unit the yellowfin tuna supporting the fishery off the west coast of the Americas, extending from Baja California to Northern Peru." Marr (1957, 1962), Marr and Sprague (MS.), and Muzinic and Marr (1959) have discussed, to some extent, the necessity for determining the population structure of a stock(s) of fish comprising a fishery before that fishery can be properly

managed. The entire concept of population structure of the yellowfin tuna is so fundamental to the aims of the Tuna Commission, especially in view of the current overfishing problem, that an evaluation of the above assumption must be made. In addition to published data there is on hand a considerable amount of unpublished data in the Commission's files relating to this problem. In the present paper the available data which have a bearing on the population structure of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean will be reviewed in an attempt to evaluate critically the above assumption. The review will be based on information concerning tagging, morphometrics, vital statistics, catch statistics and spawning.

Throughout this paper the definitions of stock, subpopulation, population unit and population as given by Marr (1957) will be followed.

Acknowledgement is extended to Izadore Barrett, Gordon C. Broadhead and Milner B. Schaefer for reviewing this paper. Conclusions presented herein are those of the authors and do not necessarily reflect those of the reviewers.

## **TAGGING**

### **Tagging and recovery of tagged yellowfin, 1952-1962**

A direct means of approaching the problem of spatial and temporal movements of fish throughout a fishery is by tagging and recovering them. It must be kept in mind that unless fish are tagged and recovered on their spawning grounds during the spawning season, as well as throughout the range of the fishery, definite conclusions concerning subpopulation structure might be impossible to make.

Blunt and Messersmith (1960) presented results from a tuna tagging program conducted from 1952 through 1959. During the period 13,213 yellowfin were tagged and released throughout the major portion of the eastern Pacific fishery. There were 263 returns from these tagged fish. They drew the following conclusions:

(1) Yellowfin moved north along the coast of Baja California during May, June and July. By July some yellowfin had started to move in a southerly direction and such movements were evident, in some cases, through September and October.

(2) There was some indication of an interchange of yellowfin tuna between the Revillagigedo Islands and Baja California.

(3) The fisheries off Baja California and the Revillagigedo Islands and in the Gulf of California were supported, to a degree, by yellowfin tuna moving north along the Mexican coast in winter and spring, from at least as far south as the Gulf of Tehuantepec, and probably from as far south as Central America.

(4) There was no apparent movement of yellowfin between the Central American fishery and those of Peru and the Galapagos Islands. There was, however, yellowfin movement between the Galapagos Islands and Peru.

(5) There was movement of yellowfin between Ecuador and the 14-Fathom Bank of northern Peru.

The Commission's current tagging studies were initiated in 1955. Schaefer, Chatwin and Broadhead (1961) analyzed the recoveries of 747 yellowfin from 29,479 tagged during the period November 1955 through December 1959 and presented results relative to migrations of these fish; these were:

(1) There were migrations northward from the Mexican coast to the mouth of the Gulf of California and subsequently to the banks off Baja California during the spring and summer, and southerly migrations during the late fall and winter by a component of the population that extended southerly to at least the Gulf of Tehuantepec.

(2) Yellowfin of the Revillagigedo Islands appeared, in part at least, to be coextensive with those of the mainland.

(3) There was some movement of yellowfin from the regions off Central America into part of the area inhabited by fish off southern Mexico.

(4) The fishery off South America received some recruits from off Central America as indicated by the southerly migration of tagged tuna.

(5) There was a distinct southerly movement, in the southern summer, of fish from off Ecuador to off central Peru and from Peru to the north in the cooler months.

(6) The yellowfin near the coast of South America and those of the Galapagos Islands were not entirely separate.

(7) The lack of tag returns from waters to the west of the eastern Pacific fishery corroborated conclusions, based on morphometric studies, that the stocks of yellowfin tuna in the eastern Pacific were independent of those in the central Pacific.

Figures 2 to 12 have been prepared using all\* the tagging data on yellowfin tuna presented by Blunt and Messersmith (*op. cit.*), and Schaefer, Chatwin and Broadhead (*op. cit.*), plus unpublished Tuna Commission data gathered subsequent to 1959. On each of the eleven Figures is given the total number of fish tagged and recovered for all years combined, by major area of release. In the upper right-hand corner of each Figure is listed the number of fish released (releases were made within the shaded

\* Neither 55 fish released near Clipperton Island of which none was recovered, nor five recoveries of fish whose areas of tagging are unknown, are included.

squares), shown as the numbers below the line, and recoveries, shown as those above the line. For the latter, the number to the left represents total returns for which the areas of recovery are both known and unknown, and the number to the right denotes those returns for which the areas of recapture are unknown. The numbers in the one-degree areas represent recoveries within that area. These Figures show, regardless of seasonality, the extent of movement within the eastern Pacific. The data presented herein represent a total of 6,086 recoveries (73 of unknown area of recovery) from 55,737 yellowfin tagged and released during the period 1952 through 1962.

In Figure 2 are shown recoveries from fish released on the local banks, westward of Baja California, an area of intensive tagging and fishing. It is apparent from this figure that by far the majority of recoveries was made within the area of release. There were some recoveries made, however, at the Revillagigedo Islands and along the Mexican coast, and even one as far south as Guatemala.

Tagged fish released within the area of the Gulf of California were recovered generally within the area of release (Figure 3). There was, however, some movement of the fish to the south, to the vicinity of Manzanillo, Mexico.

A substantial number of the recoveries from fish tagged in the Revillagigedo Islands was made on the local banks (Figure 4). One recovery was made off Acapulco, Mexico and a significant number from the Gulf of California.

Recovery of fish released along the southern Mexican coast (Figure 5) showed that there was movement north to the local banks and the Gulf of California, and south, to off Coast Rica. However, the major portion of the fish recovered was taken within the area of release.

Of 4,308 tuna released in the Guatemala-Nicaragua area (Figure 6), less than one per cent was recovered. These recoveries showed substantial movements to the north to the Gulf of California and the local banks. One recovery was made to the south, off Colombia. There was also some movement recorded to the offshore islands, Clipperton and Revillagigedos.

The most intensive tagging was carried out in the Costa Rica-Panama area where 17,737 tagged yellowfin have been released; of these, 801 were recovered. There was a general dispersion of fish both north and south from the area of tagging (Figure 7). The maximum movement to the north was to the area of Las Tres Marias Islands off the central Mexican coast and to the south to northern Chile. Few tagged fish were recovered north of Acapulco, Mexico. Many fish migrated from the area of tagging to the waters of northern Peru. A one-degree area off the Ecuador-Peru border yielded one of the largest returns from releases in the Costa Rica-Panama area. There were also recoveries recorded from the

Galapagos and Clipperton Islands. The single recovery to the westward of the Galapagos Islands was made by a Japanese longliner.

Of the 28 recoveries from fish tagged and released in the Galapagos Islands, four were made along the coastal waters of Ecuador and Peru (Figure 8). The remainder were recovered in the area of tagging.

A number of yellowfin were released in the coastal waters of Colombia and Ecuador (Figure 9). From these releases, recoveries were made to the north as far as Costa Rica. There was in addition a substantial movement of these fish into Peruvian waters.

Recoveries from tagged fish released in the area of the Ecuador-Peru border show some dispersal into waters both to the north and south, to coastal waters of Nicaragua and to northern Chile (Figure 10). The vast majority of these recoveries was, however, taken within the area of release, an area of intensive fishing. One fish moved westerly into the region of the Galapagos Islands.

Recoveries of yellowfin released off central Peru reflect a movement of fish northward into the Gulf of Guayaquil (Figure 11).

Of the 122 fish tagged and released in waters off the Peru-Chile border only one was recovered, and that in the area of release (Figure 12).

#### **Migrations to areas outside of the eastern Pacific**

There is an extensive longline fishery throughout the central Pacific which extends well into the eastern Pacific. If there were any substantial movements of tagged fish into the waters to the westward some recoveries by these longline vessels could be expected. The lack of recoveries from the longline fishery indicates that yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, as represented by these tagging data, do not migrate, *in large numbers at least*, into other regions of the Pacific Ocean. It should be pointed out, however, that large enough numbers of tagged fish may not survive to reach the larger sizes which are taken by the longline vessels or that tag recoveries were made but not returned to us. The fact that one each tagged yellowfin\*, skipjack and bluefin was recaptured and returned to us by the Japanese longline fleet would suggest that this latter possibility is rather remote. A critical evaluation of the possibility of tagged fish not surviving to reach the sizes taken by the longline vessels is beyond the scope of the present paper.

#### **Migrations within the eastern Pacific**

As indicated by these tagging data the yellowfin tuna is not a far-ranging species, as are the albacore, skipjack and bluefin. Maximum

\* A yellowfin tuna tagged in the Gulf of Panama was recovered after 3 years at liberty, by a Japanese longline vessel at about 02°N latitude and 98°W longitude. It was 525 mm. when released and 1279 mm. when recovered.

movements of the yellowfin recorded within the eastern Pacific are in the order of 1800 miles. By far, the majority of the recovered fish has been taken within 200 miles of the area of release. Fish in the Central American area appear, on the average, to disperse greater distances and in greater numbers from the area of tagging than do those at the northern and southern extremes of the range. These differences are difficult to evaluate because of the varying intensity of fishing among the different areas, and the different numbers of fish tagged within these areas. It seems clear that the tagged members of a particular group of fish disperse from the area of release to distances great enough to allow them to intermingle or overlap in range to a considerable degree with fish tagged in other areas (Figures 2 to 12). The extent of intermingling appears to be related to the distances separating tagged groups, that is, there is decreased intermingling with an increase in distance of separation between groups. As shown by the tagging data, fish from the southern extreme of the fishery do not intermingle with those from the northern extreme. However, fish from the geographic center of the fishery mix or overlap in range with those from both the northern and southern extremes of the fishery.

These tagging data suggest that there is neither complete mixing of the stocks of yellowfin within the eastern Pacific nor is there real isolation of any groups. However, if there is some mechanism on the part of these fish whereby individuals return to a specific geographic area and spawn, then genetic isolation, resulting in the maintenance of population units could obtain.

### **MORPHOMETRICS**

Anatomical characteristics such as body shape and meristic counts have been employed to a high degree by fisheries biologists to aid in the identification of population units of commercially exploited stocks of fish. However, this approach has certain limitations. Some anatomical characteristics are known to be a result of environmental modification of genetic traits, to what extent in tunas is not known, and it is therefore difficult to ascertain to what degree morphometric studies of tunas are measuring genetic or environmental characters. Where morphometric heterogeneity, on a statistical basis, has been demonstrated between two geographically separated stocks of fish, the exact relationship between them, especially the degree of intermingling, has been difficult to ascertain. In any event, the mere fact that differences do exist among morphometric characters, whether they be affected by the environment or not, indicates some degree of non-homogeneity. Of importance is whether or not the degree of heterogeneity is sufficiently large to permit the stocks to be treated, as a practical matter, as separate fishery management units.

Godsil (1948) examined morphometric characters from 13 samples, comprising 1,911 yellowfin tuna, taken during 1936-1940 in the eastern



Pacific Ocean north of the equator. Using five characters, he statistically compared these 13 samples among themselves and among samples from Peru, Hawaii and Japan. Comparison of the 13 samples showed some statistical differences among them. Godsil indicated these were due to some factor other than geographic segregation and that the differences were not of major biological significance. He therefore suggested that the yellowfin tuna in the eastern Pacific between Southern California and the equator were, in all probability, a single intermingling population unit. He found that the yellowfin from Japan were significantly different from local ones. The divergence between these two groups was 33 times greater than that of the most divergent local samples, from which he concluded that the local and Japanese stocks were entirely separate and distinct. The Hawaiian specimens were found to differ significantly enough from the local specimens for Godsil to conclude that they were also a separate and distinct population unit from the local yellowfin. Godsil also compared six yellowfin taken off Peru with the 1911 taken north of the equator and found them to differ in one out of the five characters examined. On the basis of this he suggested, pending further investigation, that the Peruvian and local (north of the equator) fish were not identical and possibly represented separate population units.

Godsil and Greenwood (1951), in a subsequent study, using additional fish from other areas, corroborated earlier evidence that the yellowfin in the eastern Pacific are distinct from those to the westward and further indicated that those within the central Pacific may themselves consist of separate discrete units.

Schaefer (1952) compared data for 203 yellowfin tuna from the Hawaiian longline fishery with previously published data for yellowfin from the eastern Pacific Ocean. He found these two stocks of fish to differ in more than ten of the characters compared and concluded, on the basis of the magnitude and consistency of these differences, that the yellowfin tuna from the Hawaiian Islands and those from the eastern Pacific could be regarded as distinct populations. He cautioned that the possibility of some mixing between them should not be excluded but, that if any did exist, it was sufficiently small to allow the two populations to maintain their characteristic differences.

Royce (1953), using most of the previously published data on yellowfin morphometrics, augmented with additional data from Japan, the eastern Pacific near 120°-130°W, and the Society, Line, Phoenix, Marshall and Caroline Islands, compared samples by 15 major areas within the Pacific Ocean on a numerical basis employing a coefficient of racial likeness. His analysis indicated a tendency for certain of the characters measured to form clines or gradients along the equator across the Pacific Ocean. After cautioning the reader to be skeptical of conclusions based on data of this kind, and citing examples where conclusions based on morphometrics have been contradicted by tagging studies, Royce pointed out three features in

his data which gave him confidence in them (pages 143, 144). He concluded that the samples used in the study were taken from stocks which, with the exception of certain adjoining areas in the equatorial Pacific, were at least semi-independent.

Schaefer (1955), using previously published data from Central America and Hawaii plus additional unpublished material from Southeast Polynesia (Marquesas, Society and Tuamotu Islands), compared biometric data among these three areas. He found yellowfin from Southeast Polynesia to be similar in some characters to specimens from Hawaii, in having very long anal and second dorsal fins but both were very different from Central American fish. He also found the pectoral fins on yellowfin from Southeast Polynesia to be much longer than those on fish from Central America and also significantly larger than those of Hawaiian specimens. With respect to body dimensions, yellowfin from Southeast Polynesia appeared to be somewhat intermediate between those from the American west coast and Hawaii. He concluded that his data further confirmed the separation of the yellowfin tunas of the Pacific Ocean into a number of independent or semi-independent populations. He also stated that it appeared that the yellowfin along the west coast of the Americas were distinctly different from those farther westward, but that the possibility of some intermingling could not be excluded.

Broadhead (1959) analyzed measurements of six body dimensions of yellowfin tuna taken during 1955-1957 from six major fishing areas in the eastern Pacific Ocean. For these six characters, he found that differences among replicate samples from the same area were, in most cases, as great as those found when comparing samples from among the various areas of the fishery. From these analyses he concluded "Morphometric data, therefore, do not indicate the separation of the stocks of yellowfin tuna fished off the West Coast of the Americas into subpopulation units. Indirect evidence from catch statistics and preliminary results of tagging suggest that sufficient mixing of the yellowfin tuna within this area may occur to prevent the genetic isolation of population components for any long period of time, and the consequent formation of definite characteristics in the body measurements of the fish in different sub-areas."

Royce (1964) using most of the previously published data on morphometric characteristics of yellowfin tuna, and additional unpublished data, representing 4,072 specimens, re-analyzed and elaborated on his previous study. He used ten characters from among 29 major areas in his analysis and applied a modification of the Hubbs and Hubbs (1953) technique to this analysis to detect clines, if such existed. The analysis showed a cline along the equator from the eastern to the west-central Pacific, with yellowfin to the east having larger heads, shorter pectoral, second dorsal, and anal fins, and greater distances from the snout to the insertions of first dorsal and ventral fins. They were also shown to have

greater distances from the snout to the insertion of the second dorsal and insertion of the anal, a greater body depth, and a greater length along the belly from the ventrals to the vent. Comparing samples of fish from areas removed from the equator with the samples from along the equator he found them, in some cases, to differ erratically. The dimensions of the characters for these erratic groups were, however, within the range of characters in the cline. Royce next approached the problem of intermingling through an extension of the concept of overlap wherein he considered the area of one frequency curve, and within it, the proportion which might belong to another specified frequency curve. The measure of overlap, which considered a number of characters simultaneously, was expressed as a percentage which varied from 0 to 100 as the means of the distributions approached one another. Royce pointed out that this technique did not show that intermingling had actually occurred, but it did indicate the maximum amount of intermingling which might have occurred. From this analysis, based on seven characters, he indicated that the overlap in characters of samples of yellowfin along the equator is inversely related to distance between samples; those separated by 1,500 miles overlap less than 50 per cent; those separated by 3,000 miles overlap less than 25 per cent; and those separated by 6,000 miles overlap less than 6 per cent. He concluded that east-west migration is limited and that most yellowfin remain within a few hundred miles of where they occur as juveniles.

The majority of studies wherein comparisons were made between fish from the central and eastern Pacific utilized data from the two extremes of the sampling range. These studies suggested absolute differences great enough to indicate separation of the two stocks of fish sampled into distinct populations on the basis of the characters used. The possibility of some intermingling, in most cases, was however, not excluded. Royce (*op. cit.*), however, utilized data from within the area bounded by the eastern and central Pacific as well as the extremes of the range and he proposed the existence of a character gradient or cline. This suggested the possibility of varying degrees of intermingling among the fish along the equator between the eastern and central Pacific.

It is the opinion of the present authors, that, on the basis of the aforementioned morphometric studies, there is no *clear* geographical break between yellowfin tuna inhabiting the central Pacific and those to the eastward, at any point of longitude.

Comparisons within the eastern Pacific showed, in the main, no significant differences of characters among areas.

### **BLOOD GROUP STUDIES**

Investigation, by the Tuna Commission, of blood type differences in yellowfin tuna to determine the population structure of this species within

the area of the eastern Pacific fishery and also within waters to the westward is currently underway. These studies are still in an exploratory stage; results to date are as yet inconclusive, and give no clear evidence on the population structure of this species.

### VITAL STATISTICS

Certain vital statistics are of value in the identification of population units. If a stock of fish is assumed to be a population unit, vital statistics within that stock should be examined for heterogeneity before making final conclusions. Homogeneity of various vital statistics provides, in some cases, corroborative evidence for designation of a population unit, but should not be considered sufficient evidence in itself. That is, heterogeneity of some vital statistics within a stock might be indicative of population units but the converse would not necessarily be so. In any event, it is of interest to examine vital statistics with these points in mind. In this section data on growth, fecundity and length-weight relations will be examined.

