

**INTER-AMERICAN
TROPICAL TUNA COMMISSION**

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1960

**COMISION INTERAMERICANA
DEL ATUN TROPICAL**

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1960

La Jolla, California

1961

CONTENTS — INDICE

	PAGE
Annual Report of the Commission (Versión en inglés).....	3-19
Informe Anual de la Comisión (Spanish version).....	20-39
 Appendix (Versión en inglés)	
A. Report of the Director on the investigations during the year 1960.....	40-107
 Apéndice (Spanish version)	
A. Informe del Director sobre las investigaciones efectuadas durante el año 1960.....	108-183

**REPORT OF THE INTER-AMERICAN
TROPICAL TUNA COMMISSION
FOR THE YEAR 1960**

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority of a Convention, originally negotiated between the Governments of the Republic of Costa Rica and the United States of America, which entered into force in 1950. The Republic of Panama adhered to the Convention in 1953. The Convention is open to adherence of other nations having an interest in the tuna and tuna-bait resources of the Eastern Tropical Pacific Ocean.

The Commission has the duty of collecting and interpreting factual information to facilitate maintaining the populations of tunas and tuna-bait fishes at levels which will permit maximum sustained catches year after year. To this end, the Commission is authorized and directed to conduct required scientific investigations of all kinds, to publish the research results, and to recommend from time to time, as necessary, on the basis of the investigations, proposals for joint action by the Member Governments to maintain the fish populations at the levels which will permit maximum sustainable yields.

The scientific research program, which is now in its tenth year, is carried out by a permanent, internationally recruited scientific staff, employed directly by the Commission, selected on the basis of technical competence by the Director of Investigations. The researches pursued include extensive investigations into the life history, population structure, ecology, behavior, and population dynamics of the various fish species of concern to the Commission, and the measurement of the effects of fishing and of fishery-independent environmental factors on the abundance and on the harvests which they will sustain.

It has been shown that at levels of fishing effort reached heretofore none of the tuna or baitfish populations have been subjected to fishing intensity at or beyond the level of maximum average yield. However, commencing in 1959, and at an accelerated pace during 1960, there has been a rapid conversion of many vessels of the fishing fleet from fishing for tuna with live-bait and pole and line to fishing with purse-seines. This has greatly decreased the fishing pressure on the baitfish stocks. It has also decreased the harvest of skipjack tuna, which were already substantially under-utilized, since in most parts of the Eastern Pacific the seine vessels have been less effective than baitboats in fishing for this species. At the same time, however, this shift in fishing method has increased the fishing pres-

sure on the yellowfin tuna population; it is believed to have been during 1960 not much below the level corresponding to average maximum sustainable yield. It is possible that the fishery will stabilize itself near the optimum level. It is also possible, however, that this level may be exceeded in the near future, in which case it will be appropriate for the Commission to make recommendations for conservation action with respect to yellowfin tuna. The most efficient measures are, therefore, being considered by the Commission and the scientific staff, so that the most appropriate recommendations can be made promptly if the fishing effort continues to increase.

Program of investigations

Research funds made available by the Member Governments during 1960 were in the same amount as the previous year. Costs of personnel and facilities have, however, continued to increase. Fortunately, due to the assistance of cooperating agencies, although with some curtailment of operations, it has been possible to carry forward substantially the full program recommended by the Commission to the Member Governments. It is, however, necessary that appropriations be brought into balance with current costs if the staff is to continue adequately to fulfill its mission in the future.

The research staff of the Commission continues to work in close cooperation with other university, governmental, and international agencies doing oceanographic and fisheries research in the Eastern Pacific Ocean. A great deal of the research, especially the sea-going phases, is conducted jointly with scientists of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, which is also the location of our headquarters laboratory. In addition to the conducting of continued cooperative work with the several other agencies mentioned in previous reports, there was established during 1960 a cooperative arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations for joint research and full exchange of data with new laboratories in Peru and Ecuador which are being established under the auspices of the Special Fund of the United Nations. The Director of Investigations has also conferred with officials of the latter agency respecting future fisheries research and development programs of interest to the Commission.

Research during 1960, in accordance with plans previously approved by the Commission, has included:

1. Collection, compilation and analysis of catch statistics, logbook data and related information for tunas and baitfishes.

- a. Continuing routine collection and compilation of current data, including computation of established statistical indices.
 - b. Continuing research, based on these data, to study changes in abundance and yield in space and time, including both long-term and short-term changes.
 - c. Continuing research to measure the effects of fishing on the stocks and the effects of changes in the abundance and distribution of fish stocks on the operating patterns of the fishing fleets.
 - d. Investigations of changes in efficiency of fishing vessels related to improvements in gear and operating methods.
 - e. Further development and application of theoretical population-dynamics models to describe effects of fishing on stock and yield.
2. Investigations of the life history, biology, and population structure of the yellowfin and skipjack tunas.
- a. Continuation of size-composition sampling program in San Diego, San Pedro, Peru and Ecuador.
 - b. Continuing research on age and growth, based on size-composition data, including time and space variations.
 - c. Continuing research on estimation of abundance of year classes, and estimation of mortality rates, employing size-composition data in conjunction with data on catch-per-unit-of fishing-effort.
 - d. Studies of tuna migrations and population structure.
 - (1) Tagging
 - (a) Continued tagging operations from commercial fishing vessels from California, Peru and Ecuador.
 - (b) Tagging from chartered vessels to obtain data for seasons and areas not adequately covered by tagging from fishing vessels on regular fishing cruises.
 - (c) Continuing analysis of tag-recovery data to measure migration patterns and rates of movement, rates of growth, and mortality rates.
 - (2) Correlation of size-frequency data with tagging results to infer population structure.
 - (3) Research on blood-typing as a method of studying population structure of tunas, in cooperation with scientists of the U.S. Bureau of Commercial Fisheries in Hawaii and California, and specialists at the University of Wisconsin.
 - e. Studies of tuna maturation, spawning and early life history.
 - (1) Completion of studies of spawning based on gonad examination, except for some additional collection of material from outlying islands inadequately sampled in the past.
 - (2) Continuation of fecundity study of yellowfin tuna and skipjack.
 - (3) Continuation of studies of spawning and early development of tunas by collection of larvae and juveniles.
 - (a) Collection of materials on oceanographic and other cruises incidental to other studies.
 - (b) Continued systematic sampling of larvae off Costa Rica from the Puntarenas laboratory to assess seasonal variations (completed October 1960).
 - (c) Preparation of a major publication on the larvae and juveniles of the yellowfin and skipjack tunas and related species in the Eastern Tropical Pacific.
 - f. Behavior of Tunas.
 - (1) Studies of schooling habits of tunas; only incidental work to be done on this project during the year, the accumulated past data having been analyzed and published.
 - (2) Studies of temporal variations in abundance of tunas in individual fishing areas, as a basis of forecasting, and for correlation with variations of environmental factors.
 - g. Feeding habits of tunas - Preparation of a publication on the general studies made during the last two years.
3. Oceanography and tuna ecology.
- a. Continuing study of accumulated oceanographic and meteorological data for the purpose of elucidating seasonal and annual variations in physical, chemical, and biological factors, and for study of oceanic processes.
 - b. Analysis and preparation for publication of "Eastropic" data.
 - c. Analysis of data collected on the cruise to study processes in the area of the Central American "dome" and in the vicinity of Cocos Island in November-December 1959.

TUNA COMMISSION

- d. Conducting in September-December 1960, jointly with Scripps Institution of Oceanography, a cruise from the Panama Bight southward to Chile to study the physical, chemical and biological oceanography of the region well off-shore which has never been studied in detail, which appears to be necessary for properly understanding events nearer shore off northern South America.
 - e. Cooperation in planning of oceanographic studies to be conducted in nearshore waters by scientists in Peru, related to (d) above, and which will also provide a continuing basis of measuring variations in the Peru Current and adjacent sea areas.
 - f. Continued cooperation with other agencies in the collection of sea temperature and meteorological data from offshore areas and coastal stations, and in their compilation and analysis. (The U.S. Bureau of Commercial Fisheries is using these data, in part, for the preparation of current monthly synoptic charts issued routinely for the use of fishermen and scientists).
 - g. Continuation of studies on indicator organisms (especially Chaetognaths).
4. Research on baitfishes.
- a. Studies in the Gulf of Nicoya.
 - (1) Monitoring of anchoveta population and herring population.
 - (2) Analysis of additional hydrographic data collected in 1959-1960.
 - (3) Collateral collection of tuna larvae off Cape Blanco (referred to above).
 - b. Studies in the Gulf of Panama.
 - (1) Work on identification of anchovy larvae and juveniles.
 - (2) Preparation of report on rearing experiments.
 - (3) Full-scale tagging program using internal tags.
 - (4) Continuation of study on anchoveta feeding habits.
 - c. Continued collection of data and materials from other areas by tuna vessels and by special field trips.
 - d. Compilation and analysis of statistical data, from tunaboat logbooks, on the abundance and yield of bait stocks in major baiting areas.

Progress on investigations

Good progress was made during the year on the lines of investigation outlined above. Much time was spent at sea aboard commercial fishing vessels, a chartered tagging vessel, and research vessels, to collect new data. Particular emphasis has been given to studying the population dynamics of the yellowfin tuna, because of the imminent possibility of a need for conservation measures due to increased intensity of fishing on that species, resulting from the rapid conversion of many vessels from bait-fishing to purse-seining. Increased effort has also been directed toward the recalcitrant and complex problems of the population structure of the two species of tropical tunas, especially the yellowfin, by several research methods. Major advances in our understanding of the oceanography of the Eastern Pacific have been made, both through analysis of existing data and the collection of new data on an extensive research cruise from mid-September to mid-December. During 1960, the oceanic temperature regime reverted to cooler sea-surface temperatures over most of our region of interest, following the warm period from 1957 through early 1959. This had marked effects on the distribution of the fish and fishing effort, being, in part at least, responsible for increased average apparent abundance of yellowfin tuna and decreased average apparent abundance of skipjack.

The staff collects, on a continuing basis, records of total landings of the tuna species throughout the Eastern Pacific, and also collects records of the operations and fishing results of a very large sample of the fishing fleets in the entire region. From these records are derived estimates of the amount of fishing effort, the apparent abundance, and the harvests of each tuna species, as a basis of estimating the current condition of the fish stocks with respect to the condition corresponding to maximum average sustainable harvests. These data, together with oceanographic data, are also useful for charting changes in the distribution of the stocks, and for studying fishery-independent changes in their apparent abundance.

The sizes of the fishing fleets, the relative efficiency of different types of gear and different sizes of vessels, and changes in operating methods are also under continuous study, as a basis of monitoring changes in the fishing effort to which the tuna and bait-fish populations are being subjected, and of forecasting probable near-term trends. During 1960, conversion of long-range baitboats to purse-seining was accelerated, and the seiners have become the dominant element of the fleet, at least with respect to fishing for yellowfin tuna. Seiners historically, except in the region off northern South America, have been most successful in catching yellowfin tuna, and have had much less success in catching skipjack. In consequence, the conversion of much of the U.S. fleet to seining has increased the intensity of the fishery on yellowfin tuna, but has decreased it on skipjack. Yellowfin landings during 1960 have reached an all-time high, and the intensity of fishing appears to be not far below the level corresponding to maximum average sustainable yield, as judged from a model based on catch-statistical data alone, and also as judged from a model employing the age, growth, and mortality parameters estimated for this species.

Skipjack, on the contrary, are apparently being fished less intensely than before. This species has never been fished hard enough to provide effects on the abundance of the stocks which are measurable in the presence of the fishery-independent changes in apparent abundance due to other factors.

Additional studies have been made of the effects of changes in ocean climate on apparent abundance of yellowfin and skipjack tuna. It appears that during warm years success of fishing is improved at the extremes of the range of the tropical tunas, and tends to be poorer in the central portion off Central America. The effects of variations in ocean climate are

most marked off Peru and northern Chile. During warm years, the average success of fishing for yellowfin for the aggregate of all areas, tends to be poorer than during cool years. There is some evidence that the converse is the case for skipjack.

With the conversion of many vessels to purse-seining, the catch of bait species has dropped very markedly in the past two years. With the cessation of warm-water conditions off northern Peru, and consequent shift of fishing effort to the northward, the catching of southern anchovies for tuna bait has dropped abruptly (the tuna-bait fishery, of course, is insignificant for this species in comparison to the catch for reduction to fish meal and oil, which is believed to have been in the vicinity of 3,000,000 tons during 1960). The tropical anchoveta has resumed its former position as the most important species for tuna bait.

Investigations were continued on seasonal and annual variations of the degree to which the baitboats are able successfully to concentrate their efforts in the areas of greatest tuna abundance. It has been found that the mean annual "concentration index", which measures the degree of concentration of effort in the most rewarding areas, varies little from year to year, which is one reason why the baitboat series of apparent abundance estimates is useful for estimating trends in the true abundance of the tuna populations. With the increased importance of seining, similar studies for this type of gear will be important, and have been commenced.

Estimation of the vital statistics (age, rate of growth, mortality rates, and variations in year-class strength) for yellowfin tuna have been given high priority, because they are required for use in analytical models for studying the dynamics of this species, which, as noted above, may require conservation measures in the near future. This has been approached by studies of size-composition data, together with data on apparent abundance, over a series of years. Growth parameters have been estimated and have been found to be similar in all fishing areas. Total mortality rates, similarly, show no significant differences among areas during the period studied (1954-1959), the best estimate of the coefficient of total mortality being 1.72, with 95 per cent confidence limits 1.59 to 1.85. Variations in year-class strength have also been estimated, and have been found to be relatively small.

Similar studies for skipjack have been commenced, but with lower priority, because of the more pressing need for knowledge of the dynamics of yellowfin, since the former species remains certainly much under-exploited.

The estimated growth and mortality parameters for yellowfin tuna have been employed in study of the variations of yield-per-recruit with changes in fishing effort and minimum size at first capture. It is indicated that, at current levels of fishing effort, a greater total yield from the same number of recruits to the fishable stock might be gained by increasing the minimum size at first capture.

Much effort is being devoted to studying the migrations and population structure of the tropical tuna species by several techniques, including studies of size composition in adjacent areas, tagging and subsequent recovery of specimens of commercial sizes, and genetic studies through blood-typing. This is a very complex problem, however, and progress is slow.

Studies of the size composition of yellowfin tuna have led to the suspicion that there may be a partial separation of stocks, at least, in the vicinity of 15°N latitude, there being rather different characteristics of the size composition of the samples in areas to the north and south of about that latitude, although there is evident some degree of intermingling. The population off Central America, may also be at least partially different from that off northern South America.

Tagging results tend to confirm the hypothesis that yellowfin migrate extensively between different areas north of about 15°N, the movement being, in part at least, seasonal. They also tend to confirm the idea that fish from off Central America do not usually move in large numbers north of the vicinity of the Gulf of Tehuantepec, and, conversely, that fish from the northern regions do not move in large numbers to areas off Central America. There appears, however, to be a fairly broad zone of intermingling in the regions of the Gulf of Tehuantepec.

Whether the yellowfin from various regions interbreed extensively is not yet known. It is hoped that newly-initiated studies of their genetics by blood-typing with phyto-hemagglutinins will provide a basis of elucidating this important matter.

Data from tagging and recovery of tunas through 1959, being sufficiently numerous to support detailed study, were analyzed carefully during the year, and the results incorporated into a draft of a report for publication. Some of the more important results of this study are: indication that recovery rate is inversely related to water temperature at tagging; it is suggested that this is due to greater tagging mortality associated with an oxygen deficiency due to hyperactivity. This will be studied by physiological experiments during 1961. Initial tag-

ging mortality is high at all times, and may average as much as 70 or 80 per cent. Both yellowfin and skipjack disperse from the point of tagging more rapidly near the center of the range than near the extremes. Growth of tagged tunas was lower than that inferred from untagged fish by other methods (this is not unusual, having been previously observed for other species of fish). Total mortality rates estimated from attrition rates of tagged yellowfin tuna were higher than the rates estimated from catch curves, the difference being most probably due to loss of tags. The detailed study of the net movements of specimens recovered at different seasons of the year also provided some understanding of some of the seasonal migratory patterns of both yellowfin and skipjack, particularly near the northern and southern extremes of their ranges.

At a temporary serological laboratory set up at Mancora, Peru during May 1960, one of our staff members and Dr. C. W. Cotterman, Professor of Medical Genetics at the University of Wisconsin, conducted studies of the use of the phyto-hemagglutinins for blood-typing of tunas. One blood group system, and probably two, were established for skipjack, and there were indications of the presence of two or more systems in yellowfin tuna. On the basis of this work there is planned for 1961 extensive blood-typing of tunas aboard fishing vessels, to contribute to the understanding of their population structure.

Collection of materials for study of feeding habits, through analyses of stomach contents, of tropical tunas in different areas and seasons was terminated in June 1960, the examination of 3,763 yellowfin and 2,317 skipjack having been completed. The data are in course of study and analysis for publication.

Additional specimens were collected for studies of fecundity of yellowfin and skipjack tuna, incidental to other work.

Some additional specimens of larval tunas were collected during the year on oceanographic cruises. Monthly collections off Cape Blanco, Costa Rica, were terminated in October 1960, after two years; it was shown that the peak period of yellowfin spawning here is between February and April. A comprehensive report on the geographical and seasonal distributions of larval and juvenile tunas is in process of preparation for publication.

Research on physical, chemical, and biological oceanography was continued during the year, in cooperation with other agencies. This program suffered a grievous loss with the untimely death of Mr. Martin Pollak, Senior Oceanographer, on 5 June 1960. However, despite this, much progress was made.

both through the analysis of past data and the conducting of a major cruise off South America.

A joint expedition to study the relatively unknown oceanic region offshore from South America, between the equator and 24°S latitude, was conducted by members of our staff together with scientists of the Scripps Institution of Oceanography from 15 September to 14 December. Studies were made of the north boundary of the Peru Current, and of the Peruvian Undercurrent. Several lines of oceanographic stations were occupied, extending from the coast to 1,000 km. offshore, as well as a line of stations from 24°S to 10°N along longitude 95 W. Station observations included not only the usual chemical and physical measurements at various depths, but studies of phytoplankton, zooplankton, and nekton standing crops, rates of photosynthesis, light penetration, and of concentrations of nitrate, nitrite, and phosphate. Frequent bathythermograph casts were made between stations, and there were also made determinations of phytoplankton standing crop (chlorophyll "a") and photosynthetic rate (by the C¹⁴ technique). Horizontal hauls with closing nets were made at many stations to provide material for studies of indicator organisms, as well as to give information on vertical distribution of zooplankton standing crop in relation to other parameters. It is expected that the data collected on this expedition, when analyzed in detail, will very greatly advance the knowledge of this previously little-known region, and will provide an improved basis for understanding the ecology of the tunas and other fishes there.

Data from the Costa Rica Dome Cruise in the fall of 1959 were processed and a data report issued. Analysis of physical and chemical data from this cruise was given a good deal of attention, and has led to an improved understanding of the circulation of this part of the ocean. Volume transport calculations indicate that the Dome is a large counter-clockwise eddy, in which flow through any radial section is about $22 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$, which is equivalent to about one quarter of the flow of the Gulf Stream. In addition, about $15 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ joins the Dome on the south and leaves it on the northwest.

A study of the data from the Island Current Survey of 1957 was completed and published during the year. Additional physical and chemical data taken near Cocos Island in the fall of 1959 have been studied. On the basis of these and other data, a qualitative theory of the effects of islands on the circulation has been developed.

The description of the general subsurface circulation of the Eastern Tropical Pacific, based primarily on data of "Eas-

tropic" Expedition has been nearly completed. Results will be published in an atlas of about 63 charts, including those mentioned in last year's report and, in addition, charts of inorganic phosphate concentrations in isentropic surfaces, a chart of the percentage of saturation of dissolved oxygen at the sea surface, and a chart of surface current measurements by GEK.

Additional research has been conducted on the relationship between oxygen and phosphate in the Eastern Pacific. Progress was also made on reduction of bathythermograph data to provide seasonal charts of thermocline topography, and possibly of temperature gradient in the thermocline, for the area from the equator to 25°S, westward to 120°W, to supplement the charts north of the equator previously prepared and published by Townsend Cromwell.

An investigation of the influence of water of the Cromwell Current, flowing easterly along the equator below the westerly-flowing surface current, on the distribution of properties in the Eastern Tropical Pacific Ocean has led to the tracing of these waters by their oxygen and phosphate content. Concurrent calculations of geostrophic flow agree, and also have led to new information and theory respecting the nature of the boundary regions between the Equatorial Currents and the Equatorial Counter Current, where there is formed a series of asymmetrically located, counter-rotating eddies. This matter is to be studied in more detail in 1961.

Prof. J. Bjerknes, Professor of Meteorology at UCLA, has completed a study, sponsored by this Commission, of meteorological phenomena related to the occurrence of "El Niño" off northern South America, and has described the mechanisms which lead to "El Niño". He plans to continue further studies of effects of meteorological events on the oceanic circulation during the next year.

Promising results have been obtained from a study of arrow worms (Chaetognatha) as indicators of water masses, based on data from the Costa Rica Dome Cruise and a cruise of the Scripps Tuna Oceanography Research Project. Additional research is being done along this line with materials collected by the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú, and with materials from the STEP-I Expedition; this will be continued during the next year.

Synoptic sea-surface temperature charts are being prepared currently at monthly intervals for the entire Eastern Pacific by the San Diego Biological Laboratory of the U.S. Bu-

reau of Commercial Fisheries. These charts, for which our staff furnishes some data, are of great utility in enabling us to monitor changes in the ocean climate, and thus to anticipate changes in the distribution and success of fishing of the tuna fishery related to sea temperature anomalies. There is, however, yet an unfortunate near hiatus on these charts south of the equator, which it is hoped will be eliminated in the near future. Currently the sea temperatures are below average over much of the Eastern Pacific. If this trend continues, as expected, fishing should continue poor off Peru during early 1961, but fishing off Central America should be much improved over that of the past three years.

Although baitboats are much fewer in the U.S. fleet than formerly, they are still an important element. Numbers of baitboats fishing from Latin-American ports have increased in recent years. Research on biology, ecology, and life history of bait species is, therefore, a continuing important phase of the program, although, not being as critical as some other phases, it is being given less emphasis than formerly. During 1960, most studies were concerned with the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), although some studies were conducted on thread herring (*Opisthonema*), and on a small anchovy (*Anchoa naso*) used for bait at Manta, Ecuador.

Study of thread herring collections from the Gulf of Panama and the Gulf of Nicoya, to elucidate their life history, was commenced during the year, but midway in this study it was discovered that the material being dealt with was not a single species, but three species, distinguishable by gill-raker counts and other morphological characters. Examination of collections from other localities, between Mexico and Panama, reveals that the three species have similar geographic ranges. It will, therefore, be necessary to separate the collections by species, and to re-examine the material for each species separately.

A study of the fecundity of anchovetas from the Gulf of Panama was commenced during the year, and should be completed during 1961. Preliminary examination indicates that the length-fecundity relationship may be nearly linear; females 115 mm. long have about 15,000 eggs and those 150 mm. long have about 50,000 eggs.

Studies of scales of anchovetas from Panama indicate that they are useless for age determinations. Scales from anchovetas from Guaymas, Mexico show somewhat more promise,

but collections are inadequate for conclusive determination. Work on this line is being suspended.

Attempts to identify anchoveta larvae and juveniles from among the many other types of anchovy larvae in the Gulf of Panama, below a length of about 25 mm., by morphometric techniques, have proven fruitless, and are being terminated. Consideration is being given to the use of serological techniques at some future date, but this line of work will be held in abeyance, during the near future at least.

Activities at our Panama laboratory were devoted almost entirely to tagging of anchovetas. Additional live-box experiments, to develop the most suitable techniques were completed in May and June, and a full-scale tagging program was conducted between June and September. A total of 53,380 tagged fish were liberated: 15,370 near Isla Verde (including the area from Punta Chame to Vique), 11,721 near Panama Viejo, 2,192 near Rio Pacora, 10,882 near Isla Chepillo, 6,629 near Punta Mangle, and 6,586 at Bahia San Miguel. Tags were recovered by magnets in the two reduction plants, located at Cairmito and Taboga Island, which are supported by a fishery which operates almost exclusively in the Isla Verde area. Through December 1960, there had been made 622 recoveries. Of these 618 were tagged and recovered near Isla Verde, two were tagged and recovered near Panama Viejo, one was tagged near Panama Viejo and recovered at Isla Verde, and one was tagged near Isla Chepillo and recovered near Isla Verde. It is evident from these data that there is, at least during the period these tagged fish were at liberty, little migration between areas in the Gulf of Panama. This does not, of course, preclude the possibility of considerable intermingling during other developmental stages, at other times of the year, which will be investigated both by future recoveries from these tag liberations, and by other tagging next year.

Study of feeding habits of anchovetas in the Gulf of Panama was continued on a limited scale. It has been found that juvenile, pelagic-stage fish up to about 90 mm. in length, consume mostly diatoms, with a few small crustacea. Larger, demersal-stage fish feed by filtering from the mud flats diatoms, dinoflagellates, and foraminifera. The stomachs also contain much organic detritus.

Analyses of meteorological, hydrographic, and biological data to study the basic productivity of the Gulf of Panama, and the variations therein associated with meteorological variations, were continued. It is expected that this study will be completed for publication in the near future.

At the Gulf of Nicoya, there was continued field work to monitor the very small population of anchovetas, to collect material for study of the biology and ecology of thread herring, and to further elucidate the hydrography of the Gulf.

Limited studies of the size composition and spawning seasons of the stocks of *Anchoa naso* near Manta, Ecuador were continued, based on collections of specimens made there by our personnel who are primarily engaged in tuna tagging from that port. Some collections of *C. mysticetus* were also made in the Gulf of Guayaquil.

Research on the ecology of the Gulf of Guayaquil, and adjacent areas of the sea, have been planned to be initiated in cooperation with personnel of the Ecuadorian Fisheries Institute. These, however, will not be commenced until the Institute is established; this had not occurred by the end of the year.

A more detailed report on research during 1960, by the Director of Investigations, is attached hereto as Appendix A.

Publication of research results

The publication of research results is one of the most important elements of a program of scientific investigations. It is by this means that the Commission, other scientists, the Member Governments, and the public at large are informed of the research findings. The publication of basic data, methods of analysis, and the conclusions therefrom also affords the opportunity for critical review by other researchers, and thus insures the soundness of the conclusions reached by our staff, as well as enlisting the interest of other scientists in our problems.

The Commission publishes research results of the staff and of cooperating scientists, in its *Bulletin* series. During 1960, five additional publications were printed in this series, and several others were completed for publication early in the next year. Papers published during 1960, all in both English and Spanish, were:

Bulletin, Volume 4, Number 3 - "A study of measures of population density and of concentration of fishing effort in the fishery for yellowfin tuna, *Neothunnus macropterus* in the Eastern Tropical Pacific Ocean, from 1951 to 1956" by Raymond C. Griffiths

Bulletin, Volume 4, Number 4 - "The physical oceanography of the Gulf of Nicoya, Costa Rica, a tropical estuary" by Clifford L. Peterson.

Bulletin, Volume 4, Number 5 - "Studies of physical, chemical, and biological oceanography in the vicinity of the Revilla Gigedo Islands during the 'Island Current Survey' of 1957" by Edward B. Bennett and Milner B. Schaefer.

Bulletin, Volume 4, Number 6 - "Distribution of fishing effort and resulting tuna catches from the Eastern Tropical Pacific by quarters of the year, 1951-1958" by Franklin G. Alverson.

Bulletin, Volume 4, Number 7 - "Species and size relationships within schools of yellowfin and skipjack tuna, as indicated by catches in the Eastern Tropical Pacific Ocean" by Gordon C. Broadhead and Craig J. Orange.

In addition to these *Bulletins*, eight papers by staff members were published during the year in other journals:

37. Chatwin, B. M. and C. J. Orange
1960 - Recovery of tagged bluefin tuna (*Thunnus saliens*).
Calif. Fish and Game, Vol. 46, No. 1, pp. 107-109.
38. Schaefer, M. B.
1960 - Status of the fishery for tunas of tropical waters of the Eastern Pacific.
U. S. Bur. Comm. Fish., Circular 65, pp. 37-40.
39. Klawe, W. L.
1960 - Larval tunas from the Florida Current.
Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, Vol. 10, No. 2, pp. 227-233.
40. Schaefer, M. B.
1960 - New research required in support of radioactive waste disposal.
In Disposal of Radioactive Wastes, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1960, pp. 265-282.
41. Kinnear, J. E.
1960 - The minimum dosage of thiourea effectively inhibiting thyroxine synthesis in the flounder (*Platichthys stellatus*).
Can. Jour. Zool., Vol. 38 (1960), pp. 917-922.
42. Pollak, M. J.
1960 - Wind set-up and shear-stress coefficient in Chesapeake Bay.
Jour. Geophys. Res., Vol. 65, No. 10, pp. 3383-3389.

43. Schaefer, M. B.
1960 - Marine Resources.
McGraw-Hill Encyclopedia of Science and
Technology, Vol. 8, pp. 130-132.
44. Schaefer, M. B.
1960 - Marine Fisheries.
McGraw-Hill Encyclopedia of Science and
Technology, Vol. 8, pp. 112-116.

Committees of the National Academy of Sciences National Research Council

During the year, Dr. Schaefer continued to serve on two committees of the National Academy of Sciences - National Research Council of the United States.

The Committee on Oceanography met several times during 1960, and completed and published the remaining chapters of its comprehensive report "Oceanography 1960-1970". It has advised Committees of Congress and various agencies of the executive branch, upon request, respecting various national and international aspects of marine sciences. The Committee also acts as the National Committee for the Special Committee on Oceanographic Research of the International Council of Scientific Unions. Dr. Schaefer is serving as a representative of the Academy on the Advisory Board to the newly-established National Oceanographic Data Center, which is to serve the needs of governmental research groups, private institutions and individual scientists, including foreign scientists, in the compilation, cataloguing, and processing of unclassified oceanographic data of many kinds.

The Committee on Biological Effects of Atomic Radiations in Oceanography and Fisheries met twice during the year to consider the report of a panel on disposal of low-level atomic wastes off the west coast of the United States, and to consider forthcoming problems connected with the uses of atomic energy as power sources in various atmospheric and oceanographic devices.

Change of Commissioners

The United States of America on 22 April 1960 appointed Dr. J. Laurence McHugh, Chief of the Division of Biological Research of the Bureau of Commercial Fisheries, as a member of the U. S. Section of the Commission, to succeed Mr. Arnie J. Suomela, who had resigned on that date because of the pressure of other duties.

Annual meeting

The Commission held its regular annual meeting in San Jose, Costa Rica on 23-24 February 1960. The following actions were taken:

- 1) Approval for publication of the Annual Report for 1959.
- 2) Reviewed research in progress, and discussed and approved the program of investigations for the fiscal year 1960-1961.
- 3) Considered the forecast of the research program and budget requirements for fiscal year 1961-1962; recommended to the Member Governments, for that fiscal year, a research program requiring a budget of \$384,915. (Later in the year, by exchange of correspondence, this was revised to \$412,762, the increase being necessitated by salary increases for the U.S. Civil Service on which the Commission's pay-scale for employees of U. S. residence or nationality is based).
- 4) Determined, on the basis of the most recent statistics of utilization of tropical tunas in the respective member countries, that the joint expenses of the Commission during fiscal year 1961-1962 should be in the following proportions: United States of America, 99.6 per cent; Costa Rica, 0.4 per cent; Panama, minimum contribution of \$ 500.00.
- 5) Authorized the Director of Investigations to arrange joint research on problems of mutual interest with the Directors of the Institute of Fisheries in Ecuador, and the Institute of Marine Resources in Peru.
- 6) Authorized the Director of Investigations to attend the Second International Conference on the Law of the Sea, to convene in Geneva, Switzerland on 16 March 1960, as an observer for the Commission.
- 7) Adopted a resolution requesting the Member Governments and the Governments of other countries bordering on the Eastern Tropical Pacific Ocean represented at the meeting by observers, to ask the Government of Japan to take measures to maintain complete records of the fishing operations and tuna catches of its fishing vessels operating in the tropical zone of the Eastern Pacific Ocean, and to make such records available to the Inter-American Tropical Tuna Commission for its continuing studies of the tuna populations in this region.

- 8) Elected Sr. Lic. José L. Cardona-Cooper, of the Republic of Costa Rica, Chairman, and Mr. Arnie J. Suomela of the United States of America, Secretary for the next year.
 - 9) Agreed to convene the next annual meeting on 23 February 1961. Decided that the next annual meeting would be held in Panama City, Republic of Panama, unless another nation or nations were to adhere to the Convention during calendar year 1960, in which event the meeting would be held at a suitable location in the first nation to adhere, should that nation desire to have the meeting held there.
-

During 1960, the tuna fishing fleets have continued to decline, due to loss of vessels with little compensatory new construction, and transfer of a few vessels to other fisheries. There have been a few additional transfers of vessels from the United States to bases in Latin America, and there have been some additions to the fleets of small craft in some Latin-American countries. Despite the general decline in the fishing fleets, however, conversion of clippers to purse-seine gear has increased the intensity of fishing on yellowfin tuna, while decreasing it on skipjack. With the fleet in being, and providing that yellowfin tuna remain as vulnerable to purse-seine gear as during the past year or two, it is possible that enough fishing effort may be generated to exceed the level which has been estimated to correspond to maximum sustainable yield of yellowfin tuna. There is, however, a reasonable possibility that the fishery may stabilize in the vicinity of the maximum yield level. The situation will require careful watching, since recommendations for conservation measures may be in order in the relatively near future.

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

José Luis Cardona-Cooper,
Chairman.
Virgilio Aguiluz
Victor Nigro
Fernando Flores
Juan L. Obarrio

Gabriel Galindo
Richard Eisenmann
Lee F. Payne
Eugene D. Bennett
Robert L. Jones
J. Laurence McHugh, Secretary.

INFORME DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1960

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad de una Convención que originalmente fué negociada entre los Gobiernos de la República de Costa Rica y de los Estados Unidos de América y entró en vigencia en 1950; la República de Panamá se adhirió a la Convención en 1953. Esta Convención está abierta para otras naciones que tengan interés en los recursos de atún y de las especies de carnada en el Océano Pacífico Oriental Tropical.

La Comisión está obligada a recoger e interpretar la información necesaria para facilitar el mantenimiento de las poblaciones de atún y de los peces de carnada empleados en la pesca de éste a niveles que permitan la obtención de una producción máxima sostenida año tras año. Para este fin, la Comisión está autorizada y obligada a efectuar investigaciones científicas de cualquier clase que considere de utilidad, a publicar los resultados y, cuando sea oportuno, sobre la base de las investigaciones, a recomendar medidas para una acción conjunta de parte de los Gobiernos Miembros para mantener las poblaciones de peces a niveles que permitan un rendimiento máximo sostenible.

El programa de investigaciones científicas que se encuentra al presente en su décimo año está a cargo de un personal permanente de expertos de varios países empleados directamente por la Comisión y seleccionados por el Director de Investigaciones a base de la competencia técnica de cada uno. Los estudios seguidos incluyen extensas investigaciones sobre la historia natural, ecología y hábitos de las diversas especies que conciernen a la Comisión y sobre la estructura y dinámica de las poblaciones de estos peces, así como la determinación de los efectos de la pesca y de los factores ambientales independientes de las actividades pesqueras sobre la abundancia y la producción que estos peces mantienen.

Se ha demostrado que a los niveles del esfuerzo de pesca a que se ha venido trabajando hasta ahora ninguna de las poblaciones de atún o de las especies de carnada ha estado sometida a una pesca intensiva al nivel del máximo rendimiento o más allá. Sin embargo, a partir de 1959 y a una marcha acelerada durante el año 1960, se ha operado la rápida conversión de muchos barcos de la flota que pescaban el atún con carnada viva a base de caña y anzuelo al sistema de pesca con redes. Esto ha hecho disminuir en gran escala la presión de la pesca sobre las poblaciones de peces de carnada. Tam-

bién ha producido una disminución en la producción de barrilete que substancialmente ya estaba siendo utilizado en menor escala, pues en casi todas partes del Pacífico Oriental los barcos rederos han sido menos efectivos que los barcos de carnada para la pesca de barrilete. Por otra parte, sin embargo, este cambio en el método de captura ha aumentado la presión de la pesca sobre la población del atún aleta amarilla; se considera que durante 1960 esta presión no ha estado muy por debajo del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible. Es posible que la pesquería pueda estabilizarse por sí sola cerca del óptimo nivel, pero también es posible que este nivel pueda ser sobrepasado en un futuro próximo, en cuyo caso será conveniente que la Comisión formule recomendaciones para tomar medidas de conservación respecto al atún aleta amarilla. En consecuencia, la Comisión y el personal científico están considerando desde ahora cuáles medidas pueden ser más eficientes para hacer con prontitud las recomendaciones más apropiadas, si el esfuerzo de pesca continúa en aumento.

Programa de investigaciones

Los fondos que los Gobiernos Miembros pusieron a la orden de la Comisión durante 1960 para las investigaciones igualaron la suma del año anterior; sin embargo los costos de personal, materiales y equipo continuaron en aumento. Afortunadamente, gracias a la ayuda de entidades que cooperan en nuestro empeño científico, aunque con algunas limitaciones en las operaciones ha sido posible llevar adelante substancialmente el programa completo recomendado por la Comisión a los Gobiernos Miembros. Es necesario, sin embargo, que el presupuesto esté balanceado de acuerdo con los gastos actuales que confronta la Comisión si se desea que el personal científico pueda cumplir adecuadamente su misión en el futuro.

El personal científico de la Comisión continúa su trabajo en estrecha cooperación con oficinas y entidades universitarias, gubernamentales e internacionales dedicadas a estudios oceanográficos y de pesquerías en el Océano Pacífico Oriental. Una buena parte de la investigación, especialmente en su fase oceanográfica, se efectúa conjuntamente con científicos de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, que es la sede de nuestro laboratorio principal. Además de continuar nuestro trabajo en cooperación con las otras diversas entidades y oficinas mencionadas en nuestros informes anteriores, en el curso de 1960 se llegó a un arreglo cooperativo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación para una investigación conjunta y amplio inter-

cambio de datos con los nuevos laboratorios en el Perú y en el Ecuador que están siendo establecidos bajo los auspicios del Fondo Especial de las Naciones Unidas. El Director de Investigaciones también ha conversado con personeros de esta última organización sobre futuras investigaciones en materia de pesquerías y desarrollo de programas en los que la Comisión está interesada.

La investigación durante 1960, de conformidad con los planes aprobados previamente por la Comisión, ha comprendido lo siguiente:

1. Recolección, compilación y análisis de las estadísticas de pesca, de los datos de los registros de los cuadernos de bitácora y de la información relacionada con los atunes y los peces de camada.
 - a. Continuación de la recolección y compilación rutinaria de los datos actuales, incluyendo la computación de los índices estadísticos establecidos.
 - b. Continuación de la investigación, basada en estos datos, para estudiar los cambios en la abundancia y el rendimiento en espacio y tiempo, incluyendo los cambios o largo como a corto plazo.
 - c. Continuación de la investigación para medir los efectos de la pesca en los stocks y los efectos de los cambios en la abundancia y distribución de los stocks de peces en la forma de operación de las flotas pesqueras.
 - d. Investigación de los cambios en la eficiencia de los barcos pesqueros con relación a las mejores en los equipos de pesca y en los métodos de operación.
 - e. Mayor desarrollo y aplicación de modelos teóricos de la dinámica de las poblaciones para describir los efectos de la pesca en los stocks y en el rendimiento.
2. Investigaciones sobre la historia natural, biología y estructura de la población de los atunes aleta amarilla y barrilete.
 - a. Continuación del programa de muestreo de la composición de tamaños en San Diego, San Pedro, Perú y Ecuador.
 - b. Continuación de la investigación sobre la edad y el crecimiento, basada en los datos de la composición de tamaños, incluyendo variaciones en espacio y tiempo.
 - c. Continuación de la investigación sobre la estimación de la abundancia de las clases anuales y estimación de las tasas de mortalidad, mediante el empleo de los datos de la composición de tamaños juntamente con los datos de la pesca por unidad de esfuerzo.
 - d. Estudios sobre las migraciones del atún y estructura de las poblaciones.
 - (1) Marcación.
 - (a) Continuación de las operaciones de marcación en barcos pesqueros comerciales que salen de puertos de California, Perú y Ecuador.
 - (b) Marcación en barcos especialmente alquilados para el objeto, a fin de obtener datos de estaciones y áreas que no pudieron ser adecuadamente cubiertas durante la marcación hecha a bordo de los barcos pesqueros en sus viajes regulares de pesca.
 - (c) Continuación del análisis de los datos sobre el recobro de marcas para determinar los patrones de migración y las tasas de movimiento, crecimiento y mortalidad.
 - (2) Correlación de los datos de la frecuencia de tamaños con los resultados de la marcación para inferir la estructura de las poblaciones.
 - (3) Investigaciones sobre los tipos de sangre como un método para estudiar la estructura de las poblaciones de atunes, en cooperación con científicos del U. S. Bureau of Commercial Fisheries en Hawai y California y con especialistas de la Universidad de Wisconsin.
 - e. Estudios de la maduración, desove y temprana historia natural de los atunes.
 - (1) Terminación de los estudios del desove basados en el examen de las gonadas, excepto por una recolección adicional de material obtenido de islas alejadas del continente que no habían sido adecuadamente muestreadas con anterioridad.
 - (2) Continuación del estudio sobre la fecundidad de los atunes aleta amarilla y barrilete.