#### Growth

Hennemuth (1961a) determined year class composition, age and growth for yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean using data based on the size composition of catch. In addition to determining these essential parameters, he compared growth rates and year class composition of catch within and among three major regions of the eastern Pacific: (1) north of 14°N latitude; (2) from 14° to 6°N latitude; and (3) south of 6°N latitude, to determine if the characters provided information relative to population structure. Comparisons of growth rates showed no significant differences within the three major regions nor among them. He next compared year class composition within each of the three regions and found no differences. Comparing five different primary (X) year classes among the three regions, Hennemuth found considerable heterogeneity, with the data from the northern region most different from those regions farther to the south. The actual comparison of regional year class composition was done graphically, by superposing the average values of modal lengths of the series, which he presumed to approximate the growth of year classes, for the three areas. He indicated that the displacement of growth curves found among regions would suggest that the spawning population from which these year classes originated would be autonomous. Using these same data, plus the secondary (Y) size components of the northern and central regions, and making a similar comparison as above, he suggested that there was an inter-migration of fish between the northern and central regions in 1957 and 1958, but that there is some evidence to indicate the two populations were originally autonomous.

Hennemuth (*op. cit.*), evaluating the areas, times and corresponding modal lengths at which the initial age groups of the year classes appear

in the catch showed a southerly migration of fish from the north to southern Mexican waters in the first quarter of the year and a northerly migration of fish into the Gulf of California during the second quarter of the year.

From these studies, he concluded that: "The possibility that the stocks of fish from the Central, Intermediate (Gulf of Panama Area) and Southern Regions are closely interrelated cannot, thus, be refuted; although the present data do not offer explicit evidence that they necessarily are. There is some evidence to indicate that the stock of fish in the Northern Region are of independent origin from those of the regions to the south."

Davidoff (1963) re-examined the size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern Pacific using the data of Hennemuth and additional data for 1951-1954 and 1959-1961. He compared growth rates and year class composition of catch among major regions. For the eleven years examined only the 1953, 1957 and 1960 primary groups were found to differ in growth rates among areas. His comparison of monthly modal lengths of age groups of the same year class among areas were found to be similar, with the exception of 1957. Davidoff concluded that growth was essentially similar throughout all areas of the fishery and that any differences in growth among areas were analytical artifacts.

The growth curves of yellowfin year classes X51 to X62, for areas north and south of 14°N, are shown in Figure 13. The Figure was plotted using data from Davidoff (1963) plus additional unpublished data in the Commission's files. Examination of the Figure suggests that the monthly modal lengths of age groups of the same year class are similar in both regions except for the X57 year class. Fish comprising this latter year class are, on the average, smaller in size in the northern region than in the southern, in the same months of capture.

### **Fecundity**

Joseph (1963), to study the relationship between fecundity and fish length for yellowfin tuna, examined 94 specimens from four major areas within the eastern Pacific. From these studies he concluded "Fecundity estimates of yellowfin tuna from the Eastern Pacific were examined by sub-area of collection, but no differences were detectable. If there do exist differences in fecundity in different sub-areas, we are unable, therefore, to detect them in the presence of the high variability of fecundity of fish of the same size in the same area. A single regression of fecundity on fish size adequately summarizes the data available at this time, and they provide no evidence of racial differentiation among yellowfin within the Eastern Pacific." In the same study he compared all fecundity data from the eastern Pacific with comparable data from the area of the Hawaiian Islands. In this instance a significant difference between the fecundity-length relationships for yellowfin from the eastern Pacific and

those from Hawaii was evident. As there was a time lag of over ten years between data collected from the two areas, and the collections were made by different persons, Joseph cautioned that this difference may not have been a racial difference but merely a difference due to reaction to an environmental change or due to variance in technique employed by the different researchers.

### **Length-weight relationships**

Chatwin (1959) analyzed the relationship between length and weight for 541 yellowfin taken from the eastern Pacific Ocean. The samples were divided into six groups depending on area of origin and compared. Small but significant differences with respect to slopes or regression coefficients were found among areas. Inspection of Chatwin's Figure 4 suggests that the largest total difference among areas was attributable to variance within the northern area rather than to a difference between the northern and southern regions. However, Chatwin pointed out that these differences were small enough in absolute terms to justify the use of one equation, to relate length to weight, for the entire eastern Pacific.

## **CATCH STATISTICAL DATA**

### **Catch-per-unit-effort and total catch**

As indicated previously, analysis of the tagging data suggests that there may not be complete mixing of the stocks of yellowfin tuna within the eastern Pacific Ocean. Schaefer (1963) suggested that there may be a partial separation of stocks of yellowfin tuna into a northern and southern component with a wide region of intermingling near the Gulf of Tehuantepec, the center of which is at about 15°N latitude. To examine further this partial separation certain of the Tuna Commission's catch statistical data have been re-analyzed on the basis of a division into two groups, one north of 15°N latitude and the other south of this.

Throughout this discussion catch-per-unit-effort ( $\bar{U}$ ) will be expressed in thousands of pounds per standard day's fishing. For details of computations for  $\bar{U}$  and standard effort the reader is referred to Shimada and Schaefer (1956) and Broadhead (1962).

To examine the relationship between fishing success in the two areas of concern the  $\bar{U}$  both north and south of 15°N latitude for the years 1951-1963 have been plotted in the lower panel of Figure 14. In the upper panel of the same Figure are shown the total annual catches north and south of 15°N for the same years. A coefficient of correlation indicates no significant relationship between the catch north and south of 15°N.

With the exception of 1951 and 1955 there appears to be a relationship between  $\bar{U}$  in both areas. During 1951 effort was curtailed for the first quarter of the year due to a tie-up of vessels. The first three months of the year produce, on the average, good catches (high  $\bar{U}$ ) north of 15°N.

Further, during 1951, effort was curtailed again after August, another period when generally good fishing for yellowfin is experienced north of  $15^{\circ}\text{N}$ . In the south, 1951 was the year when the Gulf of Guayaquil area was first exploited to any extent. Vessels departing during April through August proceeded to this area because of the excellent fishing there. This may account for the large difference in the  $\bar{U}$  between the two areas for 1951. The differences in 1955 may be due to a real difference in abundance between the north and south or a possible change in availability, among other factors. To inspect further the relationship between fishing success in the north and in the south, the respective  $\bar{U}$ 's for these two regions have been plotted against each other in Figure 15. There is a general relationship between the two variables, with the exceptions noted above. The coefficient of correlation, 0.54, for these data, excluding 1951 for the reasons noted above, but including 1955, the data for which could not be eliminated reasonably, is significant at  $P > 0.05 < 0.10$  at 10 d.f. This suggests that, on the average, when the relative apparent abundance of yellowfin is high in the north, it is also high in the south, and vice-versa. There does not, however, seem to be a constant pattern in the differences among years when comparing the  $\bar{U}$  north and south for each year. In fact, a *t*-test, for differences between the mean  $\bar{U}$  for the years 1952-1963, shows no significant difference between the north and south.

It should be mentioned here that the analysis of the catch statistical data as presented herein has limited application relative to population structure and should be viewed with caution. The fact that there is a positive correlation in catch-per-unit-effort north and south of  $15^{\circ}\text{N}$  may be in part merely a reflection of the high mobility of the fishery for tropical tunas: fishermen will tend to avoid regions of low catch-per-unit-effort and concentrate on regions of high catch-per-unit-effort. This would result in a tendency for the two to be correlated regardless of whether the stocks are independent or not.

#### **Distribution of catch by the eastern Pacific surface fishery**

Complete records of the distribution of catch of yellowfin tuna in the eastern Pacific have been presented by Shimada (1958) and Alverson (1959, 1960, 1963). Broadhead and Barrett (1964, Figure 2) have presented these data, from 1951-1960, in the form of a graph showing location of capture in time, by sub-Marsden squares with temperature data superimposed in the form of isograms. It is evident from their figure that off Baja California there is a relationship between the occurrence of tuna and temperature. During the spring and summer months there is a northward progression of both isotherms and contours of yellowfin tuna abundance and a retreat during the fall and winter months. The southern extent of the yellowfin distribution off Peru is generally limited by the northern boundary of the Peru Current. Exceptions to this are the warm El Niño years of 1953-1954 and 1957-1958 when the southern limit of yellowfin abundance moved somewhat more southerly with the movement of warm water.

It is also apparent from this figure that during the first two quarters of each year there is a continuous band of yellowfin across 15°N latitude, except during the period December 1957 to June 1958 when catches in the area of the Gulf of Tehuantepec were very poor. This latter period corresponds to a period of very warm water throughout the range of the fishery along with a strong El Niño condition to the south.

#### **Distribution of Japanese longline catches east of 140°West**

It is of importance to examine the distribution of catch made by the Japanese longline fleet east of 140°W in an effort to detect any natural breaks in the distribution of the yellowfin tuna on an east-west axis. If a break were evident, this might afford an opportunity for genetic isolation, resulting in sub-population differences, and would facilitate the definition of an area of probable separation of sub-populations. On the other hand, the lack of a discontinuity in distribution of catch would not necessarily imply an absence of sub-populations, but it would make it difficult to isolate the area of sub-population differences if, in fact, one existed. To examine this, Figure 16, which shows by 5-degree areas the number of yellowfin captured and corresponding effort expended during the period April 1962 to March 1963, has been prepared. Data are from the Japanese Fishermen's Cooperative Association (1963-1964) and represent about 40 per cent coverage. It is readily apparent that there is no sharp break or discontinuity in the catches along an east-west axis. The data do, however, indicate a slight tendency towards decreased catches of yellowfin to the eastward.

#### **SPAWNING**

Yellowfin tuna in the eastern Pacific spawn throughout the year, with the peak of spawning activity occurring at different times of the year in different localities. The geographical range of spawning is rather extensive; yellowfin have, at times, spawned as far north as Baja California (26°09'N, 114°08'W) and as far south as Pta. Santa Elena, Ecuador (2°11'S, 81°10'W).

The number of recently hatched yellowfin tuna captured in either plankton net tows or by night-lighting, is given in Figure 17, by one-degree areas, for both the eastern Pacific and areas somewhat to the westward. These data are from Schaefer and Marr (1948), Mead (1951), Matsumoto (1958), Strasberg (1960), Klawe (1963) and Clemens and Nowell (1963). The greatest number of young, in the eastern Pacific, have been taken from the waters bounded by Cabo Corrientes, Mexico in the north and Pta. Mariato, Panama in the south, for a distance of several hundred miles offshore. These combined data have been collected over a number of years and are indicative only of what occurs in the average year.

The seasonal nature, by area, of the yellowfin's spawning in the eastern Pacific has been noted by Orange (1961) who examined gonad develop-



ment and by Klawe (1963) who studied the distribution of young. The data of Orange furnish the best information available at present concerning the seasonal nature of yellowfin spawning. Orange divided the eastern Pacific into 13 sampling areas (his Figure 1) and examined the spawning activity in each. His examination suggested that there is, on the average, very little spawning off Baja California and northern South America. Klawe's data, while less extensive, corroborated those of Orange. He noted that waters off Baja California have been thoroughly sampled at various times of the year, since 1949 by vessels of the California Cooperative Oceanic Fishery Investigations, yet yellowfin larvae were taken there only on two occasions. On the basis of these facts, Klawe concluded that Baja California, the most extensively sampled area in the eastern Pacific, is of minor importance as a spawning area. Apparently an analogous situation prevails off northern South America where numerous plankton hauls by various U.S.-based expeditions and by the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru have failed to capture any yellowfin larvae. The only larvae captured were taken in 1958, by night-lighting, when the oceanic temperatures were higher than those which normally prevail.

Orange concluded from his gonad studies that: In the Revillagigedo Islands spawning occurs throughout the year with the peak in August. Considerable spawning occurs the year around off the coast of Mexico with the seasonal peak occurring in the second and third quarters. In the Gulf of Tehuantepec and off the coasts of Central America there is apparently some spawning the year around; it is most intensive in the first six months of the year and is at its peak in March-April. There is no evidence of spawning off Peru. There is spawning at Galapagos, Cocos and Clipperton Islands but the data are too few to show any seasonal trends. Spawning around these offshore islands seems to be heaviest in the first part of the year, a situation similar to that off the coast of Central America.

The size at first spawning varies somewhat in the eastern Pacific (Orange, *op. cit.*). He noted that for yellowfin found between Port Angeles, Mexico and Cape Mala, Panama the minimum size at first spawning was about 50 cm. In this area, 20 per cent of the females between 50-60 cm of length were found to be maturing. In contrast with the situation noted above, Orange concluded that yellowfin from the Revillagigedo Islands, the Mexican coast north of Port Angeles, the Colombian coast, southern Ecuador and Cocos Island were probably around 70 cm in length at first spawning.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

### Inter-area population structure

Review of the morphometric data included in this paper suggests the possibility of varying degrees of intermingling among the yellowfin along the equator, with no clear geographic break between fish inhabiting the

central Pacific and those to the eastward. This (1) affords, from a biological point of view, the possibility of an absence of complete genetic isolation, or (2) suggests at least the difficulty of defining population units on the basis of the available morphometric data. The continuity of the Japanese longline catches of yellowfin, which show no natural breaks in the distribution of catch from the central to the eastern Pacific, corroborates this. Tagging data, on the other hand, show no movements of fish out of the eastern Pacific into areas to the westward. On the basis of these two series of data it is not possible to elucidate exactly the nature of the inter-area population structure. The genetic relationships of these stocks of fish are therefore moot, and final conclusions must await the result of further tagging and blood typing research. Available tagging and morphometric data do, however, support the idea that the rate of intermingling among yellowfin along an east-west axis is slow. This, considered together with the geographic range of the American surface fishery and the predictable manner in which the yellowfin stocks in the eastern Pacific react to exploitation, suggests that an empirical break exists between these stocks and those to the westward. Therefore, it is expedient from a fishery management point of view to consider, at this time, the yellowfin of the eastern Pacific as a management unit (as applies to Schaefer's (1957) population model) separate from those to the westward.

#### **Intra-area population structure**

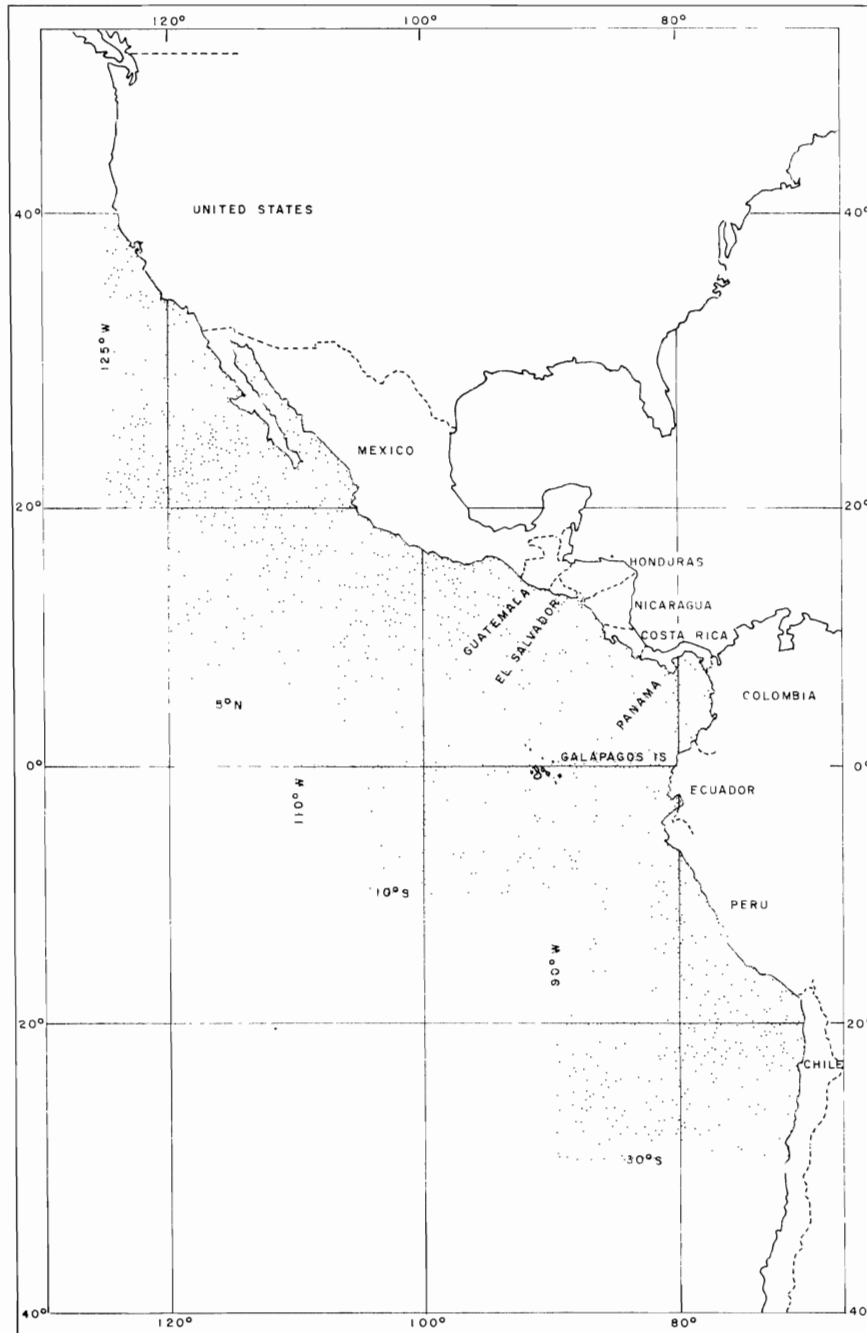
It is possible to draw a number of conclusions from the preceding review. Some of the more important ones, relative to population structure within the region of the eastern Pacific fishery for yellowfin tuna, are discussed below.

Studies of morphometrics, fecundity, and growth rates give no evidence of population differences. As pointed out above, however, this certainly is not positive evidence that stocks within the eastern Pacific are homogeneous. Catch statistical data as analyzed herein, give no clear evidence either way. Comparison of year class composition between the northern and southern regions showed major differences only during 1957 (Figure 13). It is interesting to note that this was an abnormally warm year, one in which the availability of yellowfin throughout the fishery was affected, especially in the area bordering the Gulf of Tehuantepec.