- (3) Continuación de los estudios sobre el desove y temprano desarrollo de las especies de atún, mediante la recolección de larvas y juveniles.
 - (a) Recolección de material en cruceros oceanográficos y en otros, coincidentes con otros estudios.
 - (b) Continuación del muestreo sistemático de larvas frente a Costa Rica como parte del trabajo del laboratorio de Puntarenas para determinar las variaciones estacionales (terminado en octubre de 1960).
 - (c) Preparación de una publicación más completa sobre las larvas y juveniles de las especies de atún aleta amarilla y barrilete y de especies relacionadas en el Pacífico Oriental Tropical.
 - f. Hábitos del atún.
 - (1) Estudios sobre los hábitos gregarios del atún. Durante el año sólo se hará un trabajo incidental en este proyecto; los datos acumulados anteriormente ya han sido analizados y publicados.
 - (2) Estudios sobre las variaciones temporales en la abundancia de los atunes en determinadas áreas de pesca, como base para la predicción y para su correlación con las variaciones de los factores ambientales.
 - g. Hábitos alimentarios del atún - Preparación de una publicación sobre los estudios generales hechos durante los dos últimos años.
3. Oceanografía y ecología del atún.
- a. Continuación del estudio de los datos oceanográficos y meteorológicos acumulados, con el propósito de elucidar las variaciones estacionales y anuales en los factores físicos, químicos y biológicos y para el estudio de los procesos oceánicos.
 - b. Análisis y preparación de los datos de la Expedición "Eastropic" para su publicación.
 - c. Análisis de los datos recolectados en el crucero realizado en noviembre y diciembre de 1959 para estudiar los procesos en el área del "domo" de la América Central y en la vecindad de la Isla del Coco.
 - d. Realización de un crucero desde la Bahía de Panamá hasta Chile, en los meses de septiembre a diciembre de 1960, en cooperación con la Institución Scripps de Oceanografía, para estudiar la oceanografía física, química y biológica de la región más apartada de la costa que no había sido nunca estudiada en detalle, lo que se considera necesario para un adecuado entendimiento de los fenómenos en el área más cercana a la costa norte de América del Sur.
 - e. Cooperación en el planeamiento de estudios oceanográficos que serán conducidos en aguas cercanas a la costa por científicos en el Perú, relacionados con las investigaciones a que nos referimos más arriba, estudios que también proporcionarán una base continua para medir las variaciones en la Corriente del Perú y en las áreas del mar adyacentes.
 - f. Continuación de la recolección de datos meteorológicos y de la temperatura del mar de las áreas fuera de la costa y de las estaciones costaneras, compilación y análisis de los mismos, en cooperación con otras entidades. (El U. S. Bureau of Commercial Fisheries emplea estos datos, en parte, para la preparación de las cartas sinópticas mensuales que se publican rutinariamente para el uso de pescadores y científicos).
 - g. Continuación de los estudios sobre organismos indicadores (especialmente Queognatos).
4. Investigación sobre los peces de carnada
- a. Estudios en el Golfo de Nicoya.
 - (1) Vigilancia de las poblaciones de anchoveta y arenque.
 - (2) Análisis de datos hidrográficos adicionales recolectados en 1959-1960.
 - (3) Recolección colateral de larvas de atún frente a Cabo Blanco (a que se hizo referencia anteriormente).
 - b. Estudios en el Golfo de Panamá.
 - (1) Trabajo de identificación de larvas y juveniles de anchoas.
 - (2) Preparación de un informe sobre los experimentos de crianza.
 - (3) Realización de un programa de marcación a gran escala usando marcas internas.
 - (4) Continuación del estudio sobre los hábitos alimentarios de la anchoveta.
 - c. Continuación de la recolección de datos y material de otras áreas por intermedio de los barcos atuneros y en viajes especiales.
 - d. Compilación y análisis de los datos estadísticos de los registros de los cuadernos de bitácora de los barcos atuneros referentes a la abundancia y rendimiento de los stocks de peces de carnada en las principales áreas de pesca.

Progreso de las investigaciones

Durante el año se logró un buen progreso en las ramas de investigación anotadas anteriormente. Para la recolección de nuevos datos se invirtió mucho tiempo en el mar a bordo de barcos pesqueros comerciales, de barcos de investigación y de una embarcación especialmente contratada para la marcación de especímenes. Se ha dado particular énfasis al estudio de la dinámica de las poblaciones de atún aleta amarilla, por la inminente posibilidad de que se haga necesaria la imposición de medidas de conservación a causa del aumento en la intensidad de la pesca de esta especie, debido a la rápida conversión de muchos barcos de carnada al sistema de pesca con redes. También se ha dedicado creciente esfuerzo a los recalcitrantes y complejos problemas de la estructura de la población de las dos especies tropicales de atún, especialmente del atún aleta amarilla, por medio de diversos métodos de investigación. Se han hecho importantes avances en nuestro conocimiento sobre la oceanografía del Pacífico Oriental, tanto por el análisis de los datos existentes como por medio de la recolección de nuevos datos durante un extenso crucero realizado desde mediados de septiembre hasta mediados de diciembre. Durante 1960 el régimen oceánico de la temperatura retornó a grados más fríos de la temperatura de la superficie del mar en casi toda la región de nuestro interés, después del período caliente de 1957 hasta principios de 1959. Esto ha tenido marcados efectos en la distribución de los peces y del esfuerzo de pesca, siendo responsable, por lo menos en parte, del aumento del promedio de la abundancia aparente del atún aleta amarilla y de la disminución del promedio de la abundancia aparente del barrilete.

El personal científico de la Comisión colecciona en forma ininterrumpida los registros totales de los desembarques de las especies de atún en todo el Pacífico Oriental y también colecciona otros registros de las operaciones de pesca y de los resultados obtenidos en toda la región por un buen número de barcos de las flotas atuneras. De estos registros se derivan las estimaciones sobre el volumen del esfuerzo de pesca, la abundancia aparente y la producción de cada una de las especies de atún, lo que sirve de base para estimar las condiciones actuales de los stocks de peces con respecto a la condición correspondiente al promedio máximo de rendimiento sostenible. Estos datos, junto con los datos oceanográficos, son también de utilidad para determinar los cambios en la distribución de los stocks y para estudiar los cambios en su abundancia aparente independientes de la pesquería.

El tamaño de las flotas pesqueras, la eficiencia relativa de los diferentes sistemas de pesca y los diferentes tamaños de las embarcaciones, lo mismo que los cambios en los métodos de operaciones, se mantienen también bajo un estudio continuo como base para vigilar los cambios en el esfuerzo de pesca a los que están sujetas las poblaciones de atún y de peces de carnada, así como para predecir las tendencias probables a corto término. Durante 1960, la conversión de los barcos de carnada de extenso radio de acción al sistema de pesca con redes se hizo en forma acelerada y los barcos rederos llegaron a ser el elemento dominante de la flota, por lo menos con respecto a la pesca de atún aleta amarilla. Históricamente, los barcos rederos han tenido un gran éxito en la captura del atún aleta amarilla y resultados mucho menores en la captura del barrilete, excepto en la región frente a la parte norte de Sudamérica. Consecuentemente, la conversión de buena parte de la flota de los Estados Unidos al sistema de pesca con redes ha aumentado la intensidad de la pesquería del atún aleta amarilla, pero ha disminuido la del barrilete. Los desembarques de atún aleta amarilla durante 1960 han alcanzado en todo momento un alto porcentaje y la intensidad de la pesca parece encontrarse no muy por debajo del nivel correspondiente al promedio máximo de rendimiento sostenible, según puede juzgarse por un modelo matemático basado en los datos sobre estadísticas de pesca solamente y también por un modelo que emplea los parámetros de la edad, crecimiento y mortalidad estimados para esta especie.

El barrilete, por el contrario, aparentemente se pesca con menos intensidad que antes. Esta especie no ha sido nunca pescada tan intensamente como para producir efectos en la abundancia de los stocks, efectos que se pueden medir por la presencia de cambios en la aparente abundancia debidos a otros factores independientes de la pesquería.

Se han realizado otros estudios para determinar los efectos de los cambios en el clima del océano sobre la abundancia aparente de los atunes aleta amarilla y barrilete. Parece que durante los años de calor el éxito de la pesca aumenta en los extremos de la zona de los atunes tropicales y tiende a ser menor en la parte central, frente a Centroamérica. Los efectos de las variaciones en el clima del océano son más marcados frente al Perú y en la región al norte de Chile. Durante los años de calor, el resultado promedio de la pesca de atún aleta amarilla en todas las áreas combinadas tiende a ser menor que durante los años fríos. Hay alguna evidencia de que en el caso del barrilete sucede lo contrario.

Con la conversión de muchos barcos al sistema de pesca con redes, la pesca de especies de carnada ha disminuído muy acentuadamente en los dos últimos años. Al cesar frente al norte del Perú las condiciones del agua cálida y el consecuente cambio del esfuerzo de pesca hacia el norte, la captura de la anchoa sureña para su empleo como carnada ha descendido abruptamente. (La pesquería de carnada para el atún, con relación a la especie mencionada es, por supuesto, insignificante en comparación con la pesca para la reducción a harina y aceite de pescado, que se considera ha alcanzado alrededor de 3,000,000 de toneladas durante 1960). La anchoveta tropical ha recobrado el lugar preponderante que tenía como la especie de mayor importancia para la captura del atún.

Se continuaron las investigaciones sobre las variaciones estacionales y anuales del grado al que los barcos de carnada son capaces de concentrar con buen éxito sus esfuerzos en las áreas de mayor abundancia de atún. Se ha encontrado que el "índice de concentración" medio anual, que determina el grado de concentración del esfuerzo en las áreas de mayor rendimiento, varía poco de un año a otro, lo que es una razón por la cual se considera que la serie de datos sobre las estimaciones de la abundancia aparente correspondiente a los barcos de carnada es de utilidad para estimar las tendencias en la abundancia real de las poblaciones de atún. Con la creciente importancia que ha tomado la pesca con redes, estudios similares sobre este sistema de captura serán muy importantes y ya han sido comenzados.

Se ha dado alta prioridad a la estimación de las estadísticas vitales (edad, tasa de crecimiento, tasas de mortalidad y variaciones en la fuerza de las clases anuales) del atún aleta amarilla, porque se requieren para el empleo de modelos analíticos para el estudio de la dinámica de esta especie, la cual, como se dijo anteriormente, puede requerir medidas de conservación en un futuro próximo; esto ha sido alcanzado mediante el estudio de los datos sobre la composición de tamaños, junto con los datos sobre la abundancia aparente, en una serie de años. Los parámetros del crecimiento han sido estimados y se ha encontrado que son similares en todas las áreas de pesca. De igual modo, las tasas de mortalidad no denotan diferencias significativas entre las áreas durante el período estudiado (1954-1959); la mejor estimación del coeficiente de la mortalidad total es 1.72, con 1.59 a 1.85 de 95 por ciento de límites de confianza. Las variaciones en la fuerza de las clases anuales han sido estimadas también y se ha encontrado que son relativamente pequeñas.

Se han comenzado estudios de la misma índole con respecto al barrilete, pero se les ha dado una prioridad menor, porque el conocimiento sobre la dinámica del atún aleta amarilla reclama mayor urgencia ya que el barrilete permanece ciertamente mucho menos explotado.

Los parámetros del crecimiento y la mortalidad estimados en cuanto al atún aleta amarilla han sido empleados en el estudio de las variaciones del rendimiento por recluta en relación con los cambios en el esfuerzo de pesca y con el tamaño mínimo a la primera captura. Hay indicación que, a los niveles actuales del esfuerzo de pesca, aumentando el tamaño mínimo a la primera captura se podría ganar un mayor rendimiento total con el mismo número de reclutas del stock susceptible de pesca.

Se está dedicando gran esfuerzo al estudio de las migraciones y estructura de la población de las especies de atún tropical mediante el empleo de técnicas diversas, incluyendo estudios de la composición de tamaños en las áreas adyacentes, marcación y recobro de especímenes de tamaños comerciales y estudios genéticos mediante la clasificación de los tipos de sangre. Sin embargo, este es un problema complejo y el progreso es lento.

Los estudios sobre la composición de tamaños del atún aleta amarilla han sugerido la posibilidad de que haya por lo menos una separación parcial de los stocks en las vecindades de los 15° N. de latitud, ya que se observan características muy diferentes en la composición de tamaños de las muestras obtenidas en áreas al norte y al sur de esa latitud, aún cuando es evidente algún grado de mezcla. La población frente a Centroamérica puede ser también por lo menos parcialmente diferente de la que se encuentra frente a la parte norte de América del Sur.

Los resultados de la marcación tienden a confirmar la hipótesis de que el atún aleta amarilla emigra extensamente entre las diferentes áreas al norte de los 15° N., siendo el movimiento estacional, en parte por lo menos; también tienden a confirmar la idea de que los peces de frente a Centroamérica generalmente no se mueven en grandes números al norte de las cercanías del Golfo de Tehuantepec y, recíprocamente, los peces de las regiones del norte no emigran en gran número hacia las áreas de América Central. Sin embargo, parece existir una zona de entremezcla bastante amplia en la región del Golfo de Tehuantepec.

Todavía no se sabe si los atunes aleta amarilla de varias regiones se cruzan extensivamente. Se espera que los estudios recientemente iniciados sobre la genética de estos peces por medio de la clasificación de los tipos de sangre con fitohemaglutinantes proporcionen una base para la elucidación de este importante asunto.

Los datos de la marcación y recobro de atunes hasta 1959, siendo suficientemente numerosos para un estudio detallado, fueron analizados cuidadosamente durante el año y los resultados se incorporaron a un borrador de un informe para su publicación. Algunos de los resultados más importantes de este estudio son los siguientes: indicación de que la tasa de recobros está en relación inversa con la temperatura del agua al momento de la marcación; sugiere que ésto se debe a una mayor mortalidad producida por la marcación asociada con una deficiencia de oxígeno causada por hiperactividad. Esto será estudiado por medio de experimentos fisiológicos durante 1961. La mortalidad inicial debida a la marcación es alta en todo momento y puede alcanzar un promedio tan elevado como 70 u 80 por ciento. Tanto el atún aleta amarilla como el barrilete se dispersan del punto de marcación más rápidamente cerca del centro de la región de la pesca que cerca de los extremos. El crecimiento de los atunes marcados fué menor que el inferido por medio de otros métodos para peces no marcados. (Esto no es extraordinario, ya que se ha observado también en otras especies de peces). Las tasas de la mortalidad total estimadas por medio de las tasas de disminución de peces marcados fueron mayores que las tasas estimadas por las curvas de pesca; lo más probable es que la diferencia se deba a la pérdida de marcas. El estudio detallado de los movimientos netos de los especímenes recobrados en diferentes estaciones del año también dió una luz sobre algunas de las pautas migratorias estacionales de los atunes aleta amarilla y barrilete, particularmente cerca de los extremos norte y sur del radio de acción de estos peces.

En un laboratorio serológico instalado provisionalmente en Máncora, Perú, durante el mes de mayo de 1960, uno de los miembros de nuestro personal científico y el Dr. C. W. Cotterman, Profesor de Genética Médica en la Universidad de Wisconsin, realizaron estudios sobre el uso de fitohemaglutinantes para la clasificación de los tipos de sangre de los atunes. Se llegó a la conclusión de que hay un grupo de sangre, y probablemente dos, en el barrilete, y hubo indicaciones de la presencia de dos o más grupos en el atún aleta amarilla. Sobre la base de este trabajo se ha planeado para 1961 una extensiva clasificación

de atunes por el tipo de sangre, a bordo de barcos pesqueros, para contribuir al conocimiento de la estructura de su población.

La recolección de material para el estudio de los hábitos alimentarios mediante el análisis del contenido estomacal de los atunes tropicales, en diferentes áreas y épocas del año, se terminó en junio de 1960, habiéndose examinado 3,763 atunes aleta amarilla y 2,317 barriletes. Los datos están en proceso de estudio y análisis para su publicación.

Otros especímenes fueron recogidos, incidentalmente con otro trabajo, para realizar estudios sobre la fecundidad de los atunes aleta amarilla y barrilete.

También se recolectaron especímenes de larvas de atún durante el año en el curso de expediciones oceanográficas. Las recolecciones mensuales frente a Cabo Blanco, Costa Rica, fueron terminadas en octubre de 1960, después de dos años; se observó que el período del máximo desove del atún aleta amarilla fué entre febrero y abril. Un informe completo de la distribución geográfica y estacional de las larvas y juveniles de atunes está en preparación para ser publicado.

Durante el año se continuó la investigación sobre la oceanografía física, química y biológica, en cooperación con otras entidades. Este programa fué afectado con la pérdida del distinguido oceanógrafo Sr. Martin Pollak, el 5 de junio de 1960, cuya muerte prematura fué muy sentida. A pesar de la desaparición del Sr. Pollak, se ha progresado bastante tanto por el análisis de los datos que la Comisión disponía como por la realización de un importante crucero en aguas frente a Sudamérica.

Miembros de nuestro personal científico, en compañía de expertos de la Institución Scripps de Oceanografía, realizaron entre el 15 de septiembre y el 14 de diciembre una expedición conjunta para estudiar la región oceánica, relativamente desconocida, frente a la América del Sur, entre el ecuador y los 24° S. de latitud. Se hicieron estudios del límite norte de la Corriente del Perú y de la Subcorriente Peruana. Se ocuparon diversas líneas de estaciones oceanográficas, en una extensión de 1000 km. mar afuera, así como una línea de estaciones desde los 24° S. hasta los 10° N., a lo largo de la longitud de los 95° W. Las observaciones en las estaciones indicadas incluyeron no solamente las determinaciones usuales de las propiedades químicas y físicas a diversas profundidades, sino también estudios del fitoplancton, zooplancton, reservas de necton, tasas de la fotosíntesis, penetración de la luz y de las concentraciones de nitrato, nitrito y fosfato. Se hicieron frecuentes lanzamientos batitermográficos entre estaciones, lo mismo que de-

terminaciones de las reservas de fitoplancton (clorofila "a") y de la tasa fotosintética (mediante la técnica del C^{14}). En muchas estaciones se hicieron arrastres horizontales con redes que se abren y cierran, a fin de obtener material para el estudio de los organismos indicadores, así como para dar información sobre la distribución vertical de las reservas del zooplancton en relación con otros parámetros. Se espera que los datos obtenidos en esta expedición, una vez analizados en detalle, darán un enorme avance en el conocimiento de esta región de la que poco se sabía en los aspectos de nuestro interés y proporcionarán una base mejor para la comprensión de la ecología de los atunes y de otros peces que se encuentran en dicha región.

Los datos del crucero al Domo de Costa Rica fueron procesados y se publicó un informe sobre los mismos. El análisis de los datos físicos y químicos de este crucero recibió especial atención y ha conducido a una mejor comprensión de los fenómenos de la circulación en esta parte del océano. Los cálculos del volumen transportado indican que el Domo es un gran remolino ("eddy") de movimiento contrario al de las agujas del reloj, en el que el flujo a través de cualquier sección radial es más o menos $22 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}$, que equivale a alrededor de un cuarto del flujo de la Corriente del Golfo. Además, alrededor de $15 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}$ se agregan al Domo en el sur, separándose de él en el noroeste.

Durante el año se terminó y publicó un estudio sobre los datos del "Island Current Survey" de 1957. Se han estudiado también los datos complementarios sobre las propiedades físicas y químicas tomados cerca de la Isla del Coco en el otoño de 1959. Sobre la base de éstos y de otros datos se ha desarrollado una teoría cualitativa sobre los efectos que producen las islas en la circulación oceánica.

La descripción de la circulación general subsuperficial del Pacífico Oriental Tropical, basada principalmente en los datos de la Expedición "Eastropic", está a punto de ser terminada; los resultados serán publicados en un atlas que contendrá unos 63 mapas incluyendo los mencionados en el informe del año pasado y, además, representativos de las concentraciones de fosfato inorgánico en superficies isentrópicas, un mapa del porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en la superficie del mar y otro con las mediciones de la corriente de superficie realizadas por medio del GEK.

Además, se ha hecho una investigación sobre la relación entre el oxígeno y el fosfato en el Pacífico Oriental. Se ha logrado progresar en la reducción de los datos batitermográficos pa-

ra la confección de mapas de la topografía de la termoclina en cada estación y posiblemente del gradiente de la temperatura en la termoclina, para el área que se extiende desde el ecuador hasta los 25° S., hacia los 120° W. en el oeste, para complementar los mapas correspondientes al norte del ecuador previamente preparados y publicados por Townsend Cromwell.

Una investigación de la influencia del agua de la Corriente de Cromwell, que fluye hacia el este a lo largo del ecuador debajo de la corriente superficial que corre hacia el oeste, sobre la distribución de las propiedades en el Océano Pacífico Oriental Tropical nos ha permitido determinar estas aguas por su contenido de oxígeno y fósforo. Los cálculos concurrentes del flujo geostrofico concuerdan con esto y nos han señalado el camino para una nueva información y para una teoría respecto a la naturaleza de las regiones limítrofes entre las Corrientes Ecuatoriales y la Contracorriente Ecuatorial, en donde se forma una serie de remolinos que rotan en sentido contrario, localizados asimétricamente. Este asunto será estudiado más detalladamente en 1961.

El Profesor J. Bjerknes, Catedrático de Meteorología de la Universidad de California, Los Angeles, ha terminado un estudio patrocinado por esta Comisión sobre los fenómenos meteorológicos relacionados con la aparición de "El Niño" frente a la parte norte de Sudamérica y ha hecho una descripción de los mecanismos que producen este fenómeno. Se propone continuar su labor para ampliar los estudios y determinar los efectos de los eventos meteorológicos en la circulación oceánica lo que realizará durante 1961.

Se han logrado prometedores resultados con el estudio de los Quetognatos como indicadores de masas de agua. Este estudio se ha hecho sobre la base de los datos del Crucero al Domo de Costa Rica y de un crucero del "Tuna Oceanography Project" de Scripps. Actualmente se realiza una investigación adicional en este asunto con el material recolectado por el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú y con el de la Expedición "STEP-I"; esta investigación será continuada durante 1961.

El Laboratorio Biológico del U.S. Bureau of Commercial Fisheries instalado en San Diego prepara mensualmente mapas sinópticos de la temperatura de la superficie del mar de todo el Pacífico Este. Nuestro personal ha proporcionado algunos datos para la confección de estos mapas los cuales son de gran utilidad porque nos ponen en condiciones de vigilar los cambios en el clima del océano y prever así los cambios en la dis-

tribución y en el éxito de las operaciones de la pesca de atún con respecto a las anomalías de la temperatura. Sin embargo, todavía hay desafortunadamente una laguna en estos mapas al sur del Ecuador, que se espera será eliminada en un futuro próximo. Al presente, las temperaturas del mar están debajo del promedio en gran parte del Pacífico Oriental; si esta tendencia continúa, como se espera, la pesca seguirá escasa frente al Perú durante los primeros meses de 1961, pero frente a la América Central deberá ser mucho mejor que la de los tres últimos años.

Aunque los barcos de carnada de la flota de los Estados Unidos son ahora mucho menos que anteriormente, constituyen todavía un elemento importante. El número de barcos de carnada que salen a pescar desde puertos latinoamericanos ha aumentado en años recientes. La investigación científica sobre la biología, ecología e historia natural de las especies de carnada, consecuentemente, es una continua e importante fase del programa, a pesar de que, no siendo tan inminentemente necesaria como algunos otros aspectos de los estudios de la Comisión, se le está dando menos énfasis que anteriormente. Durante 1960 la mayoría de los estudios fueron sobre la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), aunque se efectuaron algunos estudios del arenque de hebra (*Opisthonema*) y de una anchoa pequeña (*Anchoa naso*) que se usa como carnada en Manta, Ecuador.

El estudio de las recolecciones de arenque de hebra del Golfo de Panamá y del Golfo de Nicoya para elucidar su historia natural fué comenzado durante el año, pero a la mitad de este estudio se descubrió que el material con el que se trabajaba no era de una sola especie sino de tres, distinguibles por el número de branquispinas y por otras características morfológicas. El examen de recolecciones de otras localidades entre México y Panamá revela que las tres especies tienen localizaciones geográficas similares. Consecuentemente, será necesario separar las recolecciones por especies y examinar de nuevo el material correspondiente a cada especie separadamente.

Durante el año se comenzó un estudio sobre la fecundidad de las anchovetas del Golfo de Panamá y deberá quedar terminado en 1961. El examen preliminar indica que la relación longitud-fecundidad puede ser casi lineal; las hembras de 115 mm. de longitud tienen alrededor de 15,000 huevos y las de 150 mm. unos 50,000.

El estudio de las escamas de la anchoveta de Panamá indica que el método no es útil para la determinación de la

edad. Las escamas de las anchovetas de Guaymas, México, son algo más prometedoras pero las recolecciones son inadecuadas para una determinación concluyente. El trabajo en esta línea está suspendido.

Han sido infructuosos los intentos para identificar mediante el empleo de técnicas morfométricas las larvas y juveniles de anchovetas entre los muchos otros tipos de larvas de anchoas con un tamaño inferior a 25 mm. aproximadamente del Golfo de Panamá, por lo que se ha procedido a suspenderlo. Se está considerando la posibilidad de usar métodos serológicos en el futuro, pero esta línea de trabajo se mantendrá en suspenso, por lo menos durante los próximos meses.

Las actividades en nuestro laboratorio de Panamá fueron dedicadas casi por completo a la marcación de anchovetas. Los experimentos adicionales en viveros para desarrollar los métodos de marcación más efectivos fueron terminados en mayo y junio, y entre junio a septiembre se realizó un programa de marcación a gran escala. Se devolvió al agua un total de 53,380 peces marcados, como sigue: 15,370 cerca de la Isla Verde (incluyendo el área de Punta Chame a Vique), 11,721 cerca de Panamá Viejo, 2,192 cerca de Río Pacora, 10,882 cerca de la Isla Chepillo, 6,629 cerca de Punta Mangle y 6,586 en la Bahía de San Miguel. Las marcas fueron recobradas por medio de magnetos instalados en las dos plantas de reducción de Caimito e Isla Taboga, plantas que están mantenidas por una pesquería que opera casi exclusivamente en el área de la Isla Verde. Hasta diciembre de 1960 se habían recobrado 622 especímenes; de éstos, 618 fueron marcados y recobrados cerca de la Isla Verde, dos fueron marcados y recogidos cerca de Panamá Viejo y uno marcado cerca de la Isla Chepillo se recobró cerca de la Isla Verde. De estos datos es evidente que, por lo menos durante el período en que estos peces marcados estuvieron en libertad, hay poco movimiento migratorio entre áreas en el Golfo de Panamá. Esto, por supuesto, no impide la posibilidad de una considerable entremezcla durante otros estados de desarrollo, en otras épocas del año, lo que será objeto de investigación tanto por medio de futuros recobros de los peces marcados y devueltos al agua como por medio de una nueva marcación el próximo año.

En escala limitada se continuó el estudio de los hábitos alimentarios de las anchovetas en el Golfo de Panamá. Se ha encontrado que los peces juveniles en estado pelágico, hasta una longitud de unos 90 mm., consumen en su mayoría diátomos junto con unos pocos crustáceos pequeños. Los peces más grandes, cuando alcanzan el estado en que viven sumergidos,

filtran diátomos, dinoflagelados y foraminíferos de los bajos fangosos. Los estómagos contienen muchos detritus orgánicos.

Se continuó el análisis de los datos meteorológicos, hidrográficos y biológicos para estudiar la productividad básica del Golfo de Panamá y sus variaciones asociadas con las variaciones meteorológicas. Se espera completar pronto este estudio para su publicación.

En el Golfo de Nicoya se continuó el trabajo de vigilancia de la muy pequeña población de anchovetas allí existente, de recoger material que permita el estudio de la biología y ecología del arenque de hebra y de ampliar el conocimiento sobre la hidrografía del Golfo.

Se continuaron estudios limitados sobre la composición de tamaños y épocas de desove de los stocks de *Anchoa naso* cerca de Manta, Ecuador, para lo que sirvieron de base las recolecciones de especímenes hechas allí por nuestro personal, el que se encuentra dedicado principalmente a la marcación de atún desde aquel puerto. Se hicieron también algunas recolecciones de *C. mysticetus* en el Golfo de Guayaquil.

Se ha planeado la iniciación de una investigación científica sobre la ecología del Golfo de Guayaquil y áreas del mar adyacentes, en cooperación con el personal del Instituto Ecuatoriano de Pesquerías. Sin embargo, la investigación no será comenzada hasta que el Instituto esté establecido, lo que no había ocurrido hasta fines del año.

Un informe más detallado sobre los estudios efectuados durante 1960, por el Director de Investigaciones, se incluye al presente informe como Apéndice A.

Publicación de los resultados de las investigaciones

La publicación de los resultados de las investigaciones es uno de los más importantes elementos del programa científico de trabajo. Es por este medio que la Comisión, otros científicos, los Gobiernos Miembros y el público en general son informados de los nuevos conocimientos y avances logrados. La publicación de los datos básicos, métodos de análisis y conclusiones que de ellos se obtiene también ofrece la oportunidad para el examen crítico de otros investigadores y esto asegura la firmeza de las conclusiones alcanzadas por nuestro personal, así como el aumento del interés de otros científicos en nuestros problemas.

La Comisión publica en una serie de *Boletines* los resultados de las investigaciones de su personal y de otros científi-

cos que con éste cooperan. Durante 1960 se imprimieron cinco *Boletines* de esta serie y quedaron listos varios otros trabajos para darlos a la publicidad a principios del próximo año. Los trabajos publicados durante 1960, todos en inglés y español, son los siguientes:

Boletín, Volumen 4, Número 3 - "Un estudio sobre la densidad de la población y concentración del esfuerzo de pesca en la pesquería del atún aleta amarilla, *Neothunnus macropterus*, en el Océano Pacífico Oriental Tropical, de 1951 a 1956", por Raymond C. Griffiths.

Boletín, Volumen 4, Número 4 - "La oceanografía física del Golfo de Nicoya, Costa Rica, un estuario tropical", por Clifford L. Peterson.

Boletín, Volumen 4, Número 5 - "Estudios de oceanografía física, química y biológica en la vecindad de las Islas Revillagigedo durante la "Island Current Survey" de 1957", por Edward B. Bennett y Milner B. Schaefer.

Boletín, Volumen 4, Número 6 - "Distribución del esfuerzo de la pesca de atún en el Pacífico Oriental Tropical y las capturas resultantes, por trimestres del año, de 1951 a 1958", por Franklin G. Alverson.

Boletín, Volumen 4, Número 7 - "Relaciones de especies y tamaños dentro de los cardúmenes de atún aleta amarilla y barrilete, según lo indican las pescas en el Océano Pacífico Oriental Tropical", por Gordon C. Broadhead y Craig J. Orange.

Además de los *Boletines* antes mencionados, ocho trabajos preparados por miembros del personal científico de la Comisión fueron publicados en otras revistas científicas durante 1960, a saber:

37. Chatwin, B. M. and C. J. Orange
1960 - Recovery of tagged bluefin tuna (*Thunnus saliens*).
Calif. Fish and Game, Vol. 46, No. 1, pp. 107-109.
38. Schaefer, M. B.
1960 - Status of the fishery for tunas of tropical waters of the Eastern Pacific.
U. S. Bur. Comm. Fish., Circular 65, pp. 37-40.
39. Klawe, W. L.
1960 - Larval tunas from the Florida Current.
Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean, Vol. 10, No. 2, pp. 227-233.

40. Schaefer, M. B.
1960 - New research required in support of radioactive waste disposal.
In Disposal of Radioactive Wastes, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1960, pp. 265-282.
41. Kinnear, J. E.
1960 - The minimum dosage of thiourea effectively inhibiting thyroxine synthesis in the flounder (*Platichthys stellatus*).
Can. Jour. Zool., Vol. 38 (1960), pp. 917-922.
42. Pollak, M. J.
1960 - Wind set-up and shear-stress coefficient in Chesapeake Bay.
Jour. Geophys. Res., Vol. 65, No. 10, pp. 3383-3389.
43. Schaefer, M. B.
1960 - Marine Resources.
McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, Vol. 8, pp. 130-132.
44. Schaefer, M. B.
1960 - Marine Fisheries.
McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, Vol. 8, pp. 112-116.

Comités de la Academia Nacional de Ciencias - Consejo Nacional de Investigaciones

Durante el año, el Dr. Schaefer continuó sirviendo en dos Comités de la Academia Nacional de Ciencias - Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos.

El Comité de Oceanografía se reunió varias veces en el curso de 1960 y terminó y publicó los capítulos restantes de su amplio informe "Oceanography 1960-1970". Este Comité ha asesorado a los Comités del Congreso y a varias oficinas de la rama ejecutiva, cuando el asesoramiento ha sido solicitado, en relación con diversos aspectos nacionales e internacionales de las ciencias marinas. El Comité actúa también en su condición de Comité Nacional del "Special Committee on Oceanographic Research of the International Council of Scientific Unions". El Dr. Schaefer presta sus servicios como Representante de la Academia en el Consejo Asesor del "National Oceanographic Data Center" recientemente establecido para satisfacer las necesidades de los grupos gubernamentales de investigación, instituciones privadas y científicos particulares, incluyendo a cien-

tíficos extranjeros, en la compilación, catalogación y proceso de datos oceanográficos de diferentes clases, no clasificados.

El Comité de "Biological Effects of Atomic Radiations in Oceanography and Fisheries" se reunió dos veces durante el año para considerar el informe de un grupo sobre la disposición de los residuos atómicos de bajo nivel frente a la costa occidental de los Estados Unidos y para considerar los problemas conectados con el uso de la fuerza atómica como fuente de energía en varios aparatos atmosféricos y oceanográficos.

Cambio de Delegados

El 22 de abril de 1960, los Estados Unidos de América designaron al Dr. J. Laurence McHugh, Jefe de la División de Investigaciones Biológicas del Bureau of Commercial Fisheries, como miembro de la Sección de este país en la Comisión para suceder al Sr. Arnie J. Suomela, quien había renunciado en aquella fecha obligado por la atención de otras obligaciones.

Reunión Anual

La Comisión efectuó su reunión ordinaria anual, en San José, Costa Rica, durante los días 23 y 24 de febrero de 1960. Se tomaron las siguientes resoluciones:

- 1) Se aprobó para su publicación el Informe Anual correspondiente al año 1959.
- 2) Se examinó el progreso de las investigaciones y se discutió y aprobó el programa de trabajo para el año fiscal 1960-1961.
- 3) Se consideró el proyecto del programa de investigaciones para el año fiscal 1961-1962, así como el presupuesto necesario para darle cumplimiento. Se recomendó a los Gobiernos Miembros un programa de investigaciones para el referido año fiscal con un presupuesto hasta por la suma de \$384,915.00. (Posteriormente durante el año, dicho presupuesto fué revisado por medio de intercambio de correspondencia habiendo sido aumentado a la suma de \$412,762.00, lo que fué necesario para cubrir el alza de sueldos a los empleados del Servicio Civil de los Estados Unidos, en el que se basa la escala de sueldos de la Comisión para los empleados ciudadanos o residentes de los Estados Unidos de América).

- 4) Sobre la base de las estadísticas más recientes de la utilización de atún tropical por parte de los países miembros, se estableció la proporción en la que éstos deberán contribuir para los gastos conjuntos de la Comisión durante el año fiscal 1961-1962, a saber: Estados Unidos de América, 99.6 por ciento; Costa Rica, 0.4 por ciento; Panamá, la contribución mínima de \$500.00.
- 5) Se autorizó al Director de Investigaciones para arreglar una investigación conjunta con los Directores del Instituto de Pesquerías en el Ecuador y del Instituto de Recursos Marinos en el Perú sobre problemas de interés mutuo.
- 6) Se autorizó al Director de Investigaciones para que asista a la Segunda Conferencia Internacional sobre Derecho del Mar en Ginebra, Suiza, el 16 de marzo de 1960, en calidad de observador de la Comisión.
- 7) Se adoptó una resolución a fin de instar a los Gobiernos Miembros y a los Gobiernos de otros países colindantes con el Océano Pacífico Oriental Tropical representados en la Reunión por observadores para que solicitaran al Gobierno del Japón tome medidas para mantener registros completos de las operaciones de pesca y de la producción de atún de sus barcos pesqueros que operan en la zona tropical del Océano Pacífico Oriental y ponerlos a la disposición de la Comisión Interamericana del Atún Tropical para sus continuos estudios sobre las poblaciones de atún en esta región.
- 8) El Sr. Lic. José Luis Cardona Cooper, de la República de Costa Rica, fué elegido Presidente de la Comisión durante el siguiente período anual, y el Sr. Arnie J. Suomela, de los Estados Unidos de América, fué elegido Secretario por el mismo período.
- 9) Se acordó celebrar la próxima reunión anual el 23 de febrero de 1961 en la Ciudad de Panamá, República de Panamá, a menos que otra nación o naciones se adhieran a la Convención durante el año calendario de 1960, en cuyo caso la reunión se efectuaría en el lugar más conveniente del primer país que entrase a formar parte de dicha Convención, si la respectiva nación deseara que la reunión se celebre allí.

Durante 1960, las flotas pesqueras de atún han continuado disminuyendo debido a pérdida de barcos y a pocas construcciones compensatorias, lo mismo que al hecho de que unas pocas embarcaciones se dedicaron a otras pesquerías. Ha habido unos pocos cambios de barcos de los Estados Unidos a bases de Latinoamérica y también ha habido algún aumento en la flota de unidades pequeñas en algunos de los países latinoamericanos. Sin embargo, a pesar de la merma general experimentada en las flotas pesqueras, con la conversión de los barcos de carnada a rederos ha aumentado la intensidad de la pesca de atún aleta amarilla, en tanto que ha decrecido la pesca de barrilete. Con la flota en estas condiciones y admitiendo que el atún aleta amarilla sigue tan vulnerable al sistema de pesca con redes como durante los dos últimos años, es posible que se desarrolle un esfuerzo de pesca lo suficientemente intenso como para sobrepasar el nivel que se ha estimado corresponde al rendimiento máximo sostenible de esta especie. No obstante, hay una posibilidad razonable de que la pesquería se estabilice cerca del nivel del máximo rendimiento. La situación requiere una observación cuidadosa porque recomendaciones sobre medidas de conservación pueden necesitarse en un futuro relativamente cercano.

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

José Luis Cardona Cooper,
Presidente
Virgilio Aguiluz
Victor Nigro
Fernando Flores
Juan L. Obarrio

Gabriel Galindo
Richard Eisenmann
Lee F. Payne
Eugene D. Bennett
Robert L. Jones
J. Laurence McHugh, Secretario

APPENDIX A
REPORT ON THE INVESTIGATIONS OF THE
INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION
FOR THE YEAR 1960

by

Milner B. Schaefer, Director of Investigations

The research program of the Inter-American Tropical Tuna Commission is carried out by an independent, internationally recruited scientific staff, employed directly by the Commission. It conducts investigations along several lines, all part of a comprehensive program directed toward the objectives of the Convention, that is to gather and interpret the factual information needed to facilitate maintaining the stocks of tunas and tuna baitfishes at levels which will permit maximum sustainable harvests, year after year, and to provide the scientific basis for the Commission to make recommendations to the Member Governments for joint action properly to manage the fisheries to that end. It is necessary for these purposes to obtain a comprehensive understanding of the population structure, biology, ecology, life history, and population dynamics of the tropical tunas and of the principal baitfish species, and, in particular, to obtain adequate knowledge of the effects of fishing and of fishery-independent factors on their abundance, vital statistics, and the harvests which they can sustain. The headquarters of the staff are located at the Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California. Laboratories are also maintained at San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; and at the University of Panama in Panama City, R. P. Field stations are also being operated in Peru and Ecuador on a temporary basis for specific projects. Research at the various laboratories is coordinated with related work of other governmental, international, and university research groups studying the oceanography and marine resources of the Eastern Pacific Ocean, and liaison is maintained with researchers working on similar problems elsewhere in the world. During 1960, the various researches of the Commission have progressed on a fairly adequate basis, despite some undesirable austerity due to a considerable rise in personnel and operating costs without compensatory increase in funds made available.

There follows a brief description of the research activities during the year, prepared with the collaboration of the members of the scientific staff:

1. Compilation of statistics of total catch, amount and success of fishing, and abundance of the fish populations.

A continuing task of vital importance is the collection, compilation, and analysis of complete records of total catch of each tropical tuna species in the Eastern Pacific Ocean, by vessels of all nations fishing there, and of detailed information on catch and effort, by time and area strata, from logbook records, and related information, for a very large share of the fishing fleets. These data enable the staff to measure the amount of fishing, and resulting catches, both of tunas and bait-fishes, by species, geographical areas and seasons of each year. This information is basic for assessing the effects of fishing on the fish populations, and for keeping the Commission and the Member Governments informed as to the current condition of the populations, and the amount of fishing effort, in relation to the condition corresponding to maximum average sustainable yield. Information on changes in apparent abundance by area and season, together with information on changes in the environment in space and time, is also important for understanding fishery-independent changes in abundance, availability, and yield due to ecological variations.

Statistics of total catch of tunas

Methods of collection and compilation of statistics of total tuna landings have been described in detail in previous reports. Such data are obtained not only from member countries, but from all countries whose vessels fish in the Eastern Tropical Pacific Ocean. The resulting data are essentially complete, although we do not obtain some records of small quantities of tuna consumed locally in some Latin-American nations.

We are very pleased to be able to report that the Government of Japan has recently provided data on the catches of Japanese flag vessels not only in our area of interest but in adjacent areas to the westward, for years through 1959, and has advised us that such data will be furnished regularly in the future. From these data it appears that, as we expected, catches by Japanese vessels from the fishing areas of concern to us have, so far, been quite small, so small as to have had no effect on our previous analyses. They will, however, be included in our future tabulations and in revised tabulations for past years. They are not included in the tables presented below, because they have been furnished to us in number of fish and we have yet to obtain accurate average-weight-of-fish data to convert them to weight.

**Table 1. Catch of Yellowfin and Skipjack Tuna from the Eastern Pacific Ocean,
1940-1960**

in millions of pounds.

Year	Landed in or transshipped frozen to United States*				Total Catch, Eastern Pacific				
	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	% Yellowfin
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	....	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	....	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	....	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54
1957	152.5	126.9	....	279.4	161.9	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	....	300.2	149.9	164.9	0.4	315.2	48
1959	131.3	165.0	....	296.3	144.8	177.6	....	322.4	45
1960	225.7	92.6	....	318.3	(1)				71

* Including Puerto Rico
(1) Not yet complete

In Table 1 are shown, for the years since 1940, the amounts of each tropical tuna species landed in, or transshipped frozen to, the United States, and the total landings, from all sources, of these species taken from the Eastern Pacific. For 1960, only the former data are complete (although preliminary) at this time, but we have seen that in recent years they have been a good index to the total landings, representing over 90 per cent thereof.

During 1960, there has been a very substantial increase in catch of yellowfin tuna. The total will certainly exceed that of the previous record year, 1950, when 224.8 million pounds were harvested. We estimate that the total 1960 landings will be about 233 million pounds. This greatly increased production of yellowfin tuna in 1960 is attributable to two factors: (1) The oceanic temperature regime returned toward colder average values over most of the region, together with the cessation of the "El Niño" phenomena off Peru, which often corresponds to greater average availability of yellowfin tuna. (2) The conversion of more vessels to purse-seine fishing, which resulted in increased fishing effort on yellowfin tuna, both because of the increased efficiency of this type of gear, and the fact that such gear (to date at least) operates relatively more effectively on yellowfin than on skipjack, particularly in the northerly portions of the region, where most purse-seine operations were concentrated during 1960.