Tagging data reveal that yellowfin tuna, on an individual basis, do not mix throughout the entire range of the fishery. There appear to be, however, some established patterns of movement near the northern and southern extremes of the range and these appear to be associated with the seasonal movements of the isotherms, particularly in the north. The data do suggest, however, that the fish may mix enough throughout the fishery to afford a possible exchange of genetic material. What the tagging data do not reveal is whether there is spatial and temporal segregation of individuals on the spawning grounds.

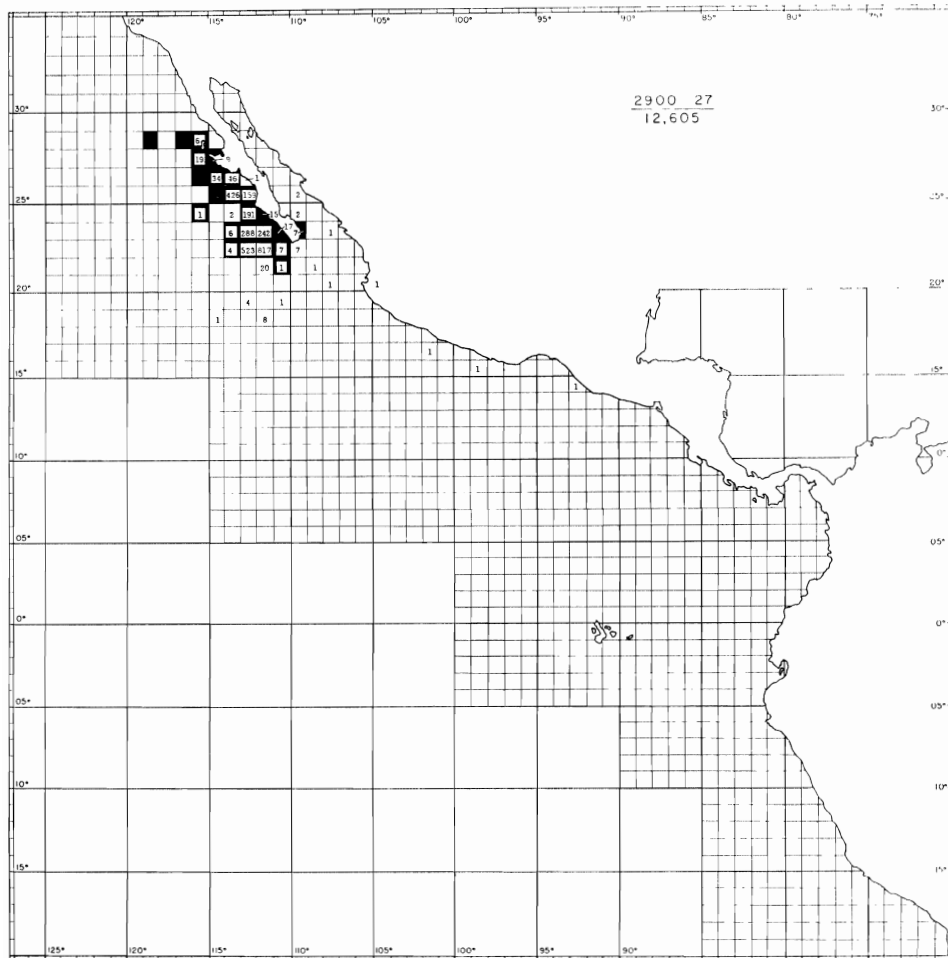
In order for the development of fractions of a population that are genetically self-sustaining there must be some mechanism for hindering the free exchange of genetic material and/or some factor, such as differential selective mortality, acting upon a certain genetic type at some particular point in the range of the species. In many populations of fish this former mechanism takes the form of spawning areas that are either seasonally and/or geographically isolated. For yellowfin tuna, there do not appear to be areas of spawning which are sharply separated either in time and/or space. Indeed, throughout the general area of spawning in the eastern Pacific Ocean there appears to be an almost complete lack of geographically isolated spawning grounds. Further, as evidenced by the seasonal distribution of catch of yellowfin (Broadhead and Barrett, 1964, Figure 2) there appears to be a continuous band of fish along the Central American and southern Mexican coast during the first two quarters of the year — a time of rather intensive spawning throughout this area. In the light of these latter facts it seems, therefore, that unless yellowfin retain some mechanism for segregation to spawning grounds a rather free exchange of genetic material might be the case. It might be pointed out here that these tagging and spawning data, the latter which show a complete lack of spawning below Pta. Santa Elena, Ecuador, certainly negate an earlier indication that the yellowfin tuna inhabiting Peruvian waters are a separate entity from other fish in the eastern Pacific. Recent morphometric data substantiate this conclusion.

On the basis of the data presented in this review, it seems apparent that there is no conclusive evidence to indicate that the yellowfin tuna in the eastern Pacific constitute more than a single subpopulation. The true population structure of these fish must, however, once again await further research in the fields of tagging and genetic analysis.



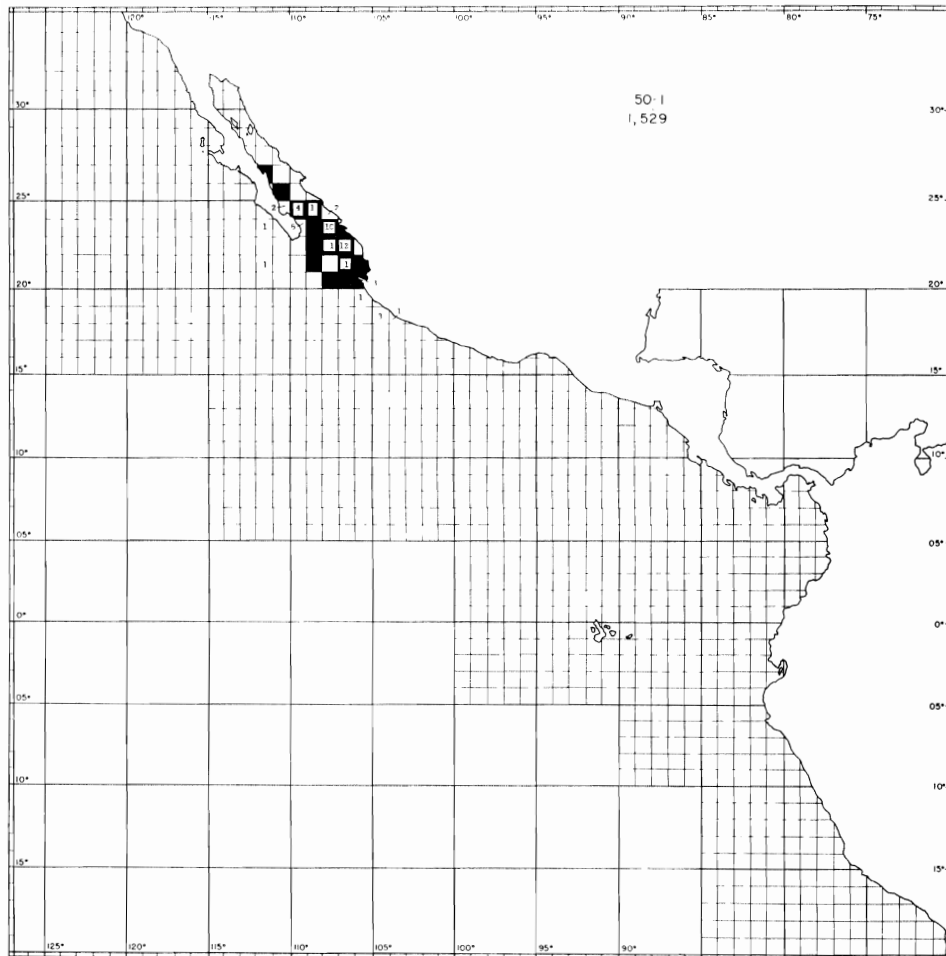
**FIGURE 1.** The eastern Pacific as defined by the Inter-American Tropical Tuna Commission (1963), for a yellowfin tuna regulatory area.

**FIGURA 1.** El Pacífico Oriental definido por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1963), como área de reglamentación del atún aleta amarilla.



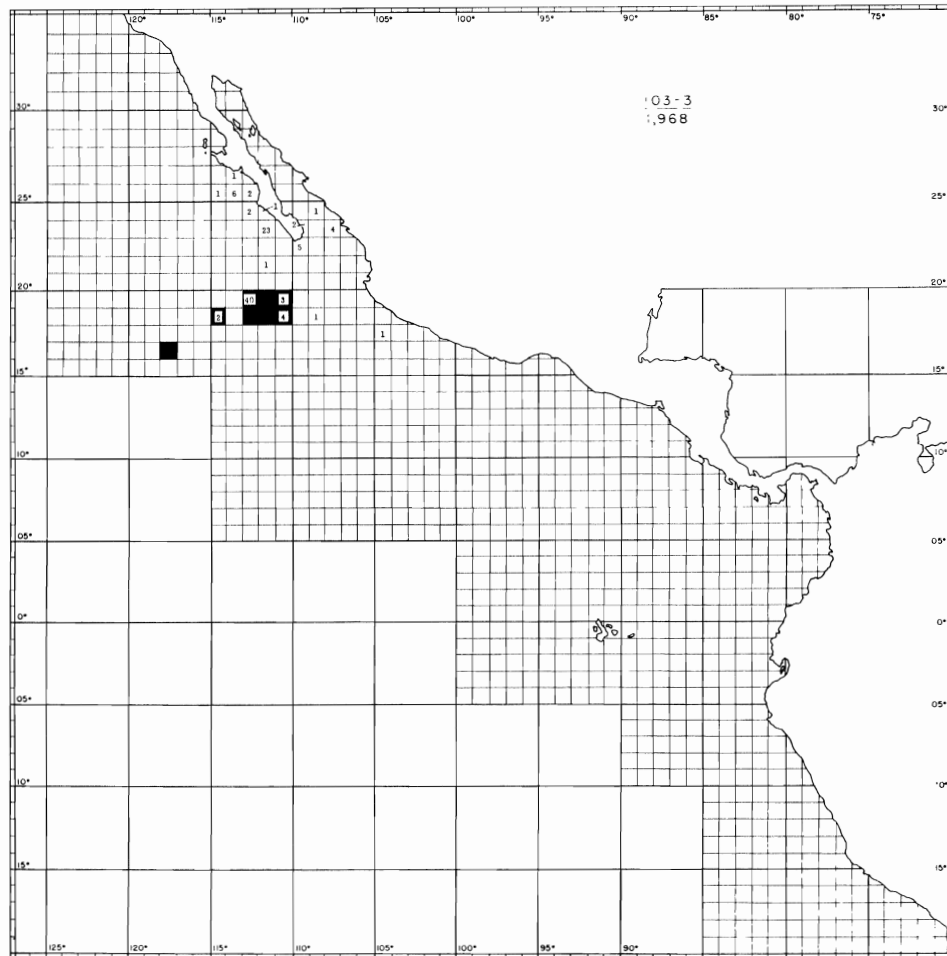
**FIGURE 2.** Yellowfin tuna tagged and released on Local Banks; recoveries shown by one-degree areas.

**FIGURA 2.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados en los Bancos Locales; los recobros se indican por áreas de un grado.



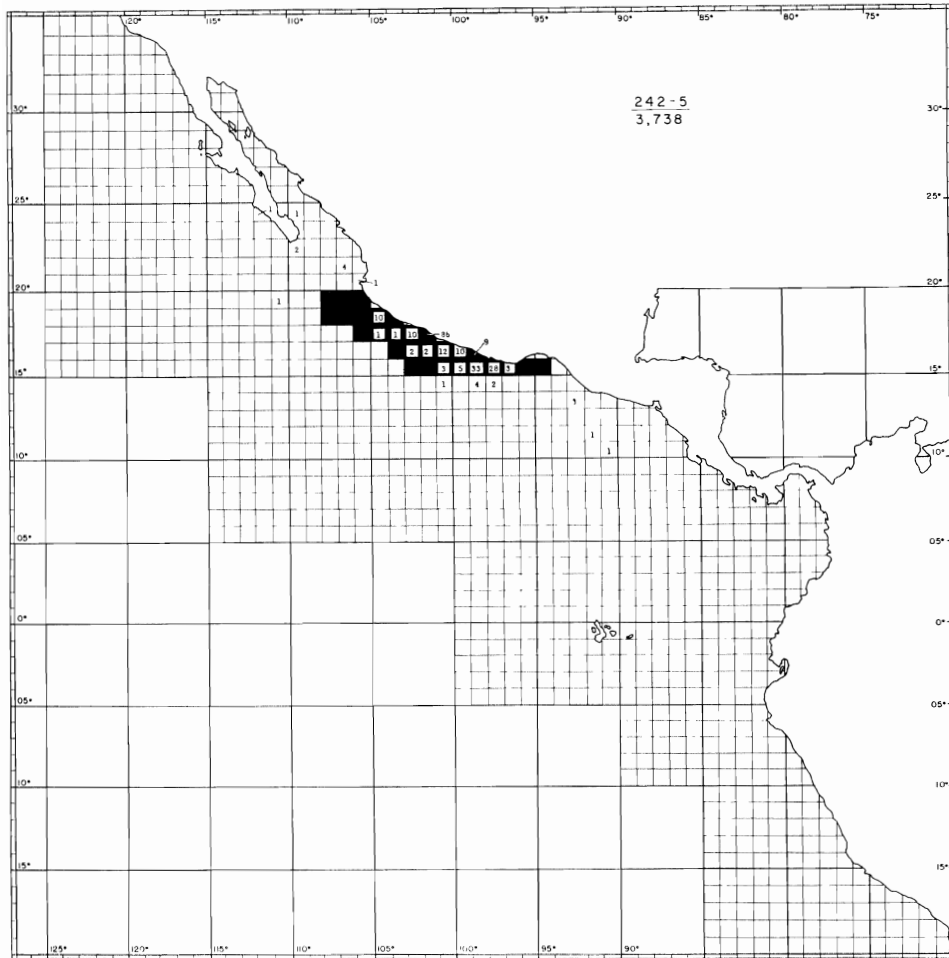
**FIGURE 3.** Yellowfin tuna tagged and released in Gulf of California; recoveries shown by one-degree areas.

**FIGURA 3.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados en el Golfo de California; los recobros se indican por áreas de un grado.



**FIGURE 4.** Yellowfin tuna tagged and released at Revillagigedo Islands; recoveries shown by one-degree areas.

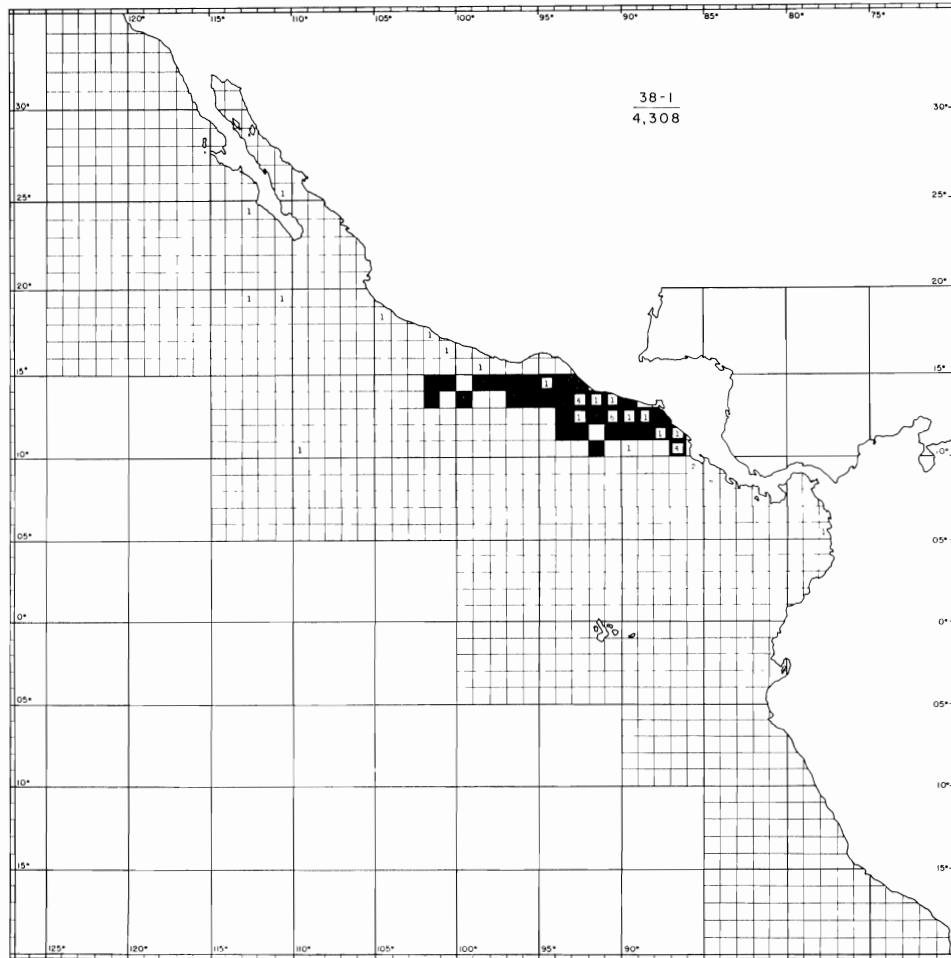
**FIGURA 4.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados en las Islas Revillagigedo; los recobros se indican por áreas de un grado.