Skipjack landings, conversely, decreased very greatly in 1960. This is in part due to a decrease in the apparent abundance (as measured by the catch-per-day's-fishing of baitboats) which fell from a 1959 level well above the long-term average to a 1960 value near the long-term average. This may be due, in part at least, to decreased availability off northern South America, in particular, associated with the oceanographic changes noted above. A major factor, however, is the conversion of a large share of the fleet to seining, which historically has not been very effective in catching skipjack, especially in the more northerly fishing areas, thus effectively curtailing the intensity of fishing on this species.

The shift in species composition of the catch is, thus, attributable in part to oceanographic changes, the beginnings of which were noted at the close of 1959, in accordance with expectations (see 1959 Annual Report, page 42), and in part to a shift of fishing effort from skipjack to yellowfin as a result of the change in fishing methods by a substantial share of the fleet.

Table 2. Percentage, by species, of landings of California based vessels that was caught by clippers.

Year	Yellowfin	Skipjack
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5
1959	49.5	87.8
1960*	23.5	75.0

*Preliminary

The shift in the share of the catch of each species taken by the two types of gear is illustrated in Table 2, in which we show the share of the landings of California-based vessels that was made by baitboats. It will be seen that in 1960 the share of the yellowfin catch made by this type of gear dropped to only 24 per cent, while the decrease in the share of the skipjack catch was much less. This is, of course, the result of the rapid augmentation of the seiner fleet by conversion of baitboats to seiners. By the end of 1960 there were only 48 active baitboats operating from United States bases. The U.S.-based fleet of purse-seine vessels increased during 1960 from 58 to 98.

The continued conversion of baitboats to seiners has been motivated by a marked increase in success of fishing by seiners, for yellowfin tuna, during the past three years. This increase in success of fishing by seiners is due in part to technical improvements in fishing gear and methods. There is reason to believe, however, that some considerable share of the increase has been due to changes in the availability of yellowfin tuna to seiners during this period. The latter factor may not continue indefinitely.

Much effort is being put into the analysis of catch records of baitboats and seiners fishing in the same areas at the same seasons, both further to elucidate the non-technological reasons for recent changes in success of seiner fishing, and to provide a basis for utilizing the seiner data in our primary index of apparent abundance (see below), which is now based on bait-

boat vessels, and which may become less useful if the fleet of baitboats further declines.

Measurement of changes in tuna abundance

The activities of the tuna fleets are monitored by a log-book system. We obtain detailed information on fishing operations and results of nearly all vessels in the fleets operating from U.S. ports (including Puerto Rico). Similar data are also obtained from a number of vessels operating from bases in Mexico, Costa Rica and Peru. We also collect data on the fishing operations of small vessels, operating locally from Ecuador and Peru, but these data have not, so far, been used in computing indices of tuna abundance.

The apparent abundance of each tuna species is estimated, each year, from the catch-per-day's-fishing made, on the average, by this large sample of the fishing fleets. We compute such statistics for both clippers and seiners, but we have routinely employed the clipper series, because that type of vessel has, until this last year, made the greater share of the catch of each species of tropical tuna, fishes at all times of the year, and covers the entire range from Baja California to Chile. Because of lack of rapid technological change for many years, it also provides a more comparable statistical estimator from year to year. During 1960, as noted above, the seiners became the dominant element with respect to yellowfin tuna catches, although the clippers still caught the majority of skipjack. The number of baitboats in the fishery was, however, still sufficiently great, in our opinion, to provide a useful index of apparent abundance, comparable to that of earlier years, so we continue to employ it. It may be necessary to use the seiner series in the future, but we do not yet have an adequate basis for so doing, because of its great variability and the evident changes in seiner efficiency in recent years.

The catch-per-day's-fishing measures the apparent abundance of the tuna in the sea, that is the average abundance as encountered by the clipper fleet. This is affected both by the true abundance and by year-to-year variations in the availability to capture. The latter averages out over a series of years, however, thus the trend in apparent abundance is a useful estimator of the trend in true abundance.

The average catch-per-day's-fishing for yellowfin and skipjack tuna is computed for each of the size-classes of clippers and, by the application of efficiency factors, these are

combined to provide a single estimate of apparent abundance each year. These data are presented in Figure 1 for the years 1951-1960. Through 1959 the efficiency factors were estimated for each year separately. We do not yet have all data available, the individual yearly factors may not be as reliable as an average of several years. We have, therefore, at this time employed, in making preliminary estimates of the standardized average for 1960, the mean efficiency factors for the five years 1955-1959. Some small revision may be needed when all data for 1960 are at hand.

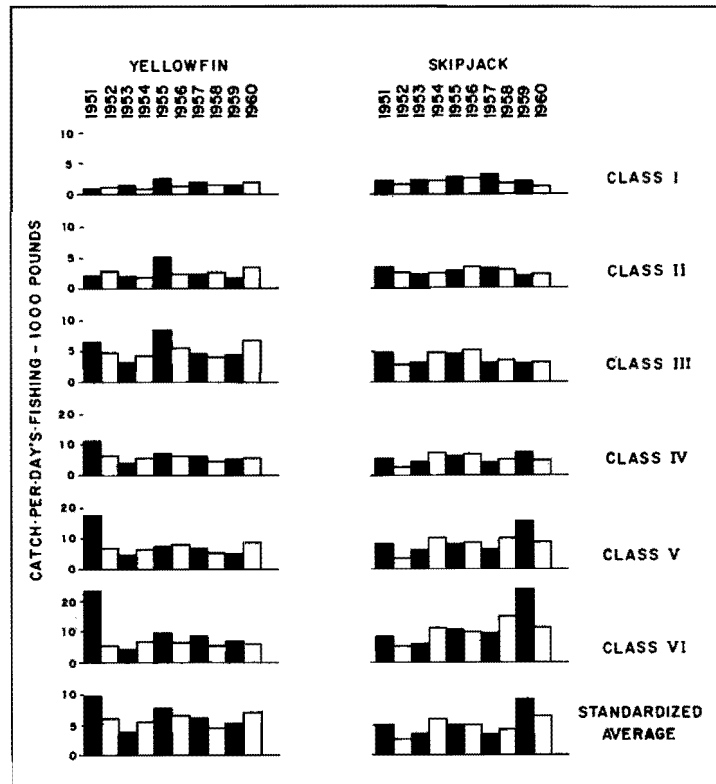


FIGURE 1. Catch-per-day's-fishing, by species and vessel size-class, for clippers, 1951-1960 (Standardization to Class 4).

It may be seen from Figure 1 that, for yellowfin tuna, the catch-per-day's fishing increased substantially from 1959 to 1960 for every size-class, except the largest class containing but a few vessels. The standardized average increased substantially to the highest value since 1955. This is believed to be due to greater availability of this species with the return of the oceanic temperature regime to a more "normal" pattern following the "abnormal" years 1957-1959.

For skipjack, the apparent abundance for the smaller size-classes (classes 1-3) is not markedly different from the previous years, especially for classes 2 and 3. These vessels operate, for the most part, in the region north of 15°N latitude. The larger vessels, which range far south, encountered skipjack in very low abundance compared with the previous years. The standardized average, consequently, decreased from the very high value of the previous years to a level near the long-term average. The very high values for 1959 for the larger vessel size-classes were attributed to the extraordinary abundance of this species off Peru, coinciding with the high water temperatures in that region during much of the year. The marked drop in 1960 coincides with the cooling of those waters. Present indications are that the cool regime is likely to persist through much or all of 1961.

Potential fishing power of the tuna fleets

We have, in past years, computed a fishing power index to permit year-to-year comparisons of the potential tuna-catching ability of the clippers and purse-seiners operating from United States ports. The index, expressed in class 4 clipper equivalents, was obtained by multiplying the number of standard seiners by an "efficiency" ratio (relative catching efficiency x relative operating rate) and adding the resulting value to the number of standard clippers. In our 1959 Annual Report it was noted that the recent rapid changes in the character of the seiner fleet fishing for yellowfin and skipjack tuna were making this index of doubtful value. These changes, also noted elsewhere in this report, are briefly as follows:

1. A number of major technical improvements adopted in the purse-seine operation has resulted in an increase in the catching efficiency of the purse-seine vessels, at least with respect to yellowfin tuna. This increase cannot yet be accurately assessed due to the short history of operations under these new conditions.

2. The conversion of many of the large clippers to purse-seining has built up a fleet of long-range seiners capable of fishing all areas from California to Peru at all seasons of the year. Already these new additions to the purse-seine fleet have resulted in year around purse-seining for tropical tunas, with some shift in effort to more distant areas.

3. Most of this newly-generated effort has been brought to bear on the yellowfin tuna populations. Somewhat over 85 per cent of the catch of the purse-seine fleet in 1960 was yellow-

fin tuna, and this represents over 70 per cent of the catch of this species by U.S.-based vessels. Prior to 1958, the purse-seine share fluctuated between about 15 and 30 per cent of the yellow-fin catch of U.S.-based vessels.

TABLE 3. Number of baitboats and purse-seiners based in U. S. ports (including Puerto Rico)

Size class	Capacity tons	Baitboats					Purse-seiners				
		1956	1957	1958	1959	1960	1956	1957	1958	1959	1960
1	Under 51	12	11	12	13	10	—	—	—	1	1
2	51-100	11	11	8	8	7	12	9	8	5	4
3	101-200	43	43	35	30	22	50	39	34	39	43
4	201-300	66	60	57	46	11	2	2	2	6	23
5	301-400	32	35	36	33	17	—	—	—	2	12
6	401 and over	11	10	11	10	3	—	—	—	—	—
Total fleet		175	170	159	140	70	64	50	44	53	83

For these reasons, we have refrained, for the present at least, from computing the 1960 potential fishing power index but have, rather, included a summary, in Table 3, of the changes in the composition of both clipper and seiner fleets during the period 1956-1960. Vessels that converted from bait fishing to purse-seining have been prorated between the two gears in the proportion of the time spent fishing during the year with each gear. For this reason, the values do not correspond to the number fishing in each category at the close of the year. Throughout the year there was, on the average, a pool of about 20-30 vessels in shipyards being converted to purse-seine fishing. During 1961 we estimate that there will be about 110 seiners and 48 bait vessels fishing from U.S. ports. The total number of vessels fishing from Mexico, Costa Rica, Peru, etc., should continue to increase, and some vessels will probably be diverted to the fishery in the Atlantic off West Africa.

1960 Bait statistics

In 1960 accurate records of the amounts of each kind of baitfish taken, and the localities of their capture, were obtained from approximately 96 per cent of the clippers based in the United States, including Puerto Rico. The bait captured by the remaining 4 per cent has been estimated by assuming that the ratio of the amount of each kind of bait to the quantity of tunas caught by such vessels is the same as the ratio for those vessels from which we obtained complete logbook records. Combining the estimated and recorded bait catches provides the estimated total catch made for the entire U.S. fleet.

Table 4. Estimated amounts* and percentages of kinds of baitfishes taken from 1955 to 1960 by clippers **

	1955		1956		1957		1958		1959		1960	
	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent
Anchoveta (<i>Cetengraulis mysticetus</i>)	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0	649	21.8	416	34.9
California sardine (<i>Sardinops caerulea</i>)	541	20.9	362	9.9	290	7.8	601	13.5	290	9.7	110	9.2
Southern sardine (<i>Sardinops sagax</i>)	247	9.6	152	4.2	38	1.0	141	3.2	110	3.7	82	6.9
Northern anchovy (<i>Engraulis mordax</i>)	159	6.2	594	16.2	547	14.8	736	16.5	190	6.4	212	17.8
Southern anchovy (<i>Engraulis ringens</i>)	214	8.3	355	9.7	410	11.1	1169	26.3	1484	49.8	214	17.9
California sardine and Northern anchovy mixed and not separately identified	9	0.4	38	1.0	30	0.8	57	1.3	30	1.0	6	0.5
Herring (<i>Opisthonema, Harengula</i>)	49	1.9	363	10.1	193	5.2	102	2.3	75	2.5	64	5.4
Salima (<i>Xenocys jessiae</i>)	21	0.8	27	0.7	17	0.5	16	0.4	24	0.8	15	1.2
Miscellaneous and unidentified	25	0.9	95	2.6	112	3.0	110	2.5	128	4.3	74	6.2
Totals	2586		3653		3707		4447		2980		1193	

*in thousands of scoops

**Vessels based in U.S. West Coast ports for year 1955, and for 1956-1960, includes vessels fishing from Puerto Rico.

TUNA COMMISSION

The estimated total quantities of each kind of bait used in 1960 are given in Table 4, with comparative data for the years 1955-1959. In Figure 2 the bait catch, by species, is shown graphically for each year since 1946. These statistics do not include bait captured by a few small California-based vessels which sporadically fish for tropical tunas, nor do they include the bait taken by vessels fishing out of Latin-American ports. It is estimated that baitboats fishing out of Latin-American ports, in 1960, used in the neighborhood of 450,000 scoops of bait.

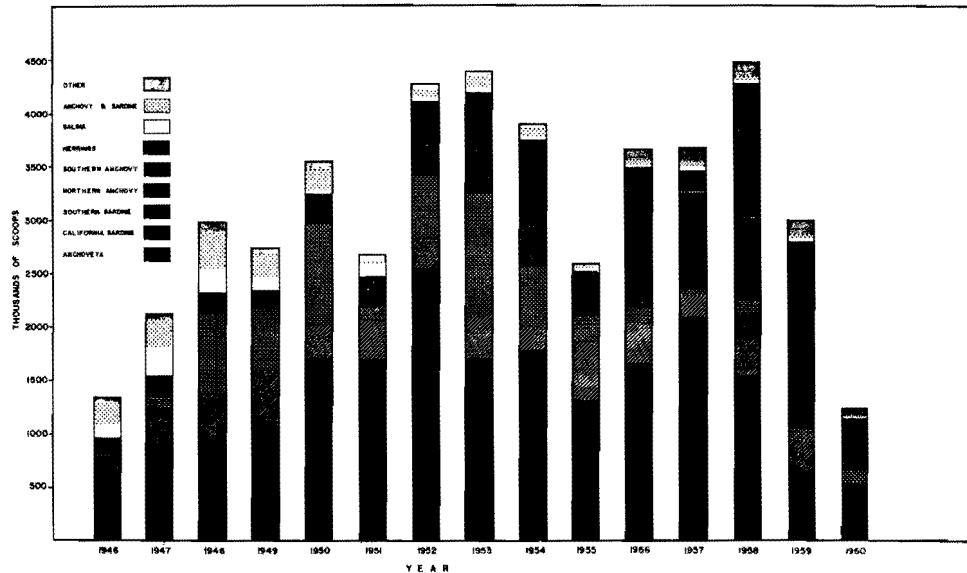


FIGURE 2. Estimated total catch of bait fishes, by kinds, by United States tuna vessels, 1946-1960.

The continued conversion of baitboats to purse-seine fishing has resulted in another sharp drop in the amount of bait used by the U.S. fleet. The total quantity used in 1960 was only 1,193,000 scoops compared with 2,980,000 in 1959. This is the smallest amount of bait taken by the U.S. fleet in the post-war period, the next lowest year being 1946, when 1,344,000 scoops were taken. It should be noted, however, that in 1946 there were no foreign flag vessels operating out of Latin-American ports, and that to get a truly comparable figure, approximately 450,000 scoops taken by these vessels, should be added to the 1960 figure.

The anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) was the most important bait species used in 1960, comprising 34.9 per cent of the total bait catch. The catch of southern anchovy (*Engraulis ringens*) dropped abruptly from 1,484,000 scoops in 1959 to only

214,000 in 1960. In 1959 this species constituted 49.8 per cent of the total catch and in 1960 only 17.9 per cent. Nearly the entire catch of this species was made in the first 4 months of the year. This bait resource has been primarily used by the larger vessels (over 200 tons capacity) of the fleet, therefore, with their conversion to purse-seine fishing it will not, in the near future, be an important component of the bait catch. The northern anchovy (*Engraulis mordax*) was also an important bait species in 1960, comprising 17.8 per cent of the total catch.

The anchoveta resources in the Gulf of Panama continued to support two fisheries (1) for bait and (2) for reduction to meal and oil (see Annual Report 1959). The catch by tuna boats plus the catch for reduction was, in the aggregate, equivalent to about 1,164,000 scoops, slightly over one-half the 1959 catch. The abundance of the anchoveta population as measured by the catch-per-day's-fishing of tuna boats remained high, indicating that the combined fisheries have not appreciably affected the stock. The apparent abundance was 636 scoops per day's fishing, which is close to the average value of previous years.

2. Present status of the tuna populations

Yellowfin tuna

a. Relationships among fishing effort, population abundance, and average yield

As reported previously, the staff of the Commission has compiled data covering the period since the early days of the fishery on the total catch of yellowfin tuna from the Eastern Pacific Ocean. For the period 1934 to date we have also compiled information from the logbook and other operating records of individual vessels from which to derive an index of the abundance of yellowfin tuna, as encountered by the fishermen. The index employed has been the average catch-per-day's-fishing of baitboats, adjusted for the relative efficiency of vessels of different sizes, and expressed as the average catch-per-day's-fishing of a clipper of 200-300 tons capacity (class 4). In recent years, the sample of the fleet on which this index is based has included over 80 per cent of all clippers operating in the Eastern Pacific. Similar data have been collected for seiners, but the clipper series has been used as the estimator of abundance because (1) Until 1960 the clipper captured the majority of the yellowfin tuna (2) The clippers have tended to operate over a great geographical range, and over a larger period of the year than seiners, and (3) The variability of seiner data seems to

be greater than baitboat data. (It may be necessary to switch to the seiner-series in the future, but through 1960 at least the baitboat-series is believed to be adequate as a measure of apparent yellowfin abundance). From the total catch, compiled for the entire fishery, and the catch-per-day's-fishing obtained from a large sample of the fleet, we compute the apparent fishing intensity in terms of numbers of day's fishing of a standard baitboat. Methods of collection, compilation, and analysis of these data have been described in *Bulletins* by Shimada and Schaefer (1956), by Schaefer (1957), and in the Annual Reports of the Commission.

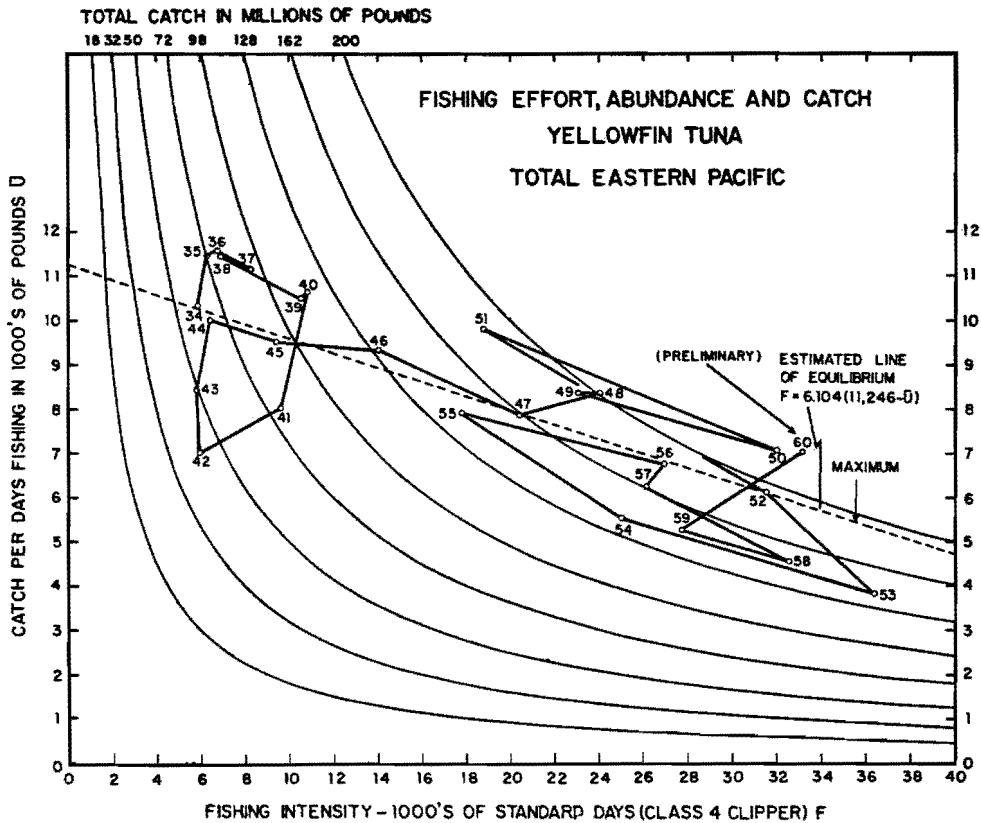


FIGURE 3. Relationship among fishing intensity, apparent abundance, and total catch, for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1960.

It has been shown in the publications referred to that there is, on the average, an inverse relationship between fishing effort and apparent abundance, measured by the catch-per-day's-fishing. With the aid of a suitable mathematical model, Schaefer (1957) derived from the series of data for the years 1934 through 1955, an estimate of the average relationship

between these two factors. This is shown as the broken line on Figure 3. The actual points for individual years vary, of course, about the average line, due to the effects of fishery-independent factors, such as variation in environmental conditions which affect both the abundance of the fish (through variations in recruitment to the stocks) and their catchability, as well as due to deviations from steady-state conditions during periods of increasing or decreasing fishing effort. It will be seen, however, that (1) the average line is quite a good fit to the average of the actual data and (2) the points for subsequent years (1956 through 1960) have continued to fall reasonably close to the values predicted from the data through 1955.

The product of catch-per-day's-fishing is, of course, total catch, which may be read from Figure 3 from the lines of equal total catch which appear as hyperbolae of this graph. It will be noted that, as the fishing intensity increases, the average abundance (catch-per-day's-fishing) decreases, but that the total catch increases *up to about 35,500 days' fishing* (labelled "Maximum" on the graph). Beyond that, both the catch-per-day and total catch is expected to decrease.

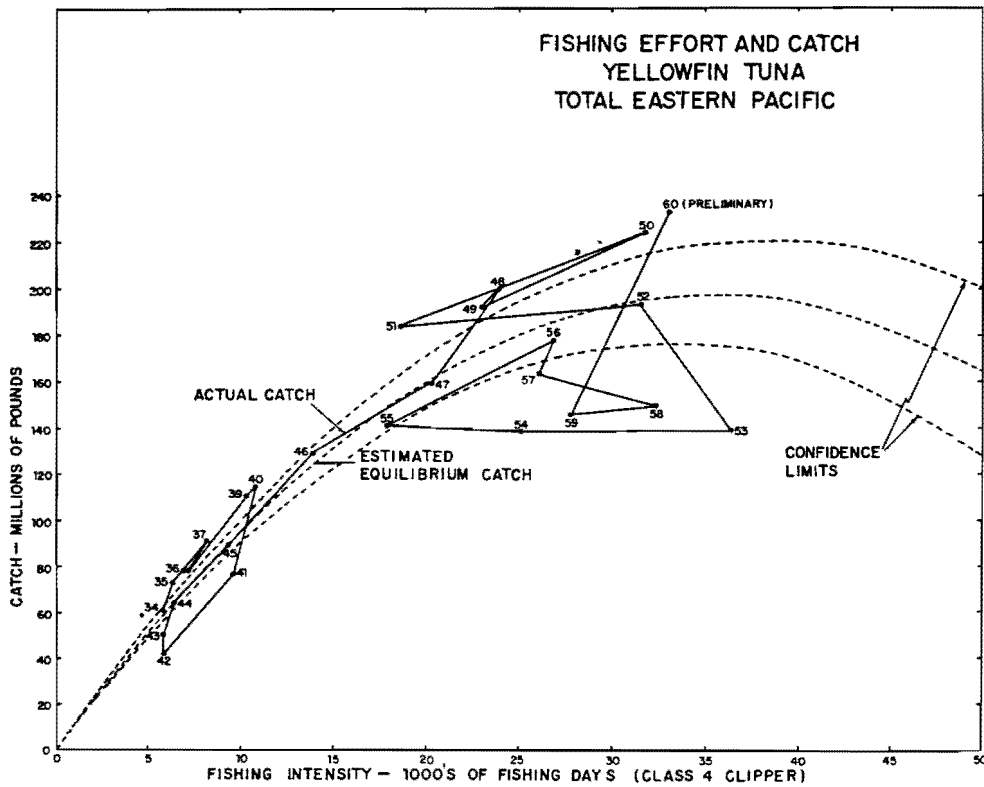


FIGURE 4. Relationship between fishing intensity and total catch for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1960.

The relationship between average total catch and fishing intensity can, perhaps, be more easily visualized from Figure 4. On this figure we have plotted total catch against fishing effort, the points connected by the solid line being the actual values for the years indicated. The center broken line labelled "Estimated equilibrium catch" is the same line appearing in Figure 3, but transferred to this graph; it represents the calculated *average* expected total catch at each value of fishing intensity. The lines labelled "Confidence limits" are the limits within which there is a 95 per cent probability that the true average values will lie. The uncertainty about the true position of the line of average values (estimated equilibrium catch) arises because of the scatter of the observed values, which leads to a degree of statistical uncertainty. It may be seen from this graph that the most probable value of maximum average sustainable total catch is 198 million pounds, at a fishing intensity of 35,500 standard days; the maxima of the lower and upper confidence limits are about 176 million pounds and 221 million pounds, respectively, and occur at, respectively, slightly lower and higher values of fishing intensity.

Another way of expressing the uncertainty in the "line of equilibrium catch" is the uncertainty in the estimated value of the coefficient of fishing mortality* (see Schaefer, 1957). The uncertainty is such that the true coefficient of fishing mortality at 25,000 units of effort ($F_{25,000}$) might easily be as low as 0.69 or as high as 1.20, with 0.95 as the most probable value (corresponding to annual fishing mortality rates of 0.50, 0.70, and 0.61, respectively). (It is, indeed, possible that the fishing mortality rate could be even somewhat higher). Figure 5 has been prepared to show the curves of average equilibrium yield versus fishing effort, corresponding to the three fishing mortality coefficients. The most probable line, corresponding to $F_{25,000} = 0.95$, gives a maximum of 198 million pounds at 35,500 units of effort (it is, indeed, the same line as the line of "estimated equilibrium catch" on Figure 4). The value of $F_{25,000} = 0.69$ yields a curve with a maximum near 220 million pounds at about 43,000 days' fishing (very similar to the upper confidence limits of Figure 4). The extreme upper value of $F_{25,000} = 1.20$ yields a curve not much different from that for $F_{25,000} = 0.69$.

Now, it must be noted that we have actual data (see Figures 3 and 4) on fishing effort and catch only up to about 30,000 to 35,000 days' fishing. The curves to the right of this

* "Coefficient of mortality", x , is related to the annual mortality rate, y , by the relationship $y = 1 - e^{-x}$. It is sometimes also called the "instantaneous mortality rate". We employ this rather than the annual mortality rate, because such rates are directly additive, whereas annual mortality rates are not.

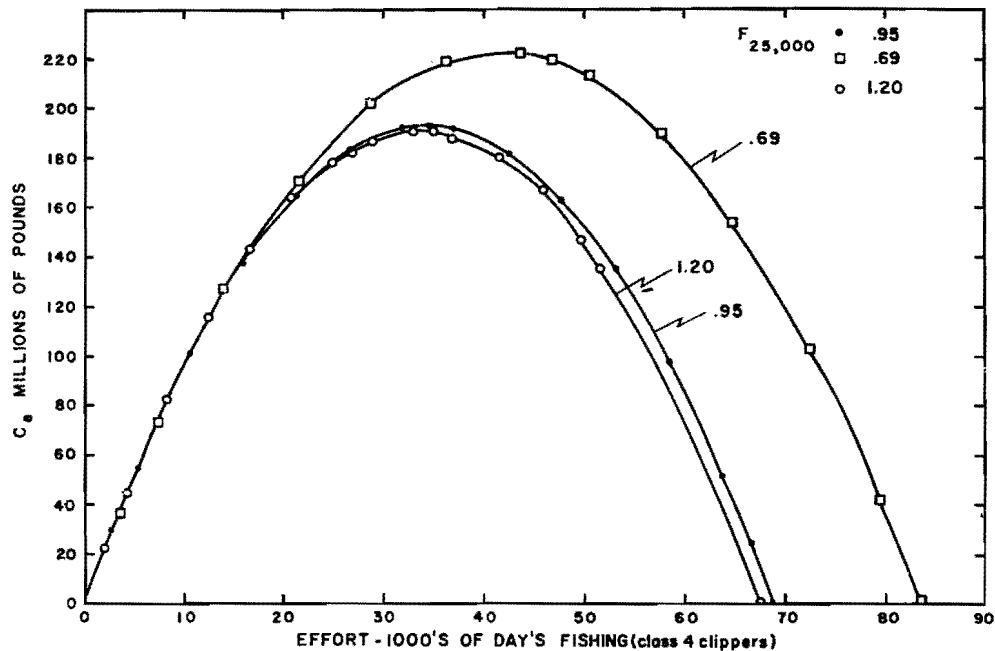


FIGURE 5. Theoretical relationships between fishing effort and average total catch of yellowfin tuna for three different values of fishing mortality coefficient.

are extrapolated, which may or may not correctly represent what would happen, on the average, at higher levels of fishing effort. It therefore is also desirable to consider other information which might lead to results different from this.

b. Catch-per-recruit curves

Another way of investigating the dynamics of the yellowfin tuna population is by means of an analytical model, employing data on the vital statistics of this species in the Eastern Pacific, that is the rates of growth, mortality, and recruitment.

From extensive studies of the size composition of yellowfin tuna of commercial sizes it has been possible to determine the age and rate of growth (see *Bulletins* by Hennemuth, in press, and Annual Report for 1959). The minimum size limit on yellowfin landed in California has been 7.5 pounds since 1933. Some fish reach this size near the beginning of their second year of life, and each year class is fully recruited by 1.5 years of age, at which size the average weight is about 8 pounds. The fish grow very rapidly, reaching about 140 pounds at 4 years of age. At the same time, however, they are dying off rapidly due to both natural and fishing mortality, so by this size very few of them are left to be captured. Furthermore, at larger sizes the fish tend to go into deeper layers of the sea

where they are less available to the surface fishery. We have therefore, made the conservative* assumption that the fish are not available to the fishery beyond 4 years of age.

Total mortality coefficient has been estimated from the change with time in the relative abundance of age classes as they pass through the fishery (see *Bulletins* by Hennemuth, in press, and page 66 of this report) leading to a value of about 1.75 in the neighborhood of 25,000 units of fishing effort. The natural mortality coefficient (M) corresponding to the most probable value of the fishing mortality coefficient (0.95) is, then, 0.80. Corresponding to values of F of 0.69 and 1.20 we will have values of M near to 1.05 and 0.55, respectively.

If now, we have a value of the natural mortality coefficient M , and the parameters of the growth curve, and if we assume the fish are available to the fishery between 1.5 and 4.0 years of age, we may, employing a model due to Beverton and Holt, compute for each value of fishing mortality coefficient (and therefore each value of fishing intensity) the catch, in

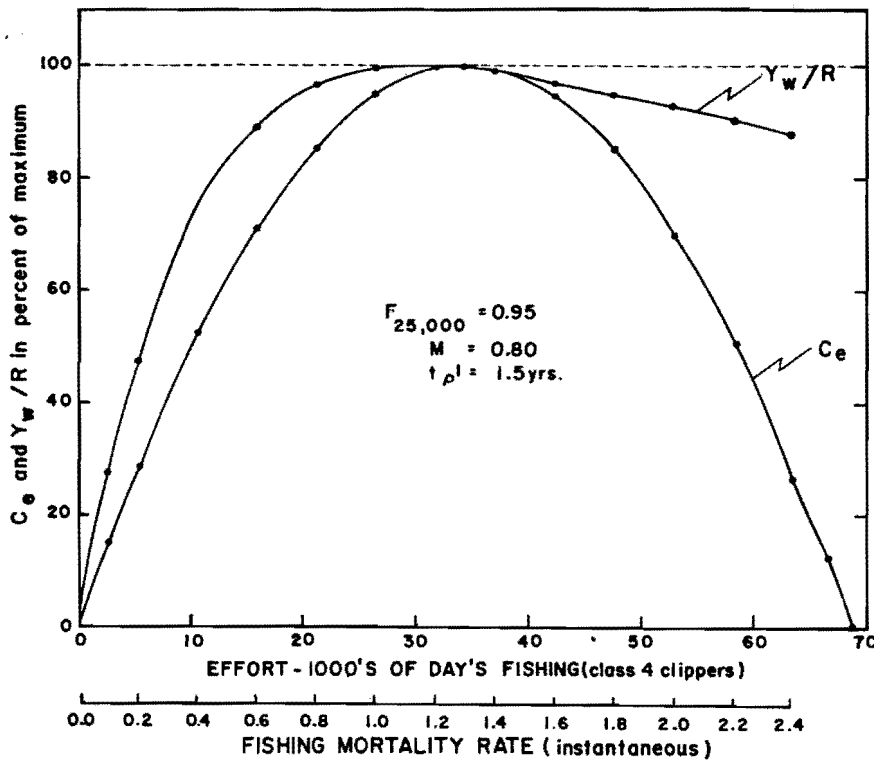


FIGURE 6. Yield and yield-per-recruit curves for yellowfin tuna for $F_{25,000} = 0.95$ and $M = 0.80$.

* Conservative in the sense that the alternative assumption would lead to a maximum yield-per-recruit at a lower level of fishing effort (see text following).

pounds, which will be obtained from each recruit entering the fishery, that is each fish becoming vulnerable to being caught at 1.5 years of age at an initial weight of 8 pounds. Having computed this for different fishing mortality coefficients, we can then plot the yield-per-recruit against the fishing intensity, and compare the resulting curves with the curve of total yield resulting from the model based on the catch-statistical data alone.

Figure 6 shows results of such a calculation for $M=0.80$ and $F_{25,000}=0.95$. Across the bottom of this graph are shown fishing effort in standard days and corresponding fishing mortality coefficients (instantaneous fishing mortality rate is another term for this, as noted earlier). Plotted against fishing intensity is average total catch (C_e), being the same as the corresponding curve of Figure 5, and also the curve of catch-per-recruit (Y_w/R). For easy comparison the two curves have been plotted in per cent of the maximum value in each case. It may be seen that the yield-per-recruit curve rises considerably more rapidly than the total yield curve, flattens off faster, and drops off only very slowly beyond its maximum, whereas the total yield curve falls off very rapidly. It is important to note, however, that the two curves have their maxima at nearly the same value of fishing effort, namely in the vicinity of 35,000 standard days.

This discrepancy in the two curves may be attributable to the effects of fishing effort (and population size) on recruitment. We have, at this time, no direct knowledge of the relationship between population density and recruitment for yellowfin tuna. However, the most favorable possible situation (so far as total catch with further increase in fishing effort is concerned) is when there is no change in recruitment with changes in population size; that is when, regardless of the effect of the fishery on the stock, the number of young fish entering each year is always the same. In that case the yield-per-recruit curve would also represent the total yield curve. Even under this most favorable circumstance, however, we will expect no increase in the total catch beyond about 35,000 days' fishing; the yield would fall off less slowly than if the alternative model applies, but it will not increase.

We note also that the discrepancy between the yield-per-recruit curve and the total yield curve to the left of the maxima is considerable for this particular value of M . The curve Y_w/R would not be a good fit to data of Figure 4. It is possible, however, that this value of M may not be correct, and we

have, therefore, also examined other values of M representing the probable extremes.

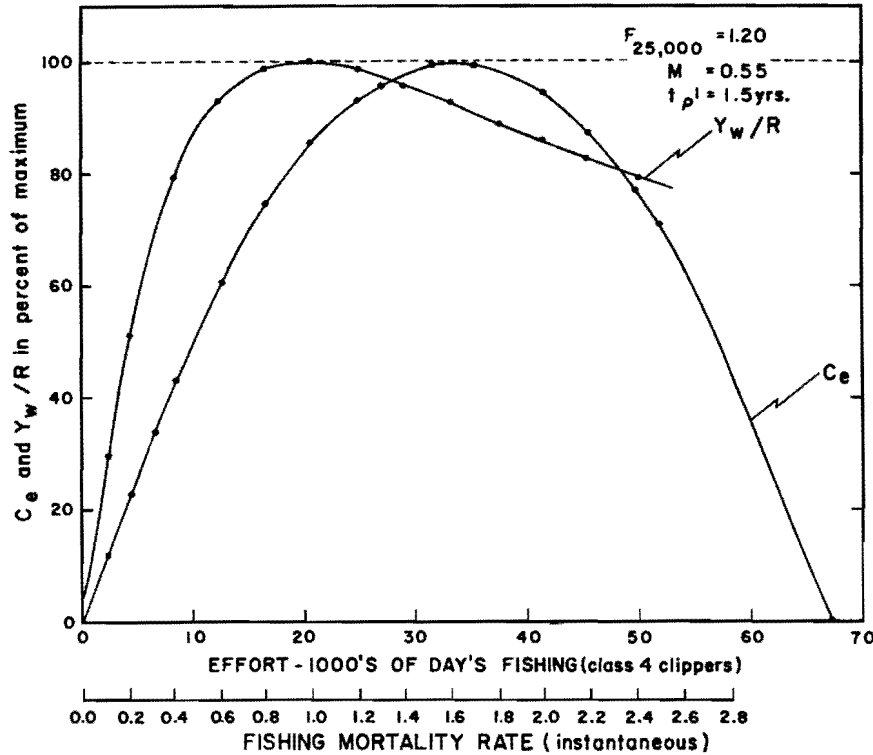


FIGURE 7. Yield and yield-per-recruit curves for yellowfin tuna for $F_{25,000} = 1.20$ and $M = 0.55$.

In Figure 7, we present the yield and yield-per-recruit curves corresponding to $F_{25,000} = 1.20$ and $M = 0.55$. It may be seen that the Y_w/R curve would provide a very bad fit to the data of Figure 4, since there is a fairly sharp maximum at about 20,000 units of fishing effort, a level which the fishery has exceeded during a number of years, with no sign of such a maximum in the actual catches near this fishing intensity. If such a low value of M were correct for the yellowfin tuna population, there would, thus, have to be strong density-dependence of recruitment, in which case the total catch at higher levels of fishing effort would not fall off so slowly as indicated by the curve Y_w/R . In any case, here again, there appears to be no possibility of increased catches at fishing effort above about 35,000 days.

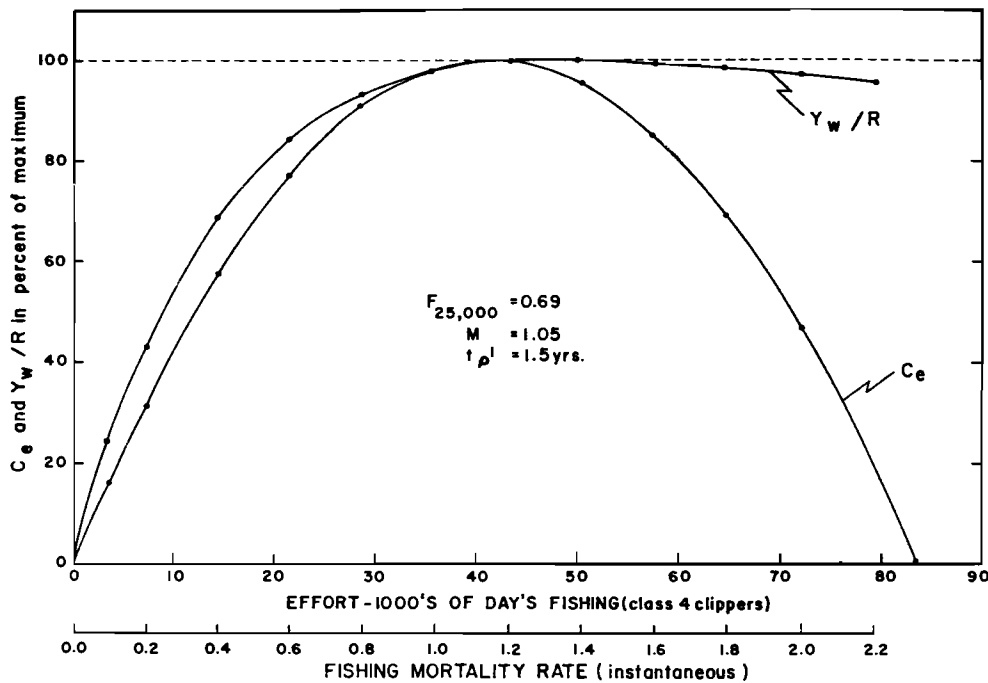


FIGURE 8.—Yield and yield-per-recruit curves for yellowfin tuna for $F_{25,000} = 0.69$ and $M = 1.05$.

The remaining reasonable extreme, with a quite rapid natural mortality ($M=1.05$) and a correspondingly low value of fishing mortality ($F_{25,000}=0.69$) is analyzed in Figure 8. Here the maximum of the yield curve is in the vicinity of 43,000 standard days (see also Figure 5). The yield-per-recruit curve, below the maximum, corresponds rather closely to the total yield curve; either would provide a reasonably good fit to the data on Figure 4. Again, however, the maxima of the two curves fall at about the same level of fishing effort, but in the case where recruitment is unaffected by fishing effort, the catch would then, with increasing fishing effort, fall off only very slightly. There is, however, no evident possibility of increased total yield above some 43,000 day's fishing. It will also be noted that the increase above 35,000 days is very slight.

c. Present situation

From the foregoing analysis, using two different models, and a range of values of the parameters, we arrive in each case at the conclusion that there is little possibility of an increase in average sustainable catch of yellowfin tuna at levels of fishing effort beyond about 36,000 units of effort (or about 43,000 at the most). The only question would seem to be whether the

total catch would, at higher values of fishing effort, fall off rapidly or slowly.

As may be seen from Figures 3 and 4, our preliminary tabulations for 1960 indicate that during this year the fishing effort has reached about 33,100 standard day's fishing and the total catch about 233 million pounds, the latter being somewhat higher than the expected average value at this level of fishing effort. As noted earlier, during this year many vessels were still undergoing conversion to seiners, hence the fishing effort was curtailed by their being in shipyards undergoing conversion. In addition, their effectiveness in catching yellowfin tuna will be increased over what it was when they were baitboats (providing, of course, that the recent relative effectiveness of seiners and baitboats is maintained). There was furthermore, during 1960, some curtailment of vessel operations due to price disputes in California.