**FIGURE 5.** Yellowfin tuna tagged and released off southern Mexican coast; recoveries shown by one-degree areas.

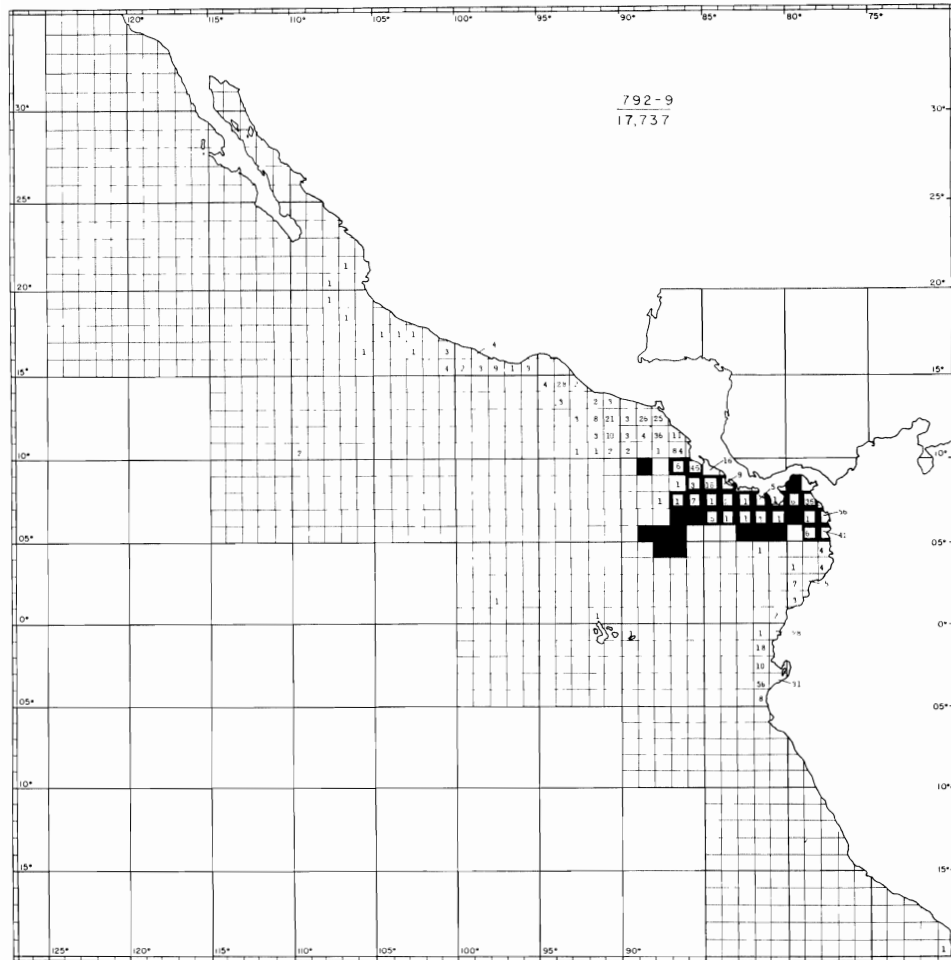
**FIGURA 5.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados frente a la costa sur de México; los recobros se indican por áreas de un grado.





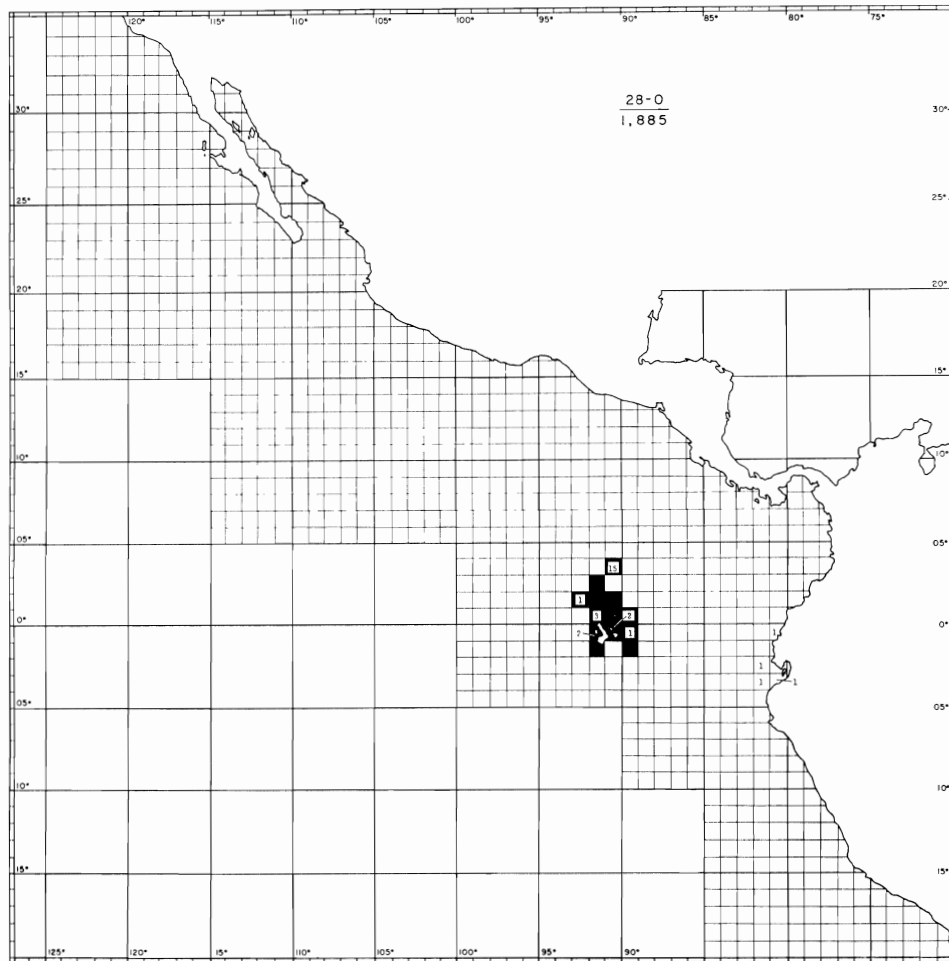
**FIGURE 6.** Yellowfin tuna tagged and released off Guatemala-Nicaragua; recoveries shown by one-degree areas.

**FIGURA 6.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados frente a Guatemala-Nicaragua; los recobros se indican por áreas de un grado.



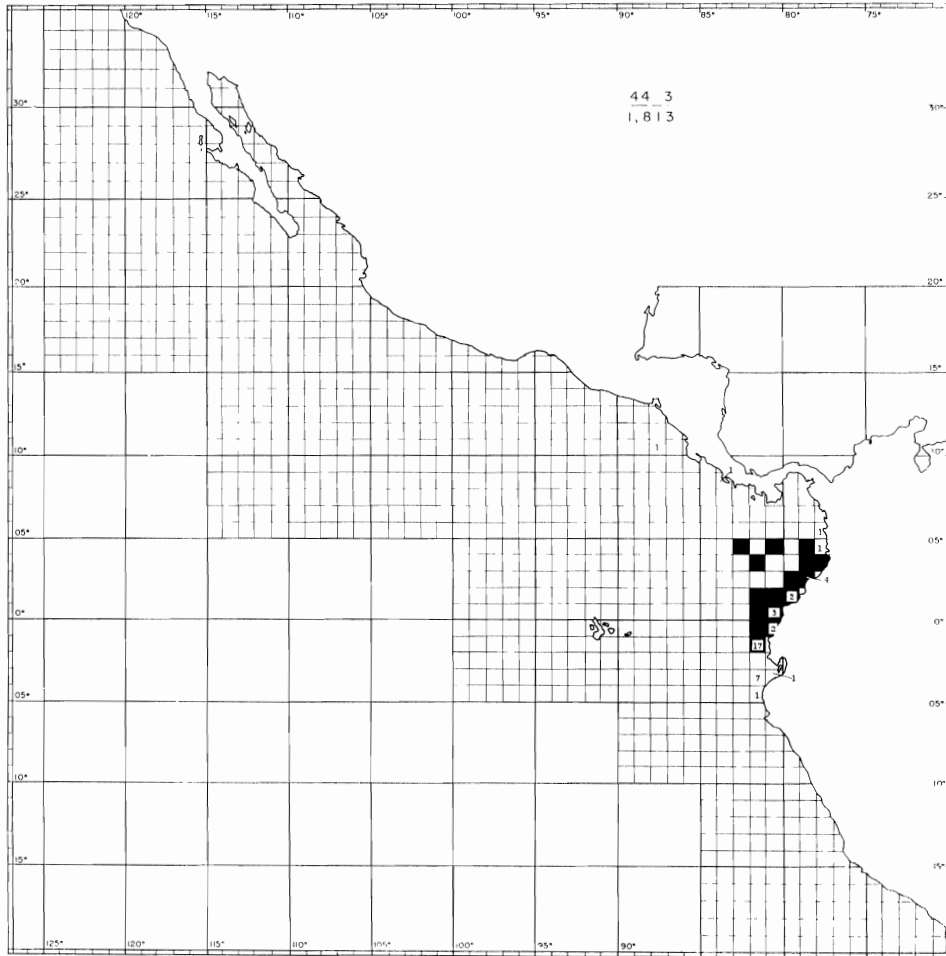
**FIGURE 7.** Yellowfin tuna tagged and released off Costa Rica-Panama; recoveries shown by one-degree areas.

**FIGURA 7.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados frente a Costa Rica-Panamá los recobros se indican por áreas de un grado.



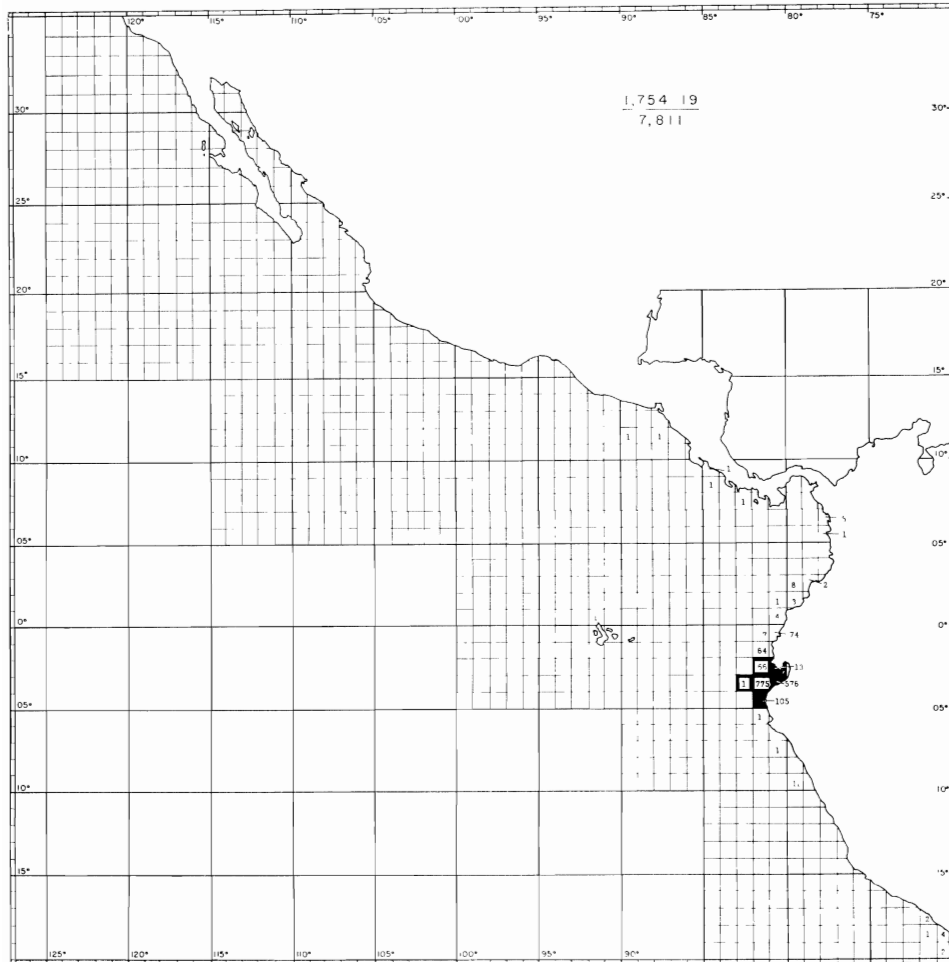
**FIGURE 8.** Yellowfin tuna tagged and released at Galapagos Islands; recoveries shown by one-degree areas.

**FIGURA 8.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados en las Islas Galápagos; los recobros se indican por áreas de un grado.



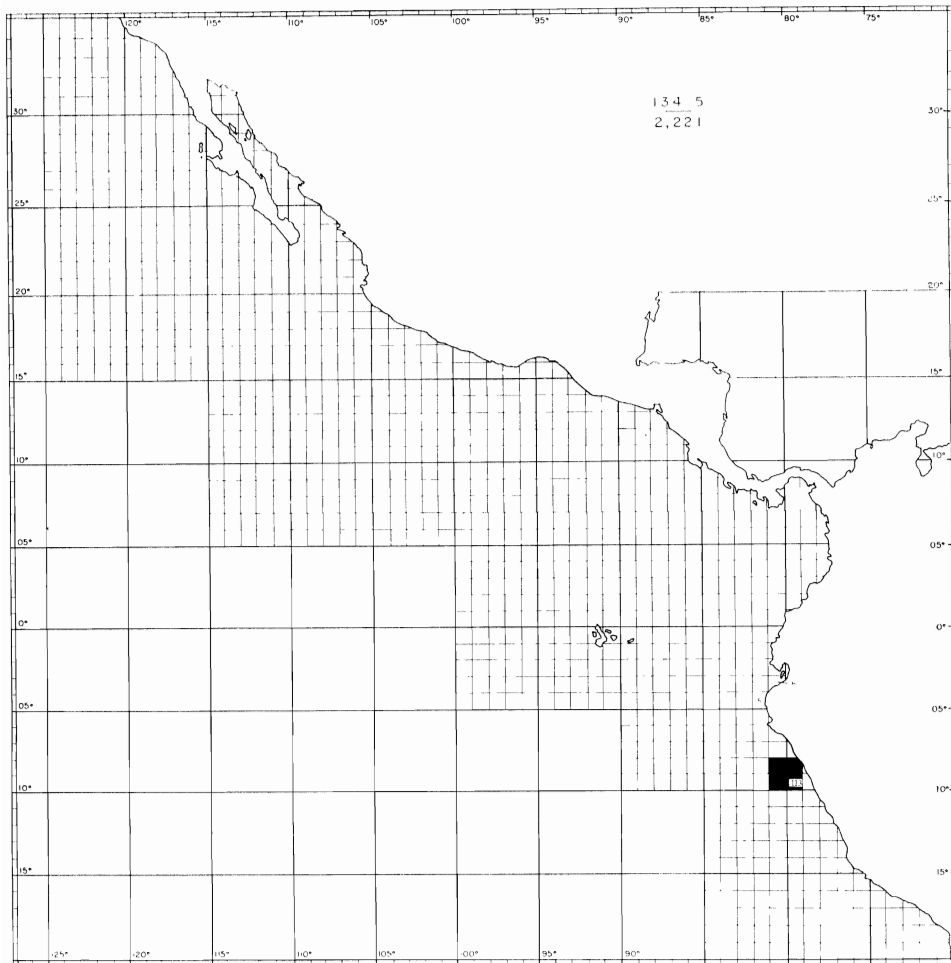
**FIGURE 9. Yellowfin tuna tagged and released off Ecuador-Colombia; recoveries shown by one-degree areas.**

**FIGURA 9. Atunes aleta amarilla marcados y liberados frente a Ecuador-Colombia; los recobros se indican por áreas de un grado.**



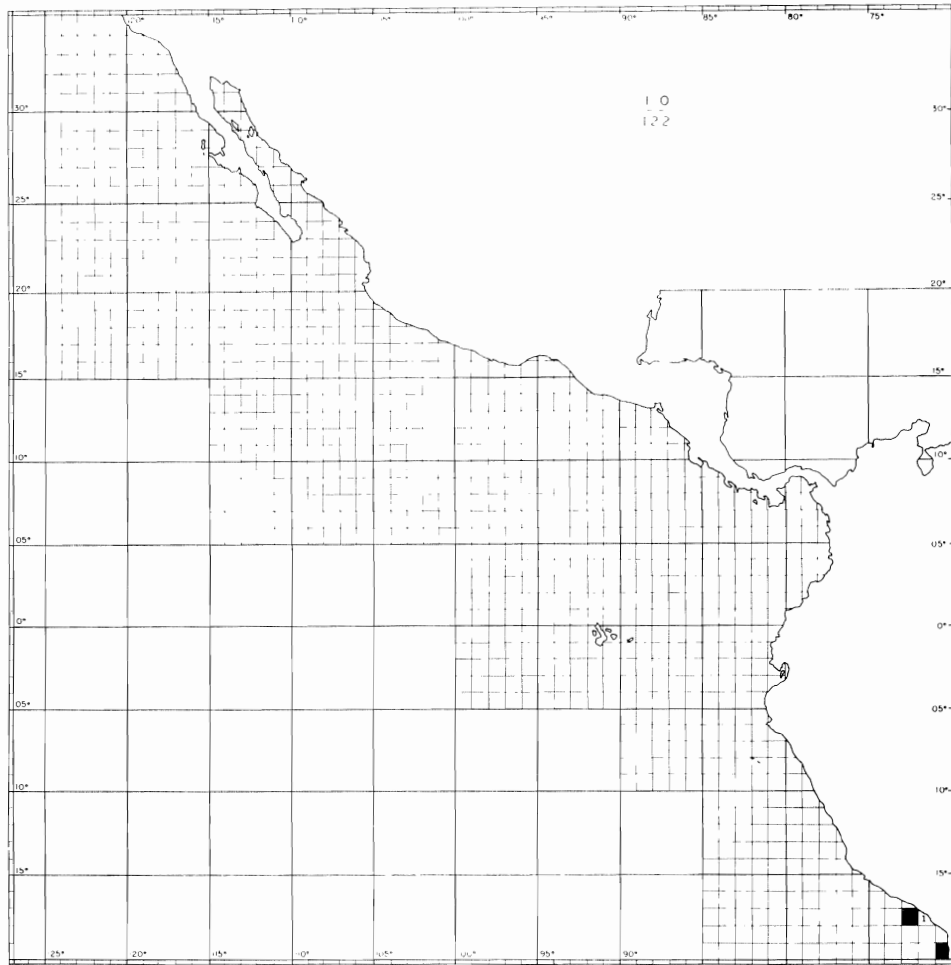
**FIGURE 10.** Yellowfin tuna tagged and released in Gulf of Guayaquil; recoveries shown by one-degree areas.

**FIGURA 10.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados en el Golfo de Guayaquil; los recobros se indican por áreas de un grado.



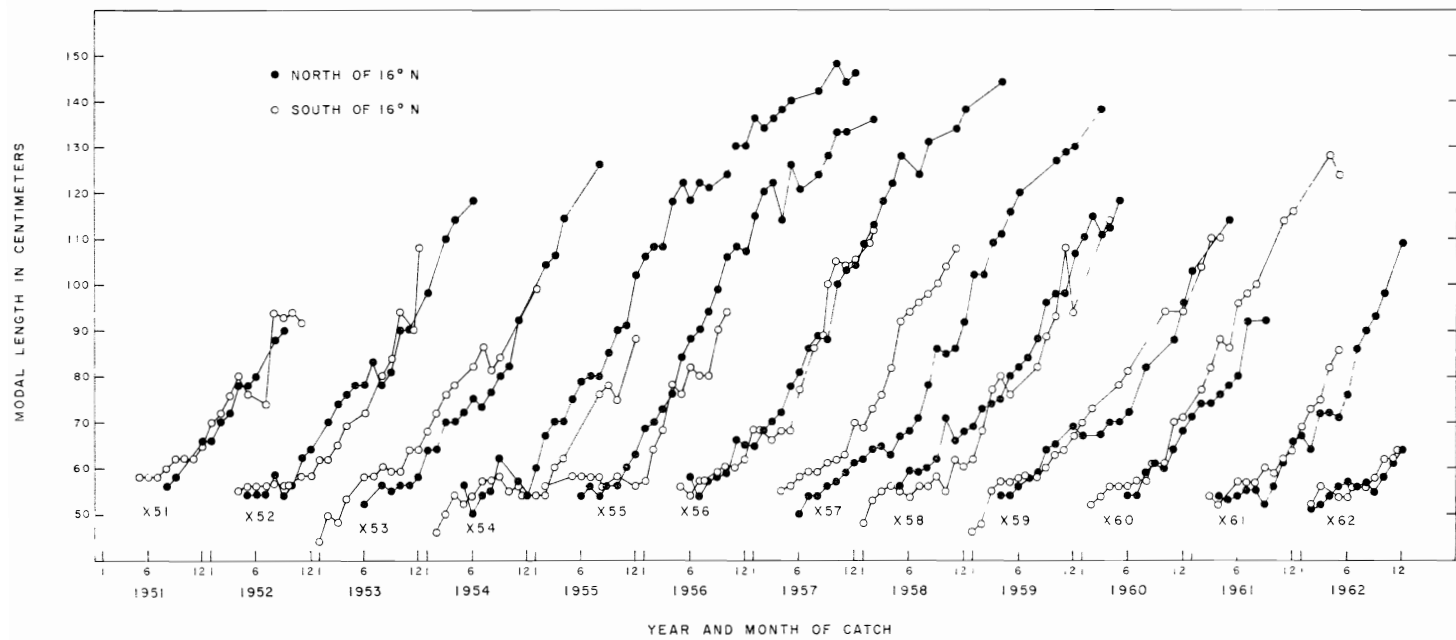
**FIGURE 11.** Yellowfin tuna tagged and released on 14-Fathom Bank, Peru; recoveries shown by one-degree areas.

**FIGURA 11.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados en el Banco de las 14 Brazas, Perú; los recobros se indican por áreas de un grado.



**FIGURE 12.** Yellowfin tuna tagged and released off southern Peru; recoveries shown by one-degree areas.

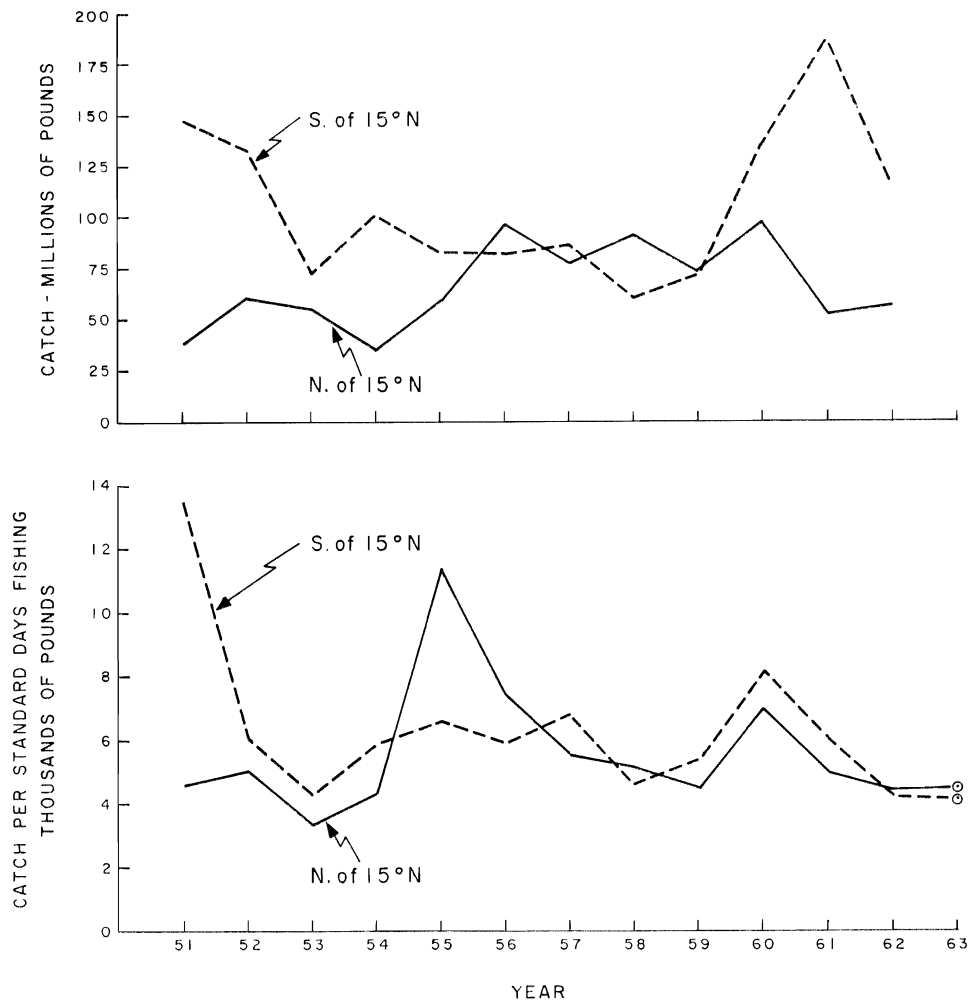
**FIGURA 12.** Atunes aleta amarilla marcados y liberados frente al sur del Perú; los recobros se indican por áreas de un grado.



**FIGURE 13.** Growth curves of yellowfin year classes X51 to X62 for areas north and south of 14°N latitude.

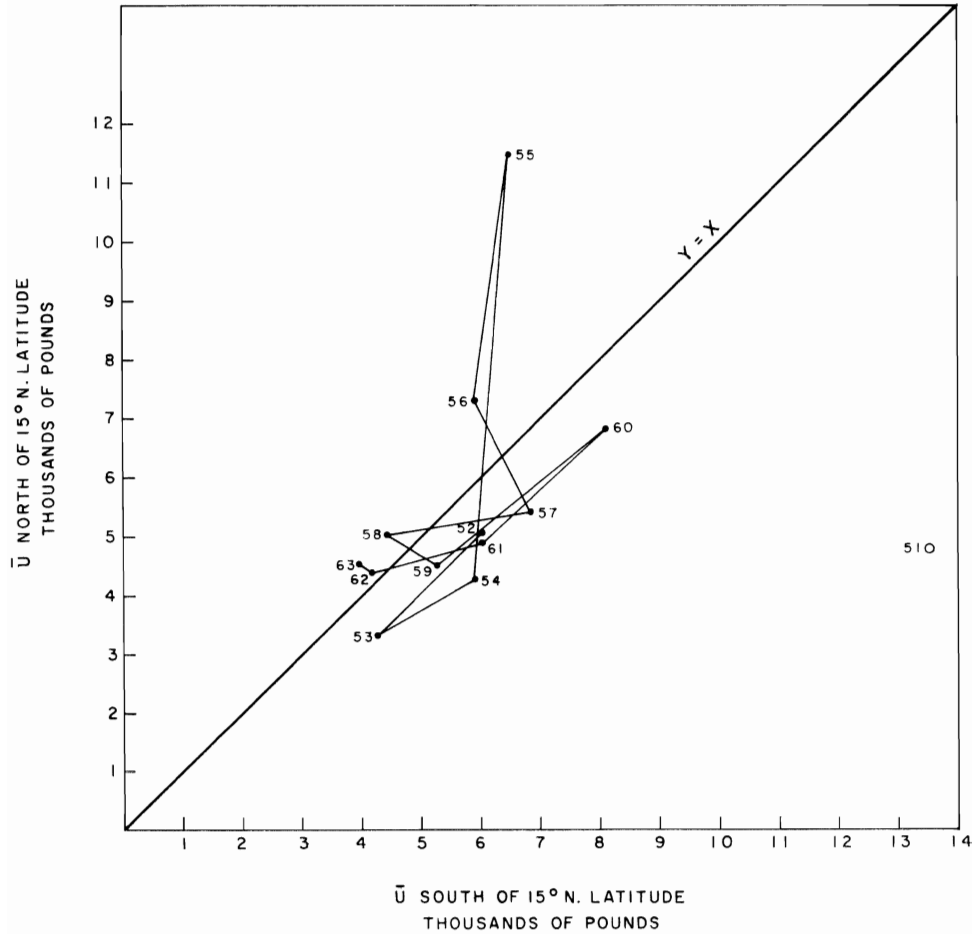
**FIGURA 13.** Curvas de crecimiento de las clases anuales X51 hasta X62 del atún aleta amarilla de las áreas al norte y sur de los 14°N de latitud.





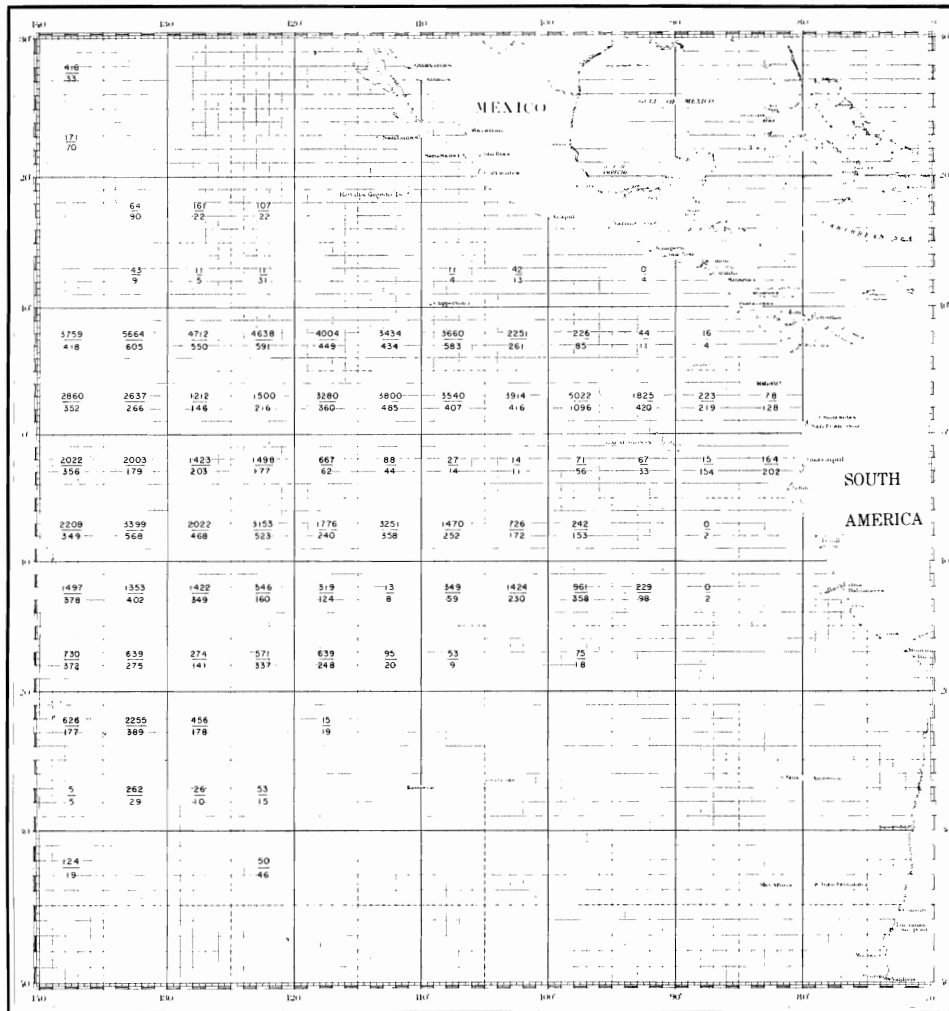
**FIGURE 14.** Upper panel: Total catch of yellowfin tuna shown north and south of 15°N latitude, for the years 1951-1962. Lower panel: Catch of yellowfin tuna per standard days fishing north and south of 15°N latitude for the years 1951-1963, (circled points represent preliminary estimates).

**FIGURA 14.** Parte superior: Captura total del atún aleta amarilla indicada al norte y al sur de los 15°N de latitud, para los años 1951-1962. Parte inferior: Captura del atún aleta amarilla por día estándar de pesca al norte y al sur de los 15°N de latitud para los años 1951-1963, (los puntos dentro del círculo representan estimaciones preliminares).



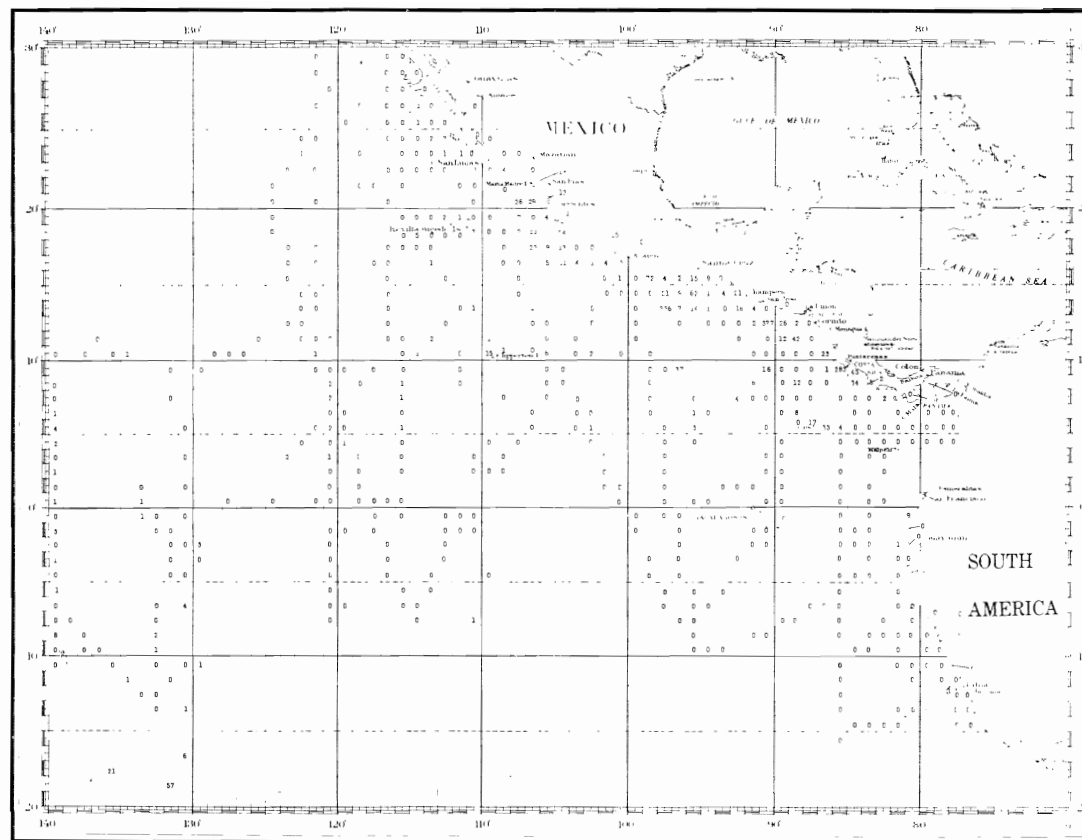
**FIGURE 15.** Scatter diagram showing relationship between catch per standard days fishing ( $\bar{U}$ ) north and south of 15°N latitude. Coefficient of correlation ( $r$ ) = 0.54,  $P > 0.05 < 0.10$ , 10 d.f.; 1951 not included in calculation of  $r$ .

**FIGURA 15.** Diagrama de dispersión indicando la relación entre la captura por día estándar de pesca ( $\bar{U}$ ) al norte y al sur de los 15°N de latitud. Coeficiente de correlación ( $r$ ) = 0.54,  $P > 0.05 < 0.10$ , 10 g.l.; 1951 no se incluye en el cálculo de  $r$ .



**FIGURE 16.** Distribution of catch and effort by the Japanese longline fishery for yellowfin tuna in the Pacific Ocean east of 140° West longitude for April 1962 to March 1963. The upper number represents actual numbers of yellowfin captured and the lower number thousands of hooks fished.

**FIGURA 16.** Distribución de la captura y el esfuerzo de la pesquería japonesa con palangre del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico al este de los 140° W de longitud para abril de 1962 hasta marzo de 1963. El número sobre la línea representa la cantidad actual de atún aleta amarilla capturado y el número de debajo los miles de anzuelos usados.



**FIGURE 17.** Numbers and locations of capture, by one-degree areas, of young yellowfin tuna taken in the eastern Pacific by plankton net tows and by night-lighting. One-degree areas containing zeros indicate effort but no capture.

**FIGURA 17.** Cantidad y localidades de captura, por áreas de un grado, de atún aleta amarilla joven cogido por redes de arrastre de plancton y con luz artificial externa en el Pacífico Oriental. Las áreas de un grado con un cero indican esfuerzo pero sin captura.

**UNA REVISION DE LA ESTRUCTURA DE LA POBLACION DEL  
ATUN ALETA AMARILLA, *THUNNUS ALBACARES*, EN  
EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL**

**por**

**James Joseph, Franklin G. Alverson,  
Bernard D. Fink y Edwin B. Davidoff**

**INTRODUCCION**

Desde su inceptión en 1950, por un acuerdo entre la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América, la Comisión Interamericana del Atún Tropical ha estado ocupada en los estudios de la biología, ecología y dinámica de las poblaciones del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental. Se consideró primariamente la evaluación de los efectos de la presión de la pesquería sobre el atún aleta amarilla en esta área, para poder estimar el rendimiento máximo sostenible. Una parte del Pacífico Oriental ha sido definida por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1963), como área de reglamentación del atún aleta amarilla (Figura 1).