It appears highly possible, then, that during 1961 the existing fishing fleets may be able to generate sufficient fishing effort to put the fishing intensity for yellowfin tuna somewhat beyond the level corresponding to maximum average sustainable total catch. On the other hand, however, there are some factors, which may tend to curtail the fishing effort, and may be sufficient to maintain the intensity of fishing near the optimum level. These are: (1) Diversion of vessels to the fishery off West Africa. It is yet too soon to say how extensive this will be. (2) The yellowfin have, perhaps, during the last three years, been somewhat more available to the seiner fleet than average, especially in the more northerly region of the range. It is probable that the fleet will have to range further, on the average, than last year and that success of fishing will be in general poorer than last year, thus effectively curtailing fishing effort.

In other words, it is possible that the fishery may, during the forthcoming year, come into natural stability at a level very near that corresponding to maximum sustainable yield. The possibility of overfishing is, however, in my opinion, sufficiently great that serious consideration should be given to the most effective conservation recommendations should it become desirable to make them during the year. In any event, it seems likely that the Commission may need to make recommendations for conservation measures in the near future.

Skipjack

There is shown in Figure 9 the historical series of measurements of total catch, apparent abundance and fishing effort

for skipjack through 1959, with preliminary estimated values for 1960. The catch-per-unit-of-effort in this series is based on baitboats classes 1 through 4 only, and standardized to class 3. Data of the larger classes (5 and 6) are not used in this series because, in some early years at least, it appeared that these larger classes fished selectively for yellowfin when they were very abundant, and thus provided an unreliable measure of skipjack abundance.

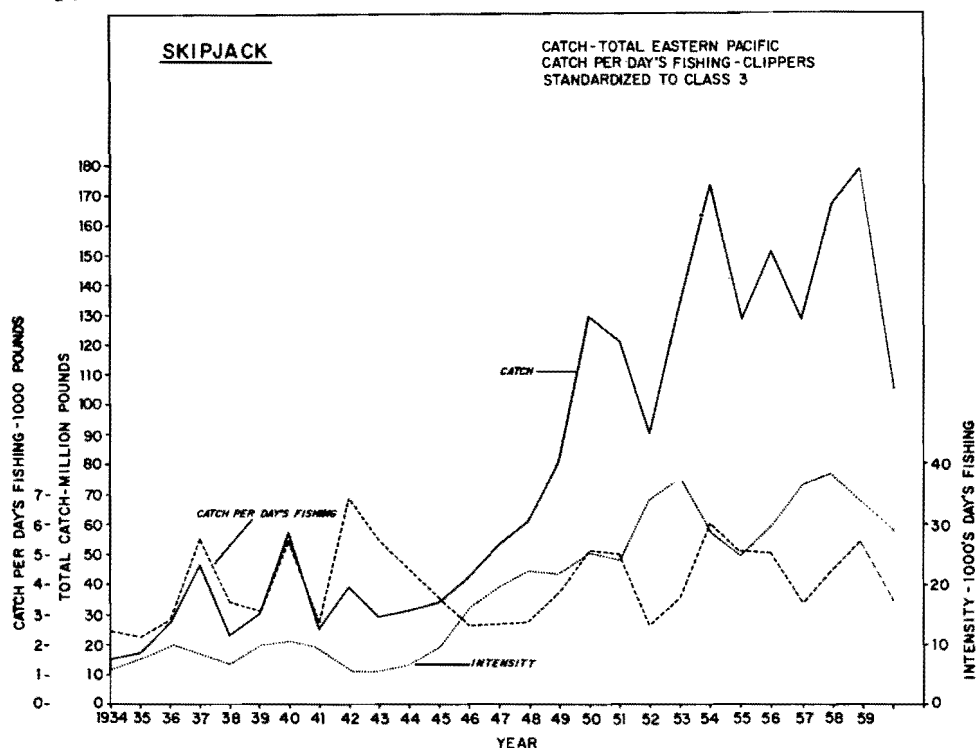


FIGURE 9. Total catch, standardized catch-per-day's-fishing, and calculated fishing intensity, for skipjack in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1960. (1960 data preliminary).

It is to be seen that in 1959, the apparent abundance of skipjack rose to a value well above the long-term average, but in 1960 it dropped substantially to a value near the long-term average. At the same time, the total catch dropped precipitously in 1960, as a result of decreased fishing effort for this species in combination with reduced catch-per-unit-of-effort.

As we have noted before, there is nothing in this series to suggest that the fishery for skipjack has ever been sufficiently intense to have affected the abundance and yield; at least if such effects exist, we cannot measure them in the

presence of the variability of apparent abundance due to other, fishery-independent factors. From this it is again to be affirmed that the skipjack stocks can stand a much higher level of fishing effort and yield before reaching the condition of maximum sustainable harvest.

3. Other studies of tuna catch statistics

Data abstracted from the logbooks of fishing vessels are also used in studying the geographical and temporal distribution of fishing effort in relation to the distribution of the fish, as well as some aspects of the behavior of the tunas (see also page 81).

Quarterly and monthly compilations

We compile and chart routinely the catch, effort, and catch-per-unit-of-effort for each tuna species by one-degree squares by quarters of the year from data from both clipper and seiner logbooks. During 1960, there were published a series of these charts for 1951 through 1958, for the use of other scientists and members of the fishing industry.

The original data are also filed on punch-cards by month as well as quarter. Tabulations by months have been made, in cooperation with the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, and summaries of these will be published in the near future.

Concentration index

A detailed analysis of clipper logbook data has been carried out for the purpose of computing two quarterly indices of population density, one weighted by area of fishing, and the other unweighted, and an index of concentration of fishing effort, which is the ratio of these two indices of density. The computation of these indices has been described in previous annual reports. In a recent *Bulletin* the quarterly and annual fluctuations of these indices for yellowfin tuna were analyzed for the period 1951 through 1956. The indices for yellowfin, skipjack and the two species combined have now also been computed on a quarterly basis for the period 1951-1958.

Examination of quarterly values of the combined yellowfin and skipjack concentration index shows that there is considerable quarter-to-quarter variation, but over a fairly narrow range of values (1.14 to 3.10) for the eight-year period. There is no pronounced seasonal fluctuation, but the average values for the four quarters reveal a tendency for higher values to occur in the last half of the year. The combined index is slightly

less variable than those of either of the species taken separately. The coefficient of variation of the combined index is 0.2406 as opposed to 0.2411 for the yellowfin and 0.3894 for the skipjack.

The combined species concentration index does not drop below one over the eight year period, indicating that the concentration of effort was always better than random. The un-weighted index of density was plotted against the weighted index of density (the ratio of the two is the concentration index). The regression line which was fitted to the data had a slope of 1.84, indicating that the fleet, on the average, has been able to concentrate its effort 84 per cent better than if effort had been distributed at random.

The high value for the eight-year series was 3.10 which occurred in the fourth quarter of 1954. This was primarily due to the very successful concentration of effort at that time on Guayaquil Bank and Ridge. Two one-degree rectangles in that area received 40.6 per cent of the total effort and produced 70.3 per cent of the total catch.

The relationship between the indices of density and the number of exploited one-degree rectangles was examined in order to ascertain whether decreases in apparent abundance are associated with the coverage of a greater area by the fleet. If a decrease in catch-per-unit-of-effort results in the coverage of more one-degree rectangles, due to increased searching activity by the fleet, a negative correlation would be expected between the number of exploited one-degree rectangles and the indices of density. Significant negative correlations were obtained between the number of exploited one-degree rectangles and both indices of density of yellowfin. These calculations were repeated utilizing the skipjack indices of density. The results were markedly different. With either index of density the correlation coefficients were not significant and were positive instead of negative. This seems to indicate that the searching activity of the fleet is influenced more by changes in the apparent abundance of yellowfin than skipjack. A contributing factor may be that more searching activity is required for yellowfin than for skipjack, due to the difference in geographic distribution of the two species. The best skipjack catches have usually been made at the northern and southern extremes of the area covered the fishery. These regions contain relatively fewer one-degree rectangles than the much more extensive area in the central portion of the range of the fishery which produces a preponderance of yellowfin.

The relationship of the concentration index to the number of exploited one-degree rectangles was also examined. No significant correlations were found utilizing the concentration indices of yellowfin, skipjack or the species combined.

Relationship between oceanic climate and distribution of yellowfin and skipjack tuna catches

It has been noted in previous reports that there is a relationship between the year-to-year fluctuations in apparent abundance of the two species of tropical tunas and surface water temperature. This has been examined in more detail for the years 1951 through 1959 employing the catch-per-day's-fishing of baitboats in areas along the coast from California to Chile, on a monthly basis, and the monthly mean sea surface temperatures recorded by tuna clippers supplemented by some data from merchant vessels (the latter are compiled by the U. S. Weather Bureau).

The fishing region along the coast (i.e. not including outlying islands) between the California-Mexico boundary and northern Chile has been divided into 33 areas. For each of these average catch-per-day's-fishing of each tuna species (standardized to a class 4 clipper) has been computed for each month and area in which at least 3 days' effort was recorded. The average sea-surface temperature has been charted for the same months and areas. Comparison of the two sets of data yield the following results:

Two periods of generally poor yellowfin tuna fishing have occurred, 1953 and the 1957-1958 period which correspond rather well with the warm periods. During the cooler periods 1951-1952, 1954-1956 and late 1959, yellowfin catches have been above average, particularly off the southern coast of Mexico and off Central America. Also of interest has been the extension of the fishery south to the 14 fathom area off Peru during the two warm periods. For skipjack tuna, the changes in distribution are even more striking, catches having been extremely poor in the central region of the fishery during the warm periods. The extension of the skipjack fishery at either extreme of the range is particularly evident in these warm periods, with good catches having been made off San Diego in the north and southern Peru in the south, both areas being beyond the normal range of the fishery.

A more detailed report on these studies will be published in a forthcoming *Bulletin*.

4. Research on vital statistics, migrations, and population structure of tunas

Knowledge of the vital statistics (age, rate of growth, mortality rates, and variations in year-class strength) of the tunas is of very great importance for detailed investigation of their population dynamics. This is especially important for yellowfin tuna, for which catch and effort data indicate that the fishing intensity has been sufficiently great to have a marked effect on the stocks and, indeed, is approaching the level corresponding to maximum average sustainable yield. It has been shown in an earlier section that analytical models, employing estimates of growth and mortality parameters, are useful for verification of results of models based on catch and effort data alone. Such information is also useful for guidance in the design of effective management regulations.

Information on vital statistics is obtained primarily from data on the size and age composition of the commercial catch. Verification is possible also from the results of tag liberation and recovery.

Knowledge of the population structure and migrations of the tropical tunas is needed, both in order to identify the sub-divisions of the population, if such exist, and to form a basis of studying and managing the populations of each species on a more refined basis than is otherwise possible. As noted in earlier reports, the population structure and migratory behavior of the tropical tunas seem to be remarkably complex, hence progress is slow despite the devotion of a large share of our time and funds to lines of research bearing on this, including tagging, analysis of size composition of the catch, and genetic investigations. It appears that, although the yellowfin tuna population is not completely homogeneous in time and space, there do not exist sharp geographical boundaries between population components, there being much intermingling in many fishing areas. Whether there is also interbreeding between components which mix in fishing areas is not yet known.

Size composition of the commercial catch and related studies

Length-frequency samples from the commercial landings of yellowfin and skipjack tuna have been collected throughout the year at San Diego, and San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; and ports in northern Peru and Ecuador.

This program was begun in 1954 to provide monthly estimates of size composition of catch by geographical sub-areas. These data provide part of the basic information required for estimating age, growth, relative abundance of year classes, and mortality rates, and for studying population structure by comparison of size-composition characteristics among areas.

This year, we have begun processing the size-composition data on the I.B.M. 709 computer at U.C.L.A. This computer has proven increasingly useful in many aspects of our data processing.

Analyses, thus far, have been primarily concerned with estimating the vital statistics of yellowfin tuna and have been essentially brought up to date. Similar studies have commenced on skipjack tuna.

Yellowfin tuna

A manuscript describing the size and year-class composition of catch, and the age and growth of yellowfin tuna for the years 1954-1958 has been completed for publication in the *Bulletin*. These studies are being continued as additional information is collected.

On the basis of these studies it has been concluded that there is no significant difference in the parameters of the growth curves of yellowfin tuna from different areas. The parameters have been estimated and employed in studies of the population dynamics of this species.

Data on size composition of catch have been combined with catch-per-unit-of-effort indices of abundance to compute the relative abundance of year classes at successive ages as they pass through the fishery in different sampling regions. From the rate of decline of relative abundance, following the age of full availability, estimates have been made of the total annual mortality rate. This appears to be rather similar in different areas and for different year classes, indeed, there have been observed no significant differences in total mortality rate either among year classes within areas or among areas. The best estimate of average total mortality coefficient (during 1954-1959) is 1.72 (corresponding to an annual total mortality rate of 82 per cent) with 95 per cent confidence limits of 1.59 and 1.85. These results have been employed in the Beverton-Holt model to estimate catch-per-recruit curves (p.55), and yield-per-recruit isopleth diagrams (p.69). Variation in year-class strength has also been estimated from these data. A *Bulletin*

on this research has been drafted and will be published early in 1961.

Skipjack

Analysis of skipjack length-frequency data for the years 1954-1959 has recently begun. Smoothed length-frequency curves representing the size composition of monthly catches in each area have been drawn wherever data were available. The monthly length-frequency distributions, in most cases, are composed of definite successive size groups. The modal lengths of these size groups, when plotted against month and year of capture, form successive series within which there is a regular increase in length with time. The series present in the northern areas (01, 02, 03, and 04) are illustrated in Figures 10 and 11. Each series is identified by its actual or presumed year of entry into the stock of fish of catchable sizes. Two series apparently enter the catch each year at different seasons. We have differentiated them by prefixing an X or Y to the year of entry.

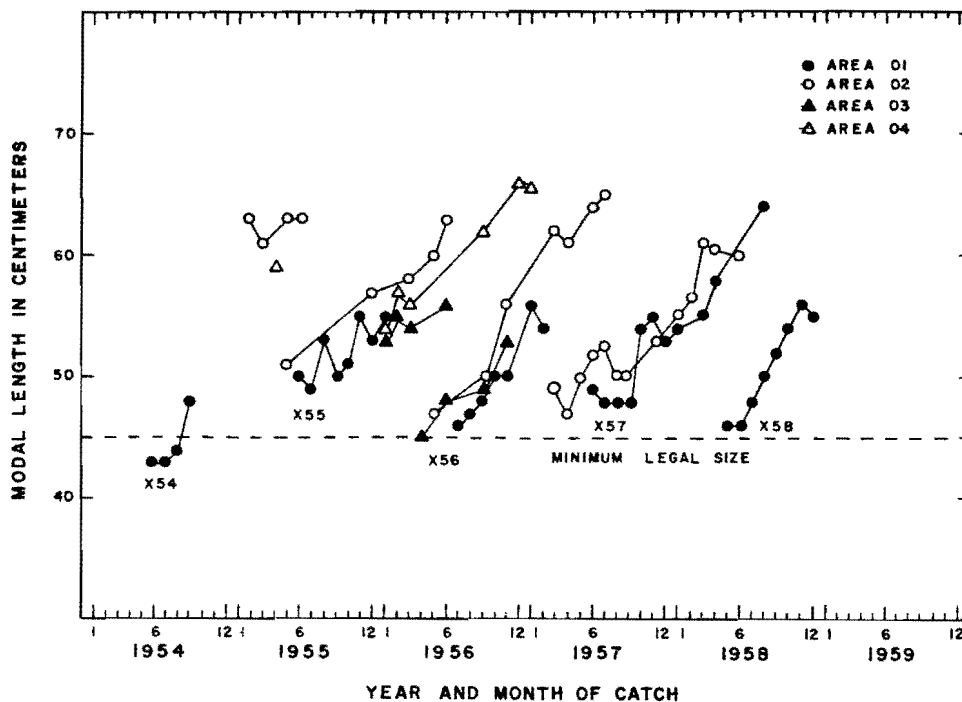


FIGURE 10. Modal progressions of skipjack of the X series in northern areas (01-04).

The X series (Figure 10) first appears in the catch during the second quarter of the year at a modal length of 45-50 cm., and the fish are approximately 60-62 cm. in modal length one

year later. (The lower limit is usually controlled by a minimum legal weight of 4 lb. which corresponds to a calculated total length of 45 cm). An apparent exception is the X55 series which entered the catch in Areas 03 and 04 during January 1956. However, the modal lengths of these fish are larger, indicating that variability in time of entry may be accompanied by a corresponding change in length.

In Figure 10 the modal lengths of the X series in all four northern areas are compared by year and month of capture. The growth rate of corresponding series is similar in all four areas and suggests that the fish may be from a common stock. There appears to be greater variation in growth among series than among areas. Note the somewhat slower growth of the X57 series in comparison to the others.

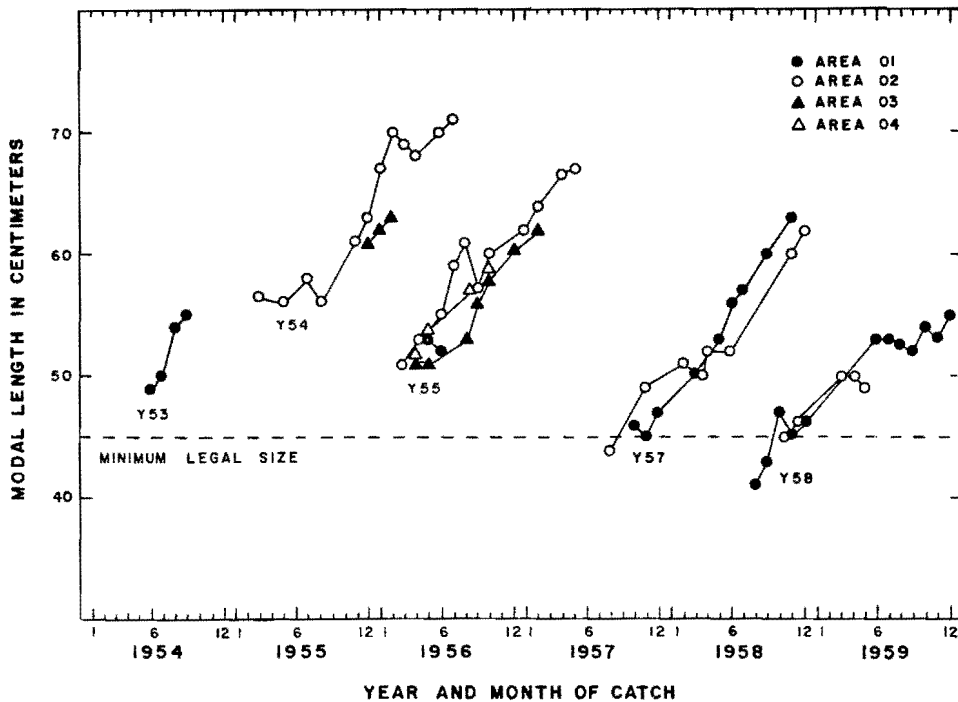


FIGURE 11. Modal progressions of skipjack of the Y series in northern areas (01-04).

Figure 11 illustrates the occurrence of the Y series. The Y57 and Y58 series first appear in the catch during the second half of the year at a modal length of approximately 40-45 cm. Although the Y53, Y54, and Y55 series do not appear in the catch until the year following their presumed year of entry in the stock, their modal length is larger (49-56 cm.) indicating

that variability in time of entry is accompanied by a corresponding change in length.

The Y series occurs in the catch each year with the exception of 1956. Growth averages 13 cm. a year and size groups are not apparent above 71 cm., or about 17 months after first entry. The modal lengths of the Y series in all four northern areas are plotted against year and month of capture in Figure 11. The growth rate of corresponding series appears similar in all four areas suggesting that these may be from the same stock. Apparently, there is greater variation in growth among series than among areas.

Comparison of the X and Y series indicates that they have a similar rate of growth. It is interesting to note that if the Y series are displaced six months, they appear similar to those of the corresponding X series. We have not yet formulated an explanation of the origin of these two series. Similar analyses are being pursued for the remaining areas of the Eastern Pacific Ocean.

Yield-per-recruit diagrams for yellowfin tuna

The yield-per-recruit curves discussed on page 55 *et seq.* were calculated for recruits entering the stock at 1.5 years of age, corresponding to the approximate age of fish, when fully recruited, at the present minimum legal size (in California). However, the average yield-per-recruit depends not only on the parameters of the growth curve, the natural mortality rate, and the fishing mortality rate, but also on the minimum size at which fish are taken after they become of catchable age. In order to examine the possible effects of changing the minimum size at first capture, we have calculated (using the simple Beverton-Holt model previously mentioned on page 56 the catch-per-recruit-at-age-1.5-years for various possible values of natural mortality coefficient, and a range of values of minimum age (and size) at first capture, for a range of fishing mortality rates. The results are plotted on "yield-isopleth" diagrams. In Figure 12 is shown the diagram for a natural mortality coefficient (M) of 0.80 which we believe to be near the true value. This indicates for each value of fishing mortality rate (along the horizontal axis) and minimum age at first capture (vertical axis, left-hand scale) the number of pounds which would, on the average, be taken for each recruit entering the stock at 1.5 years of age. Fish weights corresponding to ages are shown on the right-hand vertical scale. The yield-per-recruit was calculated at each point represented by the solid dots, with the high-speed

digital computer at the Western Data Processing Center at the University of California at Los Angeles. The isopleths of equal yield-per-recruit were drawn through the points (open circles) determined by linear interpolation between adjacent computed values, and are shown for two-pound intervals. It may be seen that at the estimated current value of fishing mortality rate, shown by the arrow at the bottom of the diagram, as well as at some lower and all higher rates, a substantial increase in yield might be obtained by allowing the yellowfin tuna to remain longer in the sea before commencing to capture them. Similar diagrams have been prepared for other possible values of natural mortality rate between $M=0.60$ and $M=1.00$, which in each case, indicate that, at present values of fishing mortality, a gain might be obtained by some increase in minimum age at first capture.