Al estudiar los efectos de la pesquería sobre los stocks del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental, Schaefer (1957) presentó un modelo para describir la relación entre el promedio de la abundancia aparente, la captura promedio y el esfuerzo total, cuando la captura anual se encuentra en equilibrio con la tasa de aumento natural. En un trabajo subsiguiente, Schaefer (1963) indicó que antes de 1960 el nivel del esfuerzo de pesca estaba por debajo del que corresponde al máximo de la captura promedio equilibrada. Sin embargo, después de 1960, la tasa de pesca fue mayor al grado de incremento natural, lo que resultó en una pesca excesiva en la cual la captura equilibrada estaba por debajo del nivel que podría suministrar un rendimiento máximo sostenible. Debido a este exceso de pesca, la Comisión ha recomendado desde 1961, basada sobre un tonelaje total, que cuando sea necesario se reduzca la intensidad de pesca sobre el atún aleta amarilla en el área de reglamentación del Pacífico Oriental. Esta reducción a niveles óptimos, impediría un exceso subsiguiente de pesca y restauraría la cantidad de atún aleta amarilla al nivel en que podría nuevamente soportar un rendimiento máximo sostenible.

Schaefer (1957) hizo una proposición importante en cuanto a la estructura de la población del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental cuando dijo que "En este estudio consideraremos como una entidad biológica única e independiente el atún aleta amarilla que alimenta la pesquería frente al sector de las costas americanas que se extiende desde Baja California hasta el norte del Perú." Marr (1957, 1962), Marr y Sprague (M.S.) y Muzinic y Marr (1959) han discutido detalladamente la

necesidad de determinar la estructura de la población de un stock o stocks de peces que abarcan una pesquería antes de que esta pesquería pueda ser reglamentada convenientemente. Todo el concepto de la estructura de la población del atún aleta amarilla es tan fundamental a los propósitos de la Comisión del Atún, especialmente en vista del problema actual de la pesca excesiva, que debe hacerse una evaluación de la proposición arriba mencionada. Además de datos publicados, existe en los archivos de la Comisión una cantidad considerable de datos sin publicar referentes a este problema. En el presente estudio, se revisarán los datos disponibles referentes a la estructura de la población del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, en un esfuerzo para evaluar críticamente la hipótesis antes mencionada. La revisión se basará en informaciones relacionadas a marcación, morfometría, estadísticas vitales, estadísticas de captura y desove.

A través del presente trabajo se seguirán las definiciones dadas por Marr (1957) sobre el stock, subpoblación, unidad de población y población.

Se hacen extensivos los agradecimientos a los Sres. Izadore Barrett, Gordon C. Broadhead y Milner B. Schaefer por haber revisado esta obra. Las conclusiones presentadas aquí son las de los autores y no reflejan necesariamente las de quienes la revisaron.

## MARCACION

### **Marcación y recobro de atunes aleta amarilla, 1952-1962**

Un método directo de abordar el problema de los movimientos espaciales y temporales de los peces a través de una pesquería, es su marcación y su recobro. Debe tenerse en cuenta que, a menos que los peces se marquen y se recobren en las áreas de desove durante el período de desove, como también a través de la amplitud de su pesquería, resultaría imposible hacer conclusiones definitivas respecto a la estructura de una subpoblación.

Blunt y Messersmith (1960) presentan los resultados de un programa de marcación de atún conducido desde 1952 hasta 1959. Durante este período, fueron marcados y liberados 13,213 atunes aleta amarilla a través de la mayor parte del área pesquera del Pacífico Oriental. Se recobraron 263 de los peces marcados. Los citados autores llegaron a las siguientes conclusiones:

(1) Los atunes aleta amarilla viajaron hacia el norte a lo largo de la costa de Baja California durante mayo, junio y julio. En julio algunos atunes aleta amarilla habían empezado a viajar en dirección sur y tales viajes fueron evidentes en algunos casos, hasta septiembre y octubre.

(2) Hubo indicios de un intercambio de los atunes aleta amarilla entre las Islas Revillagigedo y Baja California.

(3) Las pesquerías frente a Baja California, las Islas Revillagigedo y en el Golfo de California fueron sustentadas hasta cierto grado, por los atunes aleta amarilla que viajaban hacia el norte a lo largo de la costa mexicana durante el invierno y la primavera, proviniendo por lo menos del Golfo de Tehuantepec, y probablemente tan hacia el sur como la América Central.

(4) No hubo movimiento aparente del atún aleta amarilla entre la pesquería de la América Central y aquella del Perú y de las Islas Galápagos. Hubo, sin embargo, movimiento del atún aleta amarilla entre las Islas Galápagos y el Perú.

(5) Hubo movimiento del atún aleta amarilla entre el Ecuador y el banco de las 14 brazas en el norte del Perú.

Los estudios actuales de marcación de la Comisión fueron iniciados en 1955. Schaefer, Chatwin y Broadhead (1961) analizaron los recobros de 747 atunes aleta amarilla de 29,479 marcados durante el período comprendido entre noviembre de 1955 hasta diciembre de 1959 y presentaron los resultados relativos a las migraciones de estos peces; estos fueron:

(1) Hubo migraciones hacia el norte desde la costa mexicana hasta la boca del Golfo de California y subsiguientemente a los bancos frente a Baja California durante la primavera y el verano, y migraciones hacia el sur durante los últimos días del otoño y el invierno, de una parte de la población que se extendía hacia el sur hasta cerca del Golfo de Tehuantepec.

(2) Los atunes aleta amarilla de las Islas Revillagigedo parecían coexistir por lo menos en parte con los del continente.

(3) Hubo movimiento de los atunes aleta amarilla desde las regiones frente a la América Central hasta parte del área inhabitada por peces frente al sur de la costa mexicana.

(4) La pesquería frente a la América del Sur recibió algunos reclutas desde frente a la América Central como lo indicó la migración hacia el sur de los atunes marcados.

(5) Hubo un movimiento claro hacia el sur, de peces frente a la costa del Ecuador hacia la costa central del Perú durante el verano meridional, y de la costa del Perú hacia el norte en los meses fríos.

(6) Los atunes aleta amarilla cercanos a la costa de la América del Sur y los de las Islas Galápagos no estaban enteramente separados.

(7) La falta de recobros de marcas de las aguas al oeste de la pesquería del Pacífico Oriental corroboran con las conclusiones, basadas en estudios morfométricos, de que los stocks del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental son independientes de los del Pacífico Central.

Las Figuras 2 a 12 fueron preparadas usando todos los datos de la marcación del atún aleta amarilla presentados por Blunt y Messersmith (*op. cit.*), y Schaefer, Chatwin, y Broadhead (*op. cit.*), más los datos no publicados de la Comisión del Atún recolectados después de 1959. En cada una de las once Figuras se indica el número total de los peces marcados y recobrados en todos los años combinados por áreas mayores de liberación. En la parte superior, a la derecha de cada Figura aparece el número de peces liberado (las liberaciones se hicieron dentro de los cuadrados sombreados), representado por la cifra debajo de la línea y los recobrados, representados por la cifra encima de la línea. Para éstos últimos, el número del lado izquierdo representa los recobros totales de áreas de recobro conocidas y desconocidas, y el número a la derecha denota los recobros en las áreas desconocidas. Los números en las áreas de un grado representan los recobros dentro de esta área. Estas Figuras demuestran el alcance de la migración dentro del Pacífico Oriental, haciendo caso omiso a las estaciones. Los datos aquí presentados representan un total de 6,086 recobros (73 de las áreas desconocidas) de 55,737 atunes aleta amarilla marcados y liberados durante el período de 1952 hasta 1962.

En la Figura 2 se muestran los recobros de peces liberados en los bancos locales, al oeste de Baja California, una área de marcación y pesca intensiva. Se ve en esta figura que la Mayoría de los recobros se hicieron dentro del área de liberación. Sin embargo, se hicieron algunos recobros en las Islas Revillagigedo y a lo largo de la costa mexicana, y aún tan al sur como Guatemala.

Los peces marcados y liberados dentro del área del Golfo de California se recobraron generalmente dentro del área de liberación (Figura 3). Sin embargo, hubo algún movimiento de los peces al sur, hacia la vecindad de Manzanillo, México.

Un número substancial de los recobros de los peces marcados en las Islas Revillagigedo, se llevó a cabo en los bancos locales (Figura 4). Un recobro fue hecho frente a Acapulco, México y una cantidad significativa del Golfo de California.

El recobro de los peces liberados a lo largo de la costa sur de México (Figura 5) mostró que había movimiento hacia el norte, a los bancos locales y al Golfo de California, y hacia el sur, hasta frente a Costa Rica. Sin embargo, se recobró la mayor parte de los peces dentro del área de liberación.

De 4,308 atunes liberados en el área de Guatemala-Nicaragua (Figura 6), se recobró menos del uno por ciento. Estos recobros mostraron un movimiento substancial hacia el norte, al Golfo de California y a los bancos locales. Un pez se recobró hacia el sur, frente a Colombia. También se registró algún movimiento hacia las islas alejadas del continente, como Clipperton y las Revillagigedos.



La marcación más intensa fue llevada a cabo en el área de Costa Rica-Panamá donde se liberaron 17,737 atunes aleta amarilla marcados; de éstos, se recobraron 801. Hubo una dispersión general de peces tanto al norte como al sur de las áreas de marcación (Figura 7). El movimiento máximo hacia el norte fue al área de las Islas Tres Marías frente a la costa central de México y hacia el sur, al norte de Chile. Muy pocos peces fueron recobrados al norte de Acapulco, México. Muchos peces migraron desde el área de marcación a las aguas al norte del Perú. Un área de un grado frente a la frontera del Ecuador y el Perú rindió uno de los recobros más grandes de los peces liberados en el área Costa Rica-Panamá. También se registraron recobros de las Islas Galápagos y Clipperton. Un solo recobro fue hecho por un barco de palangre japonés al oeste de las Islas Galápagos.

De los 28 recobros de peces marcados y liberados en las Islas Galápagos, cuatro fueron hechos a lo largo de las aguas costeras del Ecuador y del Perú (Figura 8). El resto fue recobrado en el área de marcación.

Varios atunes aleta amarilla fueron liberados en las aguas costeras de Colombia y Ecuador (Figura 9). De estas liberaciones, se hicieron recobros tan al norte como Costa Rica. Además hubo un movimiento substancial de estos peces a las aguas peruanas.

Los recobros de los peces marcados y liberados en el área de la frontera del Ecuador y del Perú, muestran alguna dispersión en aguas tanto al norte como al sur: hasta las aguas costeras de Nicaragua y al norte del Chile (Figura 10). Sin embargo la gran mayoría de estos recobros fue hecho dentro del área de liberación, un área de pesca intensiva. Un pez viajó al oeste a la región de las Islas Galápagos.

Los recobros de atunes aleta amarilla liberados frente a la costa central del Perú reflejan un movimiento de peces hacia el norte, dentro del Golfo de Guayaquil (Figura 11).

De los 122 peces marcados y liberados en las aguas frente a la frontera del Perú y Chile se recobró un solo pez en la misma área de liberación (Figura 12).

### **Migraciones a las áreas fuera del Pacífico Oriental**

Hay una pesca extensiva de palangre a través del Pacífico Central, la que se extiende bien dentro del Pacífico Oriental. Si existieran movimientos substanciales de peces marcados, a las aguas del oeste, podría esperarse algunos recobros por estos barcos de palangre. La falta de recobros por la pesquería de palangre indica que los atunes aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, como lo demuestran estos datos de marcación, no hacen migraciones, *al menos en gran número*, a otras regiones del Pacífico Oriental. Sin embargo, debe hacerse hincapié que puede ser que

un gran número de peces marcados, no sobreviven para llegar a alcanzar los tamaños más grandes los cuáles son tomados por los barcos de palangre, o de que a pesar de que se hicieron recobros, éstos no nos fueron devueltos. El hecho de que solo un atún aleta amarilla\*, un barrilete y un atún aleta azul fueron recapturados y devueltos por la flota japonesa de palangre sugiere que esta última posibilidad es algo remota. Una evaluación crítica, de la posibilidad de que los peces marcados no sobreviven para alcanzar las tallas tomadas por los barcos de palangre, está fuera del alcance del presente estudio.

### **Migración dentro del Pacífico Oriental**

Como lo indican estos datos de marcación, el atún aleta amarilla no es una especie de gran dispersión, como lo son la albacora, el barrilete y el atún aleta azul. El movimiento máximo registrado, del atún aleta amarilla dentro del Pacífico Oriental es de cerca de 1800 millas. La mayoría de los peces han sido recobrados a 200 millas del área de liberación. En promedio, los peces del área de la América Central parecen dispersarse a mayores distancias y en mayor número de las áreas de marcación, que aquellos de los extremos norte o sur de su distribución geográfica. Es difícil evaluar estas diferencias debido a la intensidad variable de la pesca entre las distintas áreas y la cantidad diferente de peces marcados dentro de estas áreas. Parece evidente que los peces marcados de un grupo particular se dispersan desde el área de liberación a distancias suficientemente grandes para permitirles mezclarse o traslapar en amplitud, hasta un grado considerable, con peces marcados en otras áreas (Figuras 2 a 12). El grado de la entremezcla parece estar relacionado a la distancia que separa los grupos marcados, esto es, que hay una disminución en la mezcla con el aumento de la distancia que separa los grupos. Como lo demuestran los datos de marcación, los peces del extremo sur de la pesquería no se mezclan con los del extremo norte. Sin embargo, los peces del centro geográfico de la pesquería se mezclan o traslapan en amplitud con los de los extremos norte y sur de la pesquería.

Estos datos de marcación sugieren que no existe ni una mezcla completa de los stocks del atún aleta amarilla dentro del Pacífico Oriental ni que haya un aislamiento real de cualquier grupo. Sin embargo, si existe algún mecanismo de parte de los peces por medio del cual los individuos vuelven a un área geográfica específica para el desove, entonces puede haber un aislamiento genético, obteniendo así el mantenimiento de las unidades de población.

---

\* Un atún aleta amarilla marcado en el Golfo de Panamá, fue recobrado después de 3 años de libertad, por un barco de palangre japonés, cerca de los 02°N de latitud y 98°W de longitud. Tenía 525 mm de longitud en el momento de liberación y 1279 mm en el momento de recobro.

### MORFOMETRIA

Los biólogos pesqueros han usado en un alto grado las características anatómicas, tales como la forma del cuerpo y los contajes merísticos para contribuir en la identificación de las unidades de población de los stocks de peces explotados comercialmente. Sin embargo, este método tiene ciertas limitaciones. Se sabe que algunas de las características anatómicas son el resultado de modificaciones ambientales de tipo genético; éstas se desconocen para los atunes y por lo tanto es difícil averiguar hasta que grado los estudios morfométricos de los atunes miden caracteres genéticos o ambientales. Donde se ha demostrado la heterogeneidad morfométrica, con base estadística entre dos stocks de peces geográficamente aislados, ha sido difícil establecer la relación exacta entre ellos, especialmente el grado de entremezcla. De todas maneras, el mero hecho de que existen diferencias entre los caracteres morfométricos, estén o no afectados por el ambiente, indica un cierto grado sin homogeneidad. Es de importancia saber si el grado de heterogeneidad es lo suficientemente grande para permitir que se traten los stocks de una manera práctica, como unidades de administración pesquera separadas.

Godsil (1948) examinó los caracteres morfométricos de 13 muestras que comprendían 1,911 atunes aleta amarilla, tomados durante 1936-1940 en el Océano Pacífico Oriental al norte del ecuador. Al utilizar cinco caracteres, comparó estadísticamente estas 13 muestras entre sí y entre las muestras del Perú, Hawai y Japón. La comparación de las 13 muestras indicó algunas diferencias estadísticas entre sí. Godsil indicó que estas se debieron a un factor distinto a la segregación oceanográfica y que las diferencias no eran de una significación biológica mayor. Por lo tanto sugirió, que los atunes aleta amarilla en el Pacífico Oriental entre el sur de California y el ecuador, eran con toda probabilidad una sola unidad de población entremezclada. Encontró que los atunes aleta amarilla del Japón diferían significativamente de los locales. La divergencia entre estos dos grupos era 33 veces mayor que aquella perteneciente a las muestras locales más divergentes y concluyó que los stocks locales y los japoneses eran enteramente separados y distintos. Se encontró que los especímenes hawaianos diferían suficiente y significativamente de los especímenes locales, para que Godsil concluyera, que ellos también eran una población aislada y distinta a la del atún aleta amarilla local. Godsil también comparó seis atunes aleta amarilla tomados frente al Perú, junto con los 1911 tomados al norte del ecuador y encontró que diferían en uno de los cinco caracteres examinados. Basado en esto sugirió, mientras se adelantaba la investigación, que los peces peruanos y locales (al norte del ecuador) no eran idénticos y posiblemente representaban unidades de población aisladas.

Godsil y Greenwood (1951), en un estudio subsiguiente, utilizando peces adicionales de otras áreas, corroboraron con la previa evidencia de que los atunes aleta amarilla del Pacífico Oriental eran distintos de aquellos

hacia el oeste y además indicaron que los del Pacífico Central podían consistir por sí mismos, de unidades distintas separadas.

Schaefer (1952) comparó los datos de 203 atunes aleta amarilla de la pesquería hawaiana de palangre con datos previamente publicados sobre atunes aleta amarilla del Océano Oriental. Encontró que estos dos stocks de peces se diferenciaban en más de diez de los caracteres comparados y concluyó basado en la magnitud y consistencia de estas diferencias, que los atunes aleta amarilla de las Islas Hawaianas y del Pacífico Oriental podrían considerarse como poblaciones distintas. Advirtió que no debe excluirse la posibilidad de que haya alguna entremezcla, pero que si alguna existía, era lo suficientemente pequeña como para permitir que las dos poblaciones mantengan sus diferencias características.

Royce (1953), usando la mayoría de los datos publicados previamente sobre la morfometría del atún aleta amarilla, ampliados con datos adicionales del Japón, del Pacífico Oriental cerca de los  $120^{\circ}130^{\circ}W$ , y de las Islas Sociedad, Line, Phoenix, Marshall y Carolina, comparó las muestras de 15 áreas principales dentro del Pacífico Oriental en base numérica, empleando un coeficiente de similitud racial. Su análisis demostró que ciertos de los caracteres medidos, tienden a formar clines o gradientes a lo largo de la línea ecuatorial del Océano Pacífico. Después de prevenir al lector que sea escéptico con respecto a las conclusiones basadas en esta clase de datos y citar ejemplos, en donde las conclusiones basadas en la morfometría se hallaban en contradicción con los estudios de marcación, Royce hizo notar tres características en sus datos, que le dieron confianza en ellos (páginas 143, 144). Concluyó que las muestras usadas para el estudio pertenecían a los stocks que, con la excepción de ciertas áreas contiguas en el Pacífico ecuatorial, eran por lo menos semi-independientes.

Schaefer (1955), al usar los datos previamente publicados de la América Central y del Hawai, además de otro material sin publicar del suroeste de la Polinesia (Islas Marquesas, Sociedad y Tuamotu), comparó los datos biométricos entre estas tres áreas. Encontró que el atún aleta amarilla del sureste de Polinesia es similar en algunos caracteres a los especímenes del Hawai, ya que tienen la aleta anal y segunda dorsal muy largas, pero que ambos eran muy diferentes de los peces de la América Central. También encontró que las aletas pectorales del atún aleta amarilla del sureste de Polinesia eran mucho más largas que aquellas de los peces de la América Central y también significativamente más largas que las de los especímenes del Hawai. En cuanto a las dimensiones corporales, los atunes aleta amarilla del sureste de Polinesia parecían ocupar una posición intermedia entre los de la costa occidental de las Américas y los del Hawai. Concluyó que sus datos confirmaban también la separación del atún aleta amarilla del Océano Pacífico en un número de poblaciones independientes o semi-independientes. Asintió a la vez, que parecía que los atunes aleta amarilla de la costa occidental de las Américas son netamente diferentes

de aquellos más al oeste, pero que no podía excluirse la posibilidad de alguna entremezcla.

Broadhead (1959) analizó seis medidas de dimensiones corporales de los atunes aleta amarilla capturados durante 1955-1957 de seis áreas principales de pesca en el Pacífico Oriental. Estudiando estos seis caracteres, encontró que las diferencias entre las muestras duplicadas de la misma área eran en la mayoría de los casos, tan grandes como las que se encontraron al comparar las muestras entre varias áreas de la pesquería. De estos análisis determinó que "En consecuencia, los datos morfométricos no indican la separación de los stocks de atún aleta amarilla que se explotan frente a la costa occidental de las Américas, en unidades de subpoblación. La evidencia que indirectamente arrojan las estadísticas de pesca y los resultados preliminares de la marcación de ejemplares, sugiere que puede ocurrir una mezcla de atún aleta amarilla dentro de esta área, lo suficiente como para impedir el aislamiento genético de los componentes de la población en un largo período de tiempo, y la consecuente formación de características definidas en las dimensiones anatómicas de los peces de diferentes subáreas."

Royce (1964) al utilizar la mayoría de los datos antes publicados sobre las características morfométricas del atún aleta amarilla, además de otros sin publicar, representando 4,072 especímenes, reanalizó y amplió su estudio previo. Usó en su análisis diez caracteres de 29 áreas principales y aplicó a este análisis una modificación de la técnica de Hubbs y Hubbs (1953) para detectar los clines, si éstos existían. El análisis demostró la existencia de un clin a lo largo del ecuador desde el Pacífico Oriental al Pacífico Occidental-Central, los atunes aleta amarilla del oriente poseyendo la cabeza más grande, las aletas pectorales, la segunda dorsal y las anales más cortas, y una distancia mayor del hocico a la inserción de la primera aleta dorsal y las ventrales. Se demostró también una mayor distancia desde el hocico a la inserción de las aletas segundo dorsal y anal, mayor profundidad corporal, y una distancia mayor a lo largo del vientre desde las aletas ventrales hasta la abertura anal. Comparando las muestras de peces de las áreas alejadas del ecuador con aquellas tomadas a lo largo del ecuador, encontró que diferían erráticamente en algunos casos. Sin embargo, las dimensiones de los caracteres de estos grupos erráticos estaban dentro de la amplitud de caracteres en el clin. Luego Royce atacó el problema de la entremezcla por medio de una extensión del concepto de traslapo en el que consideró el área de una curva de frecuencia, y dentro de ella, la proporción que podría pertenecer a otra curva de frecuencia especificada. La medida del traslapo, que tomaba en consideración varios caracteres simultáneamente, se expresó como un porcentaje que varió de 0 a 100 a medida que los promedios de las distribuciones se acercaban uno al otro. Royce indicó que esta técnica no demostró la ocurrencia real de la entremezcla, pero sí indicó la entremezcla máxima que hubiera podido ocurrir. De este análisis, basado en siete caracteres, indicó que el traslapo

de los caracteres en las muestras de atún aleta amarilla a lo largo del ecuador está inversamente relacionado a la distancia entre las zonas de muestreo; aquellas separadas por 1,500 millas traslapan menos del 50 por ciento; las separadas por 3,000 millas traslapan menos del 25 por ciento; y las separadas por 6,000 millas traslapan menos del 6 por ciento. Concluyó que la migración oriente-occidente es limitada y que la mayoría del atún aleta amarilla permanece dentro de unos pocos cientos de millas de donde aparecen en estado juvenil.

La mayoría de los estudios en los cuales se hicieron comparaciones entre los peces del Pacífico Oriental y Central, utilizaron los datos de los dos extremos de la amplitud del muestreo. Estos estudios sugirieron diferencias absolutas lo suficientemente grandes como para indicar la separación de los dos stocks de peces muestreados en poblaciones distintas, basados en los caracteres usados. Sin embargo en la mayoría de los casos, no se excluyó la posibilidad de alguna entremezcla. No obstante, Royce (*op. cit.*) utilizó los datos dentro del área limitada por el Pacífico Oriental y Central como también los extremos de la amplitud y propuso la existencia de un gradiente o clin característico. Esto sugirió la posibilidad de varios grados de entremezcla de los peces que se presentan a lo largo del ecuador entre el Pacífico Oriental y Central.

La opinión de los autores del presente escrito es que, basados en los estudios morfométricos antes mencionados, no hay una división geográfica *nitida* en ningún punto longitudinal, entre los atunes aleta amarilla que habitan el Pacífico Central y aquellos que habitan hacia el occidente.

En su mayoría las comparaciones dentro del Pacífico Oriental no mostraron diferencias significativas de los caracteres entre las áreas.

### **ESTUDIOS DE LOS GRUPOS SANGUINEOS**

La Comisión del Atún, está llevando a cabo actualmente la investigación de las diferencias entre los tipos de sangre del atún aleta amarilla, para determinar la estructura de la población de esta especie dentro del Pacífico Oriental y también dentro de las aguas hacia el occidente. Estos estudios todavía se encuentran en un estado exploratorio; hasta la fecha no se pueden derivar resultados definitivos pero, aparentemente no existe evidencia sobre la estructura de la población de esta especie.

### **ESTADISTICAS VITALES**

Ciertas estadísticas vitales son de valor en la identificación de las unidades de población. Si se supone que un stock de peces es una sola unidad de población, debe examinarse si existe heterogeneidad en las estadísticas vitales dentro de este stock antes de hacer conclusiones finales. La homogeneidad de las diversas estadísticas vitales provee, en algunos casos, evidencia corroborativa para la designación de una unidad de

población, pero no debe considerarse evidencia suficiente de por sí. Es decir, que la heterogeneidad de algunas estadísticas vitales dentro de un stock podría ser indicativa de unidades de población, pero lo contrario no es necesariamente cierto. De todas maneras, es de interés examinar las estadísticas vitales teniendo en cuenta estos puntos. En esta sección se examinarán los datos sobre el crecimiento, la fecundidad y las relaciones longitud-peso.

### **Crecimiento**

Hennemuth (1961a) determinó la composición de las clases anuales, la edad y el crecimiento del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, usando los datos basados en la composición del tamaño de la captura. Además de determinar estos parámetros esenciales, comparó las tasas de crecimiento y la composición de la clase anual de la captura dentro y entre las tres regiones mayores del Pacífico Oriental: (1) al norte de los 14°N de latitud; (2) desde los 14° hasta los 6°N de latitud; y (3) al sur de los 6°N de latitud, para determinar si los caracteres suministran información relativa a la estructura de la población. Las comparaciones de las tasas de crecimiento no mostraron diferencias significativas dentro ni entre las tres regiones mayores. Luego comparó la composición de las clases anuales dentro de cada una de las tres regiones y no encontró diferencias. Al comparar cinco clases anuales primarias (X) diferentes entre las tres regiones. Hennemuth encontró heterogeneidad considerable, los datos de la región norte mostrando mayor diferencia que los de las regiones más al sur. La comparación actual de la composición regional de las clases anuales se realizó gráficamente, superponiendo los valores promedio de las longitudes modales de las series, lo que supuso, que aproximaba el crecimiento de las clases anuales para las tres áreas. Indicó que el desplazamiento de las curvas de crecimiento encontrado entre las regiones, sugeriría que la población en estado de desove de la cual estas clases anuales se originaron, sería autónoma. Usando estos mismos datos, más los componentes de la clase secundaria (Y) de tamaño de las regiones norte y central, y haciendo una comparación similar a la mencionada anteriormente, sugirió que existía una intermigración de los peces entre las regiones norte y central en 1957 y 1958, pero que hay evidencia de que originalmente estas dos poblaciones eran autónomas.

Hennemuth (*op. cit.*) al evaluar las áreas, los períodos y las longitudes modales correspondientes, al cuál los grupos de edad inicial de las clases anuales aparecen en la captura, demostró la presencia de una migración hacia el sur de los peces del norte, hasta el sur de México en el primer trimestre del año y una migración hacia el norte durante el segundo trimestre del año, de los peces, al Golfo de California.

De estos estudios hizo la conclusión que: “La posibilidad de que los stocks de peces de las Regiones Central, Intermedia y Sur estén muy cercanamente interrelacionados no puede, entonces, ser refutada, aunque

los datos actuales no ofrecen una evidencia explícita de que necesariamente lo estén. Hay alguna evidencia de que los stocks de peces en la región Norte son de origen independiente de los de las regiones al sur.”

Davidoff (1963) reexaminó la composición del tamaño y de las clases anuales de la captura, la edad y el crecimiento del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental, usando los datos de Hennemuth y además datos para los años 1951-54 y 1959-61. Comparó las tasas de crecimiento y la composición de las clases anuales de la captura entre regiones mayores. De los once años examinados, solamente los grupos primarios de los años 1953, 1957 y 1960 tenían tasas diferentes entre áreas. Sus comparaciones de las longitudes modales mensuales de los grupos de edad de la misma clase anual resultaron ser similares, con la excepción de 1957. Davidoff concluyó que el crecimiento era esencialmente similar en todas las áreas de la pesquería y que cualquier diferencia en el crecimiento entre áreas eran defectos analíticos.

Las curvas de crecimiento de las clases anuales X51 a X62 del atún aleta amarilla de las áreas al norte y al sur de los 14°N, se muestran en la Figura 13. La Figura se graficó usando los datos de Davidoff (1963) además de datos sin publicar que se encuentran en los archivos de la Comisión. Un examen de la Figura sugiere que las longitudes modales mensuales de los grupos de edad de la misma clase anual, son similares en las dos regiones con excepción de la clase anual X57. En promedio, los peces que constituyen esta última clase anual son más pequeños en la región norte que en la región sur, en los mismos meses de captura.

### **Fecundidad**

Joseph (1963) al estudiar la relación entre la fecundidad y la longitud de los atunes aleta amarilla, examinó 94 especímenes de cuatro áreas mayores dentro del Pacífico Oriental. De estos estudios concluyó que “Las estimaciones de la fecundidad del atún aleta amarilla del Pacífico Oriental fueron examinadas por subáreas de recolección, pero no se observaron diferencias. En consecuencia si efectivamente existen diferencias en la fecundidad de las diferentes subáreas, no estamos en capacidad de revelarlas en presencia de la alta variabilidad en la fecundidad de peces del mismo tamaño en la misma área. Una sola regresión de fecundidad en el tamaño de los peces compendia adecuadamente los datos disponibles hasta el momento, y éstos no proporcionan evidencia de diferenciación racial entre el atún aleta amarilla dentro del Pacífico Oriental.” En el mismo estudio comparó todos los datos de fecundidad del Pacífico Oriental con datos equiparables del área de las Islas Hawaianas. En este caso fue evidente una diferencia significativa entre las relaciones fecundidad-longitud para el atún aleta amarilla del Pacífico Oriental y los del Hawai. Ya que había un lapso de tiempo de más de diez años entre los datos recolectados de las dos áreas, y que las recolecciones fueron hechas por personas diferentes, Joseph advirtió que esta diferencia no puede haber sido una



diferencia racial sino solamente una diferencia debida a una reacción a un cambio ambiental o debida a una variación de la técnica empleada por los diferentes investigadores.

### **Relaciones longitud-peso**

Chatwin (1959) analizó la relación entre la longitud y el peso de 541 atunes aleta amarilla tomados del Océano Pacífico Oriental. Las muestras fueron divididas en seis grupos según el área de origen y luego fueron comparadas. Se encontraron pequeñas pero significativas diferencias entre las áreas con respecto a las pendientes o coeficientes de regresión. Un examen de la Figura 4 de Chatwin sugiere que la diferencia total mayor entre áreas se atribuía a la variancia dentro del área del norte más bien que a una diferencia entre las regiones norte y sur. Sin embargo, Chatwin indica que estas diferencias eran lo suficientemente pequeñas en términos absolutos, como para justificar el uso de una sola ecuación para relacionar la longitud al peso, de todo el Pacífico Oriental.

## **DATOS ESTADISTICOS DE CAPTURA**

### **Captura por unidad de esfuerzo y captura total**

Como se indicó anteriormente, el análisis de los datos de marcación sugieren que no puede haber una mezcla completa de los stocks del atún aleta amarilla dentro del Océano Pacífico Oriental. Schaefer (1963) sugiere que puede haber una separación parcial de los stocks del atún aleta amarilla, el componente norte y el componente sur, con una amplia región de mezcla cerca del Golfo de Tehuantepec, cuyo centro está situado cerca de los 15°N de latitud. Para examinar más detalladamente esta separación parcial se reanalizaron ciertos datos estadísticos de captura de la Comisión del Atún, basados en una división de dos grupos, uno al norte de los 15°N de latitud y otro al sur.

A través de esta discusión la captura por unidad de esfuerzo ( $\bar{U}$ ) se expresará en miles de libras por día de pesca estándar. Para mayores detalles sobre el cómputo de  $\bar{U}$  y el esfuerzo estándar, referimos el lector a Shimada y Schaefer (1956) y Broadhead (1962).

Para examinar la relación entre el éxito de pesca en las dos áreas de que tratamos,  $\bar{U}$ , tanto al norte como al sur de los 15°N de latitud para los años 1951-63 ha sido graficado en la parte inferior de la Figura 14. En la parte superior de esta misma Figura se muestran las capturas totales anuales al norte y al sur de los 15°N para los mismo años. Un coeficiente de correlación indica que existe una relación no significativa entre la captura al norte y al sur de los 15°N.

Con la excepción de 1951 y 1955, parece existir una relación entre el valor de  $\bar{U}$  en ambas áreas. Durante 1951 el esfuerzo fue reducido durante

el primer trimestre del año debido a una paralización de los barcos. Los primeros tres meses del año produjeron en promedio, buenas capturas (valor alto de  $\bar{U}$ ) al norte de los  $15^{\circ}\text{N}$ . Además, durante 1951, el esfuerzo fue reducido nuevamente después de agosto; otro período en que generalmente la pesca del atún aleta amarilla al norte de los  $15^{\circ}\text{N}$  es buena. En el sur, el área del Golfo de Guayaquil fue explotada por primera vez en forma considerable en el año 1951. Los barcos que salieron de abril hasta agosto procedieron en esta área debido a la excelente pesca del lugar. Esto puede ser la causa de la gran diferencia entre el valor de  $\bar{U}$  de las dos áreas en 1951. Las diferencias en 1955 pueden ser debidas a una desigualdad real en la abundancia entre el norte y el sur, o a un posible cambio de disponibilidad entre otros factores. Para examinar aún más la relación entre el éxito de pesca en el norte y en el sur, los respectivos valores de  $\bar{U}$  para estas dos regiones se graficaron uno contra otro en la Figura 15. Hay una relación general entre las dos variables, con las excepciones arriba anotadas. El coeficiente de correlación, 0.54, para estos datos, excluyendo a 1951 por las razones antes citadas, pero incluyendo a 1955 ya que los datos para este año no pudieron ser eliminados razonablemente, es significativo a  $P > 0.05 < 0.10$  a 10 grados de libertad. Esto sugiere que, en promedio, cuando la abundancia relativa del atún aleta amarilla es alta en el norte, es también alta en el sur, y viceversa. Sin embargo, no parece haber un patrón constante en las diferencias entre los años cuando se comparan los valores de  $\bar{U}$  del norte y del sur para cada año. En efecto, una prueba  $t$  para las diferencias entre la media de  $\bar{U}$  para los años 1952-63, no muestra ninguna diferencia significativa entre el norte y el sur.

Debe mencionarse ahora que el análisis de los datos estadísticos de la captura presentados aquí tienen una aplicación limitada en cuanto a la estructura de las poblaciones se refiere, y deberá considerarse con precaución. El hecho de que existe una correlación positiva en la captura por unidad de esfuerzo al norte y al sur de los  $15^{\circ}\text{N}$ , puede ser solamente un reflejo de la alta movilidad de la pesquería de los atunes tropicales, esto es: los pescadores tienden a evitar las regiones de una captura baja por unidad de esfuerzo y se concentran en las regiones de captura alta por unidad de esfuerzo. Esto resultaría en una tendencia a que los dos valores se correlacionen, no tomando en cuenta si los stocks son independientes o no.

#### **Distribución de captura por la pesquería de superficie en el Pacífico Oriental**

Shimada (1958) y Alverson (1959, 1960, 1963) han presentado los registros completos de la distribución de la captura del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental. Broadhead y Barrett (1964, Figura 2) han presentado estos datos, desde 1951-1960 en un gráfico que muestra el lugar de la captura en tiempo, por cuadrados sub-Marsden con los datos de la temperatura superpuestos en la forma de isogramas. Es evidente por

esta Figura, de que hay una relación entre la ocurrencia del atún y la temperatura frente a Baja California. Durante los meses de la primavera y el verano, existe una progresión hacia el norte de ambas isotermas y de la demarcación de la abundancia del atún aleta amarilla, y un retroceso durante los meses de otoño e invierno. La extensión de la distribución del atún aleta amarilla al sur, frente al Perú, está, generalmente colindada por el límite norte de la Corriente del Perú. Excepciones a esto son los años calurosos de El Niño, 1953-54 y 1957-58, cuando el límite sur de la abundancia del atún aleta amarilla se cambió algo más hacia el sur con el movimiento de las aguas cálidas.

También es evidente de esta Figura que hay una banda continua de atún aleta amarilla a través de los 15°N de latitud durante los dos primeros trimestres de cada año, excepto durante el período de diciembre de 1957 hasta junio de 1958 cuando las capturas en el área del Golfo de Tehuantepec fueron muy pobres. Este último período corresponde al ciclo de aguas muy cálidas a través de la amplitud de la pesquería, junto con condiciones marcadas tipo "El Niño" hacia el sur.

#### **Distribución de captura por la pesquería japonesa de palangre al este de los 140°W**

Es importante examinar la distribución de la captura por la flota japonesa de palangre al este de los 140°W, en un esfuerzo para determinar cualquier división natural en la distribución del atún aleta amarilla en un eje este-oeste. Si la división fuese evidente, esto podría dar oportunidad a un aislamiento genético, resultando en diferencias de las subpoblaciones, y facilitaría la definición de un área que probablemente separe las subpoblaciones. Por el contrario, la falta de una discontinuidad en la distribución de la captura no implicaría necesariamente la ausencia de subpoblaciones, pero haría difícil aislar el área que presenta diferencias en las subpoblaciones si en efecto existen. Para examinar ésto, se ha preparado la Figura 16, que muestra, por áreas de 5 grados, la cantidad de atún aleta amarilla capturado y el esfuerzo correspondiente ejercitado durante el período de abril de 1962 a marzo de 1963. Los datos se obtuvieron de la Asociación Japonesa de Cooperativas de Pescadores (1963-1964) y cubren cerca del 40 por ciento. Es muy obvio que no existe ninguna interrupción brusca o una discontinuidad en las capturas a lo largo del eje este-oeste. Sin embargo, los datos sí indican una tendencia ligera hacia las capturas menores de atún aleta amarilla al oriente.

#### **DESOVE**

El atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental desova durante todo el año; la máxima intensidad del desove ocurre en diferentes períodos del año en distintas localidades. La amplitud geográfica del desove es bastante extensiva; en algunos períodos el atún aleta amarilla ha desovado tan al

norte como Baja California ( $26^{\circ}09'N$ ,  $114^{\circ}08'W$ ) y tan al sur como Punta Santa Elena, Ecuador ( $2^{\circ}11'S$ ,  $81^{\circ}10'W$ ).

El número de atún aleta amarilla recientemente eclosionado que ha sido capturado por redes de arrastre de plancton o atraído por una luz artificial externa, se indica por áreas de un grado en la Figura 17, para el Pacífico Oriental y las áreas algo más alejadas hacia el oeste. Estos datos se tomaron de Schaefer y Marr (1948), Mead (1951), Matsu-moto (1958), Strasberg (1960), Klawe (1963) y Clemens y Nowell (1963). En el Pacífico Oriental, la mayor cantidad de jóvenes han sido capturados en las aguas limitadas al norte por el Cabo Corrientes, México y en el sur por Pta. Mariato, Panamá, a una distancia de varios cientos de millas mar afuera. Estos datos combinados, se han venido recolectando durante un número de años y solamente son indicativos de lo que ocurre en un año promedio.

La naturaleza estacional, por área, del desove del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental ha sido descrita por Orange (1961, quién examinó el desarrollo de las gónadas y por Klawe (1963) quién estudió la distribución de las larvas. Los datos de Orange ofrecen la mejor información disponible hasta el presente sobre la naturaleza estacional del desove del atún aleta amarilla. Orange dividió el Pacífico Oriental en 13 áreas de muestreo (su Figura 1) y examinó la actividad del desove en cada una. Sugirió que ocurre en promedio, muy poco desove frente a Baja California y al norte de Sud América. Los datos de Klawe, aunque menos extensos, corroboran los de Orange. Anotó que las aguas frente a Baja California habían sido muestreadas a fondo en varias épocas del año desde 1949, por barcos de la Cooperativa de Investigaciones Pesqueras Océánicas de California, pero que allí solo se capturaron larvas en dos ocasiones. En base a estos hechos, Klawe concluyó que Baja California, el área más extensivamente muestreada en el Pacífico Oriental, es de menor importancia como área de desove. Aparentemente prevalece una situación análoga frente al norte de la América del Sur, donde varias expediciones con base en los Estados Unidos y el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú, han hecho gran cantidad de arrastres planctónicos con resultados negativos, ya que no han podido capturar larvas de atún aleta amarilla. Las únicas larvas fueron capturadas en 1958 mediante luz nocturna, cuando las temperaturas del océano eran superiores a las que normalmente prevalecen.

De sus estudios sobre las gónadas, Orange concluyó que: el desove ocurre en las Islas Revillagigedo durante todo el año ocurriendo el máximo en agosto. Un desove considerable ocurre durante todo el año frente a la costa mexicana, el máximo estacional ocurriendo en el segundo y tercer trimestre. Parece haber algún desove durante todo el año en el Golfo de Tehuantepec y frente a las costas de la América Central; el desove es más intenso durante los primeros seis meses del año con el máximo en marzo-abril. No hay evidencia de ningún desove frente al Perú. El

desove ocurre también en las Islas Galápagos, Cocos y Clipperton, pero los datos son demasiado escasos para mostrar alguna tendencia estacional. Parece que el desove es más intenso en las islas alejadas del continente durante la primera parte del año, una situación similar a la que se experimenta frente a la costa de la América Central.

La talla a la cual ocurre el primer desove, varía algo en el Pacífico Oriental (Orange, *op. cit.*). Anotó que para el atún aleta amarilla hallado entre Puerto Angeles, México y Cabo Mala, Panamá, la talla mínima del primer desove era de cerca de 50 cm. En esta área el 20 por ciento de las hembras entre 50-60 cm de longitud estaban madurando. En contraste con la situación antes anotada, Orange concluyó que la talla del primer desove del atún aleta amarilla de las Islas Revillagigedo, la costa mexicana al norte de Puerto Angeles, la costa colombiana, el sur del Ecuador y la Isla Cocos, es probablemente de 70 cm de longitud.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### Estructura de la población entre las áreas

La revisión de los datos morfométricos que se presentan en este trabajo sugiere la posibilidad de que existan diversos grados de entremezcla entre el atún aleta amarilla a lo largo del ecuador, sin observarse una interrupción geográfica definitiva entre los peces que habitan el Pacífico Central y aquellos de más hacia el oriente. (1) Desde el punto de vista biológico, esto admite la posibilidad de que no existe un aislamiento genético completo, o (2) sugiere por lo menos la dificultad de definir unidades de población en base a los datos morfométricos disponibles. La continuidad de las capturas de atún aleta amarilla por la pesquería japonesa de palangre, que no muestra ninguna interrupción natural en la distribución de la captura del Pacífico Central al Oriental, corrobora ésto. Por otro lado, los datos de la marcación no muestran migraciones de los peces del Pacífico Oriental a las áreas más hacia el oeste. Basados en estas dos series de datos, no es posible elucidar exactamente la naturaleza de la estructura de la población entre las áreas. Las relaciones genéticas de estos stocks de peces son por lo tanto, discutibles y las conclusiones finales deberán esperar marcación e investigación de los tipos de sangre adicionales. Sin embargo, los datos de marcación y morfométricos sí soportan la idea, que la tasa de entremezcla entre el atún aleta amarilla a lo largo de un eje este-oeste, es lenta. Lo anterior, considerado junto con la amplitud geográfica de la pesquería americana de superficie y la manera predictiva en que los stocks del atún aleta amarilla reaccionan a la explotación en el Pacífico Oriental, sugiere que existe una interrupción empírica entre estos stocks y aquellos más al oeste. Por lo tanto, en este momento, es útil considerar, desde el punto de vista de la administración de la pesquería, como una unidad de administración (aplicable al modelo

de la población de Schaefer (1957)) al atún aleta amarilla del Pacífico Oriental, separadamente del de más al oeste.

### **Estructura de la población dentro de las áreas**

De la revista anterior, es posible llegar a un número de conclusiones. Algunas de las más importantes, con respecto a la estructura de la población dentro de la región de la pesquería del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental, se discutirán a continuación.

Los estudios de la morfometría, fecundidad y tasas de crecimiento no dan evidencia alguna sobre las diferencias entre las poblaciones. Sin embargo, como se anotó anteriormente, esto no es una evidencia positiva de que los stocks dentro del Pacífico Oriental son homogéneos. Los datos estadísticos de captura aquí analizados no dan ninguna evidencia clara a favor o en contra. La comparación de la composición de las clases anuales entre la región norte y sur demuestra que solo hay diferencias mayores en 1957 (Figura 13). Es interesante anotar que este fue un año anormalmente caluroso, en el que la disponibilidad del atún aleta amarilla fue afectada, a través de toda la pesquería, especialmente en el área adyacente al Golfo de Tehuantepec.

Los datos de la marcación revelan que el atún aleta amarilla, en base individual, no se mezcla a través de la amplitud de la pesquería. Sin embargo, parecen existir algunos patrones de movimiento establecidos cerca a los extremos norte y sur del alcance de la pesquería, y éstos parecen estar asociados con movimientos estacionales de las isothermas, particularmente al norte. Sin embargo, los datos sugieren que los peces pueden mezclarse suficientemente a través de la pesquería, como para permitir un posible intercambio de material genético. Lo que los datos de marcación no revelan es si existe una segregación espacial y temporal de los individuos en las áreas de desove.

Para que se desarrollen fracciones de una población que sea genéticamente autosustentada, debe haber algún mecanismo que impide el intercambio libre de material genético y/o algún factor, como la mortalidad diferencial selectiva, que actúa sobre cierto tipo genético en un lugar determinado a través de la amplitud de la especie. En muchas poblaciones de peces este último mecanismo toma la forma de áreas de desove que están aisladas estacional y/o geográficamente. Para el atún aleta amarilla, no parece haber áreas de desove que estén categóricamente separadas ni en tiempo ni en espacio. Realmente, a través del área general de desove en el Océano Pacífico Oriental, parece existir una falta casi completa de áreas geográficamente aisladas de desove. Además, como lo evidencia la distribución estacional de la captura del atún aleta amarilla (Broadhead y Barrett, 1964, Figura 2), parece existir una banda continua de peces a lo largo de las costas de la América Central y sur de México durante los dos primeros trimestres del año—un período de desove algo intensivo a través

de esta área. A la luz de estos últimos factores parece, por lo tanto, que a menos que los atunes aleta amarilla tengan algún mecanismo para segregarse en las áreas de desove, puede haber un intercambio bastante libre de material genético. Puede mencionarse aquí que estos datos de la marcación y del desove, los últimos demostrando una falta completa de desove al sur de Punta Santa Elena, Ecuador, ciertamente niegan una indicación previa de que el atún aleta amarilla que habita en aguas peruanas es una entidad separada de la del Pacífico Oriental. Los datos morfométricos recientes, soportan esta conclusión.

Basados en los datos presentados en esta revisión, parece que no hay evidencia concluyente que indique que el atún aleta amarilla del Pacífico Oriental constituya más de una sola subpoblación. Sin embargo, vale decir que la verdadera estructura de la población de estos peces debe aguardar más investigaciones de marcación y de análisis genéticos.

**LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA**

Alverson, F. G.

- 1959 Geographical distribution of yellowfin tuna and skipjack catches from the eastern tropical Pacific Ocean, by quarters of the year, 1952-1955.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 3, No. 4, pp. 165-204 (English), pp. 205-213 (Spanish).
- 1960 Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the eastern tropical Pacific by quarters of the year, 1951-1958.  
*Ibid.*, Vol. 4, No. 6, pp. 319-441 (English), pp. 442-446 (Spanish).
- 1963 Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the eastern tropical Pacific Ocean, by quarters of the year, 1959-1962.  
*Ibid.*, Vol. 8, No. 6 pp. 317-373 (English), pp. 374-379 (Spanish).

Blunt, C. E., Jr. and J. D. Messersmith

- 1960 Tuna tagging in the eastern tropical Pacific, 1952-1959.  
Calif. Fish and Game, Vol. 46, No. 3, pp. 301-369.

Broadhead, G. C.

- 1959 Morphometric comparisons among yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus*, from the eastern tropical Pacific Ocean.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 3, No. 8, pp. 353-382 (English), pp. 383-391 (Spanish).
- 1962 Recent changes in the efficiency of vessels fishing for yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean.  
*Ibid.*, Vol. 6, No. 7, pp. 281-316 (English), pp. 317-332 (Spanish).

Broadhead, G. C. and I. Barrett

- 1964 Some factors affecting the distribution and apparent abundance of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 8, No. 8, pp. 417-453 (English), pp. 454-473 (Spanish).

Chatwin, B. M.

- 1959 The relationships between length and weight of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) from the eastern tropical Pacific Ocean.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 3, No. 7, pp. 305-343 (English), pp. 344-352 (Spanish).



Clemens, H. B. and J. C. Nowell

- 1963 Fishes collected in the eastern Pacific during tuna cruises, 1952 through 1959.  
Calif. Fish and Game, Vol. 49, No. 4, pp. 240-264.

Davidoff, E. B.

- 1963 Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, 1951-1961.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 8, No. 4, pp. 199-237 (English), pp. 238-251 (Spanish).

Godsil, H. C.

- 1948 A preliminary population study of the yellowfin tuna and the albacore.  
Calif. Div. Fish and Game, Fish Bull., No. 70, 90 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.  
Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull., No. 82, 33 pp.

Hennemuth, R. C.

- 1961a Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean for the years 1954-1958.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 5, No. 1, pp. 1-82 (English), pp. 83-112 (Spanish).
- 1961b Year class abundance, mortality and yield-per-recruit of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean.  
*Ibid.*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-32 (English), pp. 33-51 (Spanish).

Hubbs, C. L. and C. Hubbs

- 1953 An improved graphical analysis and comparison of series of samples.  
Syst. Zool., Vol. 2, No. 2, pp. 49-56.

Inter-American Tropical Tuna Commission

- 1963 Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1962.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Ann. Rep. for 1962, pp. 1-17 (English), pp. 18-34 (Spanish).

## Japanese Tuna Fishermen's Cooperative Association

1963-1964 Tuna fishing.

Konagawa Prefectural Fishery Experimental Station, Nos. 8-18,  
March 1963 through January 1964 (*in* Japanese and English).

## Joseph, James

1963 Fecundity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) from the eastern Pacific Ocean.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 7, No. 4, pp. 255-277  
(English), pp. 278-292 (Spanish).

## Klawe, W. L.

1963 Observations on the spawning of four species of tuna (*Neothunnus macropterus*, *Katsuwonus pelamis*, *Auxis thazard*, and *Euthynnus lineatus*) in the eastern Pacific Ocean, based on the distribution of their larvae and juveniles.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 6, No. 9, pp. 447-514  
(English), pp. 515-540 (Spanish).

## Marr, J. C.

1957 The problem of defining and recognizing subpopulations of fishes.  
U. S. Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep.—Fish., No. 208, pp.  
1-6.

1963 Subpopulation identification.

*in* "Proceedings of the world scientific meeting on the biology of tunas and related species, La Jolla, California, U.S.A., 2-14 July 1962," Rosa, H., Jr. (Ed.), FAO Fish. Rep. No. 6, Vol. 3, pp. 1011-1021.

## Marr, J. C. and L. M. Sprague

MS. The use of blood group characteristics in studying subpopulations of fishes.

Pac. Tuna Biol. Conf., Honolulu, 1961.

## Matsumoto, W. M.

1958 Description and distribution of larvae of four species of tuna in central Pacific waters.

U.S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 58, No. 128, pp. 31-72.

## Mead, G. W.

1951 Postlarval *Neothunnus macropterus*, *Auxis thazard*, and *Euthynnus lineatus* from the Pacific coast of Central America.

U.S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 52, No. 63, pp. 121-127.

Muzinic, R. and J. C. Marr

1960 Population identification.

*in* "Proceedings of the world scientific meeting on the biology of sardines and related species, Rome, Italy, 14-21 September 1959," Rosa H., Jr. and G. Murphy (Eds.), FAO, Vol. 1, Sect. Rep. 1, pp. 3-6.

Orange, C. J.

1961 Spawning of yellowfin tuna and skipjack in the eastern tropical Pacific, as inferred from studies of gonad development.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 5, No. 6, pp. 457-502 (English), pp. 503-526 (Spanish).

Royce, W. F.

1953 Preliminary report on a comparison of the stocks of yellowfin tuna.

Proceedings Indo-Pacific Fisheries Council, 4th meeting, Section 2, pp. 130-145.

1964 A morphometric study of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre).

U.S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., *in press*.

Schaefer, M. B.

1952 Comparison of yellowfin tuna of Hawaiian waters and of the American west coast.

U.S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 52, No. 72, pp. 353-373.

1955 Morphometric comparison of yellowfin tuna from southeast Polynesia, Central America, and Hawaii.

Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 4, pp. 89-116 (English), pp. 117-136 (Spanish).

1957 A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean.

*Ibid.*, Bull., Vol. 2, No. 6, pp. 245-268 (English), pp. 269-285 (Spanish).

1963 Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1962.

*Ibid.*, Ann. Rep. for 1962, pp. 35-88 (English), pp. 89-149 (Spanish).

Schaefer, M. B. and J. C. Marr

- 1948 Spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Pacific Ocean off Central America, with descriptions of juveniles.  
U.S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 44, No. 51, pp. 187-196.

Schaefer, M. B., B. M. Chatwin and G. C. Broadhead

- 1961 Tagging and recovery of tropical tunas, 1955-1959.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 5, No. 5, pp. 341-416 (English), pp. 417-455 (Spanish).

Shimada, B. M. and M. B. Schaefer

- 1956 A study of changes in fishing effort, abundance, and yield for yellowfin and skipjack tuna in the eastern tropical Pacific Ocean.  
Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull., Vol. 1, No. 7, pp. 347-421 (English), pp. 422-469 (Spanish).

Strasburg, D. W.

- 1960 Estimates of larval tuna abundance in the central Pacific.  
U.S. Fish and Wildlife Serv., Fish. Bull., Vol. 60, No. 167, pp. 231-255.