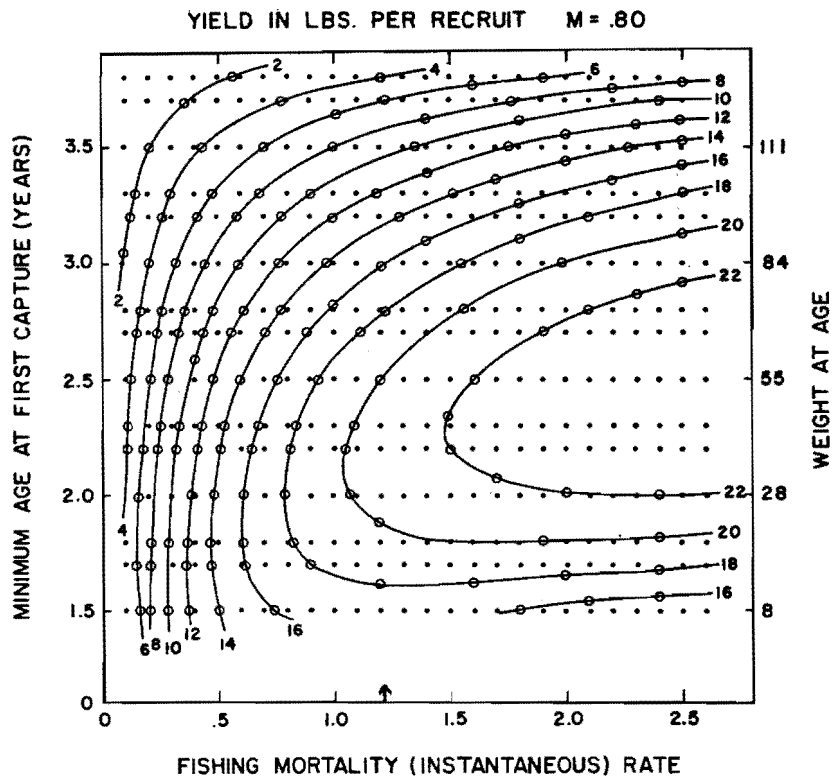


FIGURE 12. Yield-per-recruit diagram for yellowfin tuna, $M = 0.80$.

A more detailed presentation of these studies will be published in the *Bulletin* series.

Tuna tagging investigations

Tagging, and subsequent recovery in the commercial fishery of tunas offers a direct means of studying their migrations, and thus contributes to an understanding of the space and time distributions of possible sub-populations. These data from the tagging program also make possible some verification of growth and mortality rates inferred from size-composition studies, although growth of tagged fish tends to be somewhat lower than that of untagged fish, and the attrition rate of tagged fish is somewhat higher than the mortality rate of untagged fish, due to tag shedding and other causes.

Research on tuna tagging was commenced late in 1955. Since 1957, we have continued a full-scale tagging and recovery program, both from commercial vessels in the course of regular fishing cruises and from fishing vessels chartered for special tagging cruises. During 1960, there were tagged 4274 yellowfin and 8466 skipjack. Both loop tags, previously employed routinely, and dart tags, which formerly had been used in small numbers on only a few cruises, were used. It appears from the returns from cruises during 1960 when both types of tags were employed that the dart tag is superior, yielding a somewhat higher recovery rate and being much more rapid to apply. During 1961 we will use dart tags almost exclusively.

Through December 1960, we had liberated a total of 24,744 tagged yellowfin and 58,377 tagged skipjack. From these, recoveries through the same date amount to 1323 yellowfin and 1503 skipjack.

Tagging from commercial fishing vessels is being somewhat curtailed in favor of more extensive employment of charter cruises, because the latter make it possible to liberate large numbers of tags in particular areas and seasons where the recoveries are most likely to elucidate particular problems.

Tagging from commercial vessels in the course of fishing operations will, in the future, probably have to depend more on the use of purse-seiners, due to the shift of much of the California-based fleet to that type of gear. This offers certain disadvantages, since it is the opinion of most of our taggers that purse-seine fish are not liberated in as good condition as fish taken by bait and, in any event, there is less opportunity to tag from commercial purse-seiners due to the small part of the time of each "set" when tagging of viable fish is possible.

Table 5. Tuna tagging and recovery to December 31, 1960

FROM CALIFORNIA					Number tagged				Number recovered			
Cruise Number	Vessels	Geor	Period	Area of Tagging	Yellowfin		Skipjack		Yellowfin		Skipjack	
Tagged during 1955-1959					16498		30062		574		497	
					Dart	Loop	Dart	Loop	Dart	Loop	Dart	Loop
32	Jeanne Lynn, Determined	Seine	II/20/60-III/15/60	Mexican coast	274				9			
33	Julia B*	Bait	III/9/60-IV/23/60	Mexican coast	711	432			119	69		
				Roca Partida	645	264	1719	645	54	16	80	21
34	Mary Barbara	Bait	VII/11/60-IX/28/60	Costa Rica-Panama	13							
				Gulf of Guayaquil	10		77				7	
				Guatemala, Nicaragua	22		44					
				Ecuador, Colombia	6		39		1		3	
35	Westport	Bait	VIII/9/60-IX/27/60	Local banks	393		471		120		112	
				Gulf of California	10							
				Mexican coast	345				10			
36	Santa Helena	Seine	VIII/21/60-X/1/60	Mexican coast	18							
				Guatemala-Nicaragua	483		2		10			
				Total-1960	2930	696	2352	645	323	85	202	21
FROM PERU					3901		17972		279		462	
Tagged during 1956-1959												
Tagged during 1960 Bait												
				Ecuador-Colombia		114		518		3		21
				Gulf of Guayaquil	48	155	772	1262	4	25	27	165
				Peru (north)				620				
				Peru (south)		2		510				
		Seine		Gulf of Guayaquil		239		97		23		2
				Total-1960	48	510	772	3007	4	51	27	188
FROM MANTA, ECUADOR					71		1877		3		72	
Tagged during 1958-1959												
Tagged during 1960 Bait					90		1690		4		34	
GRAND TOTALS					24744		58377		1323		1503	

* Charter cruise

Tag liberation and recovery during 1960

In Table 5 are summarized the numbers of tagged fish liberated, and numbers recovered through December 1960 on cruises from California, Peru, and Ecuador. Tagging during 1960 from California was done on four cruises aboard commercial fishing vessels in the course of their regular operations. On Cruise 33 the "Julia B" was chartered to liberate adequate numbers of tags in the area off the southern Mexican coast and in the region of the Revilla Gigedo Islands, because data concerning migrations from these areas were formerly scanty.

On the "Julia B" both loop tags and dart tags were employed. The dart tags consist of a piece of yellow tubing, 6½ to 7 inches long, of size 13 polyvinyl (EP2) with nylon dart heads. The inside length of the dart head is about 1/2 inch. The dart head is inserted in the dorsal musculature in such fashion that it generally hooks behind one of the inter-neural spines. These tags are more quickly applied than loop tags, making possible the liberation of more tagged fish per unit time, and also increasing the chances of survival of the fish. Comparison of rate of recovery, through the end of 1960, from the two types of tags on this cruise indicates a slight superiority of dart tags for yellowfin and a somewhat greater superiority for skipjack. Comparison of recovery rates from dart tags and loop tags liberated off the Gulf of Guayaquil by our Peruvian staff shows much improved recovery rates of dart tags for both species. We plan, therefore, to use dart tags extensively during 1961.

Recovery rate of yellowfin tuna, even with loop tags only, was remarkably greater during 1960 than in previous years, being 11 per cent in the aggregate, compared with 4.2 per cent for the average of tags liberated from 1955 through 1959, despite the fact that more recoveries from 1960 taggings are to be expected during 1961. However, recovery rates vary with tagging area, so this comparison is not exact, being possibly influenced by the space distribution of the two sets of tag liberations. Preliminary comparison of recoveries, by area of tagging, for 1960 and previous years, however, indicates that the recovery rates were indeed higher in the last year, especially on the local banks and off the Mexican coast. This is consistent with the increasing fishing intensity inferred earlier from the catch-statistical data. These data will, of course, be examined in more detail when they are complete.

Movements of tagged tunas

Inter-area migrations of yellowfin tuna were discussed in the last Annual Report. Additional valuable data have been

obtained during 1960. In Figures 13 and 14 are shown, somewhat schematically, the directions of movement, and localities of tagging and recapture, of the long-distance migrants recorded during 1960. One notable feature of Figure 13 is the movement of yellowfin, tagged near Roca Partida in the Revilla Gigedo Islands, to the grounds off Baja California. From 909 yellowfin tagged there, there were made 70 recoveries, 31 of which were near the area of tagging and 39 of which were made later in the season along the coast of Baja California between Cape San Lucas and Punta Abreojos. (Skipjack tagged at the same time showed similar movements; of 2364 tagged, 101 were recovered, 64 near Roca Partida, 3 midway between Revilla Gigedos and Cape San Lucas, and 34 at various localities along the Baja California coast between Magdalena Bay and Guadalupe Island). Other northerly movements are similar to those charted previously; from off Central America northerly to somewhat north of the Gulf of Tehuantepec, from the southern Mexican coast toward the Gulf of California, and northerly along the coast of South America to as far as Central America.

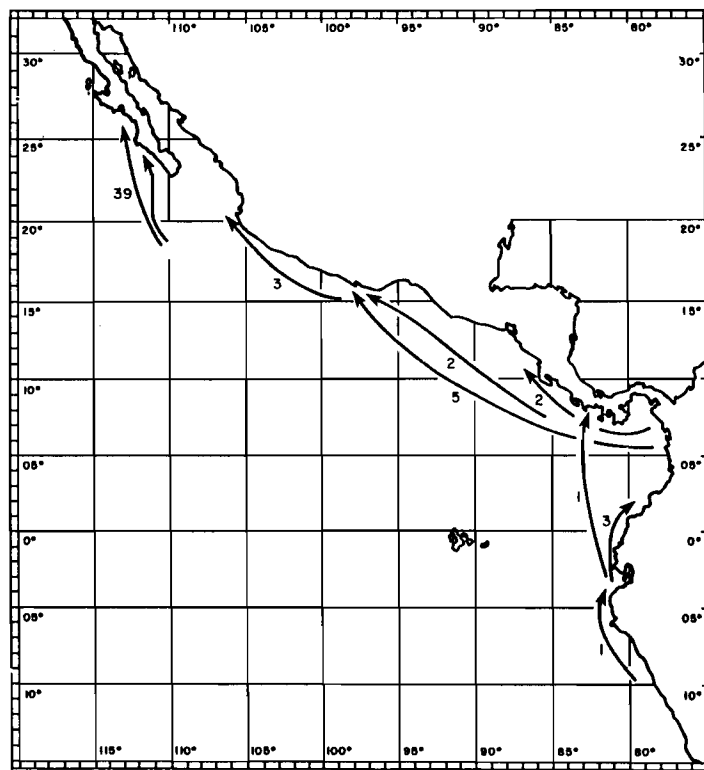


FIGURE 13. Inter-area-migrations of yellowfin tuno, recorded during 1960, in northerly directions.

In Figure 14 we again have recorded southerly migrations of yellowfin from the region of Central America to the vicinity of the Gulf of Guayaquil. The most notable feature of this graph, however, is the recording of southerly yellowfin migrations from the area off Baja California into the Gulf of California and to as far south as the Gulf of Tehuantepec, and also some southerly movements along the southern Mexican coast. The broken line in this figure indicates the apparent movement from the local grounds to off Guatemala of a single yellowfin, the locality of recovery of which is somewhat uncertain.

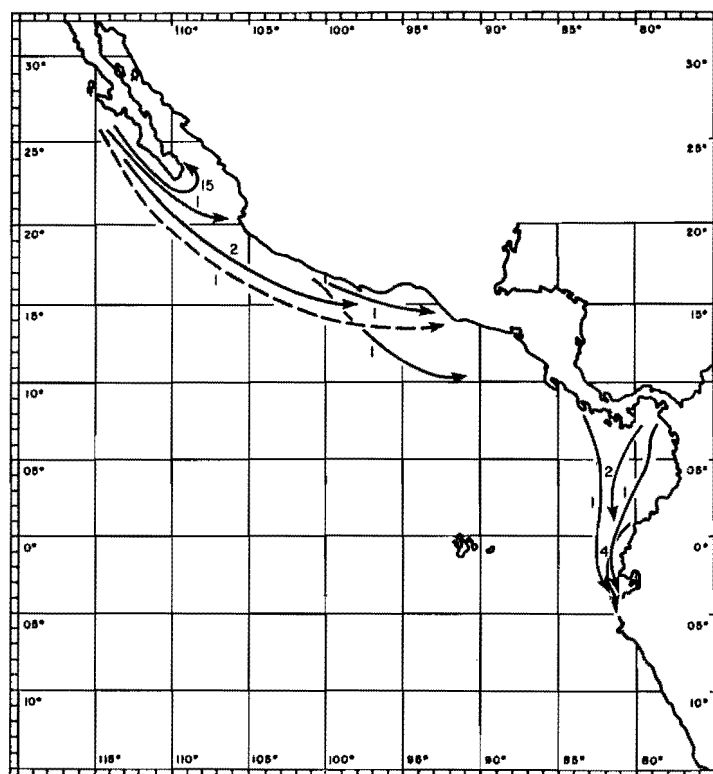


FIGURE 14.—Inter-area migrations, recorded during 1960, in southerly directions.

These data on yellowfin migrations, together with other knowledge (size composition of catch, spawning areas) lead us to suspect that we may be dealing with a northerly sub-population of yellowfin tuna which is largely confined to the region north of 15°N latitude, but some of whose members range some degrees further south, and another, southerly sub-population with its center off Central America, but ranging north to about 16°N and south to at least the vicinity of the Gulf of

Guayaquil, there being an area of overlap of these population components along a stretch of coast in the vicinity of the Gulf of Tehuantepec.

The primary purpose of the 1960 charter cruise was to tag yellowfin off the southern coast of Mexico, northwest of the Gulf of Tehuantepec, which supports a sizable catch during the first quarter, but where we had liberated few tagged specimens previously. It had been suspected that these fish were probably mostly members of the same stock that is fished later in the year to the northward. It was found that most of the recoveries not made in the immediate vicinity of the tagging area moved to the northwest. Many moved substantial distances, three as far as Tres Marias Islands by early summer. A few fish were recaptured to the southeast, two being recaptured just below the Gulf of Tehuantepec.

Analysis of data through 1959

Tag liberations and recoveries through 1959 were analyzed in detail during the year, and a *Bulletin* on the results has been drafted for publication in the near future. Some of the results may be summarized as follows:

- 1) Evidence from recoveries of fish tagged in different areas, and from recoveries of fish tagged at different water temperatures in the same areas, indicates that rate of recovery is inversely related to water temperature. It is hypothesized that this is due to greater tagging mortality at higher temperatures, associated with increased loss from the creation of an oxygen deficit due to hyperactivity.
- 2) Initial tagging mortality is high at all times, and may average as much as 70 or 80 per cent.
- 3) Both yellowfin and skipjack disperse from the point of tagging more rapidly in the central region of the fishery than they do in regions near the ends of the range.
- 4) Skipjack disperse more rapidly from the point of tagging than do yellowfin, this difference being marked near the ends of the range.
- 5) Growth rates of tagged tunas are substantially lower than those inferred for untagged tunas from other methods, but the data do confirm the very rapid rate of growth of these tropical species.
- 6) Total "mortality" rates calculated from attrition of tag recoveries of yellowfin tunas are somewhat higher than the

mortality rates estimated from catch curves, the differences being most probably due primarily to loss of tags. Decline of yellowfin tag recoveries with time follows an exponential curve. For skipjack, however, this is not the case, but it was shown that a model incorporating both a coefficient of constant mortality and a coefficient of dispersion out of the fishing area seems to provide a fairly good fit to the data.

The quantity of tag liberations and recovery data has, during 1960, reached a magnitude where it is no longer efficient to conduct analyses by manual processes. We have, therefore, put the data on punch-cards, and will continue to do so routinely in the future. This will allow greater speed of analysis and increased accuracy through the use of sorting machines and computers. One early use of this technique will be to correlate the tag return data with the amount of fishing effort and catch in individual areas.

Tuna genetics

As noted in last year's report, blood typing offers promise as a new method of studying the population structure of the tropical tunas, as well as other fishes, because blood types are genetically determined.

Phyto-hemagglutinins made by saline infusion of pulverized seeds of Leguminosae can be used instead of blood sera for detection of blood types. Experiments carried out in 1959 indicated that indeed such phyto-hemagglutinins could be used for typing of blood of some fish, and that quite likely they could be used for typing tuna blood.

In the middle of May 1960 a temporary serological laboratory was set up in Mancora, Peru, where Dr. Charles W. Cotterman, Professor of Medical Genetics at the University of Wisconsin, and Mr. W. L. Klawe, of our staff, studied blood types of tunas by means of phyto-hemagglutinins. The study consisted of two phases. At first a small number of blood samples of yellowfin tuna, skipjack, and some other scombroid and non-scombroid fishes were tested with a battery of 540 different phyto-hemagglutinins. It was learned that, using this method, blood types can be differentiated. It was also noted that these reagents possibly can be used as a taxonomic tool to study the relationship of various species of fishes. It was planned that the second phase of the work would consist of the testing of a large number of tuna bloods with a small battery of phyto-hemagglutinins, selected on the basis of results

obtained in the first phase of this work. Unfortunately, only a small number of blood samples of yellowfin could be obtained. There is, however, an indication of two or three differences which may belong to two or three blood-type systems detectable with our assortment of phyto-hemagglutinins. The study of about 100 blood samples of skipjack was culminated with the discovery of one, and possibly two, blood-type systems. The readily evident system consists of two mutually exclusive blood-group factors, each of which is demonstrable with a large number of phytohemagglutinins. It is also expected that this system will be suitable for population studies of skipjack tuna within our area of investigation.

We are planning to carry out in 1961 blood typing of tunas in various parts of the Eastern Tropical Pacific Ocean aboard commercial fishing vessels.

5. Other aspects of tuna biology and behaviour

In addition to the foregoing, several other kinds of research of the biology and behavior of the tropical tunas have been carried forward during 1960:

Food of tunas

The examination of food contents of yellowfin and skipjack stomachs was terminated in June 1960, as it was believed that we had obtained adequate coverage in both time and space.

During two and half years 3,763 yellowfin and 2,317 skipjack stomachs were examined. Not all of the stomachs sampled contained food: 24.4 per cent (917) of the yellowfin and 56.4 per cent (1,307) of the skipjack proved to be empty, bait not being considered as a food component. The vast majority of the samples was obtained from cannery cutting lines and included fish caught both by baitboats and purse-seiners.

Stomachs have been examined from yellowfin tuna captured in all areas of the fishery from California to northern Chile, and from near all the offshore islands. Skipjack samples, on the other hand, have come for the most part from the more southerly and northerly areas of the fishery with a near hiatus in the area Cape Corrientes to the Gulf of Fonseca. The primary reason for this is the poor fishing for this species in this region during the period of study. In addition, no skipjack samples were obtained from Clipperton Island. This locality rarely produces skipjack and, in fact, produced none during the period under consideration.

The yellowfin stomachs came, for the most part, from fish in the size range 550-1300 mm., although specimens as small as 253 mm. and as large as 1963 mm. were sampled. The skipjack ranged in size from 399 mm. to 705 mm.

For yellowfin, the largest amount of food contained in a single specimen was 5,163.5 ml. (displacement volume), from an individual 1898 mm. in length caught near the Revilla Gigedo Islands. The most found in a skipjack was 262.9 ml. from a specimen 611 mm. long caught off the coast of Peru.

The total food volume examined from yellowfin stomachs amounted to 244,651.3 ml. and from skipjack 41,153.5 ml. The food of both species may be divided into three general categories: fish, crustacea, and cephalopods. Examination of the 2,846 yellowfin stomachs which contained food revealed that their food consisted, by volume, of 46.9 per cent fish, 45.4 per cent crustacea and 7.6 per cent cephalopods. The contents of 1010 skipjack stomachs indicated that their food consisted, by volume, of 59.1 per cent crustacea, 37.4 per cent fish, and 3.4 per cent cephalopods. Some of the more important elements of the yellowfin diet are the "red crab" *Pleuroncodes planipes*, two species of portunid crabs (*Portunus affinis* and *Euphylax dovii*), squid, flying fish, trunk fish and puffer fish. Important individual components of the skipjack diet are euphausiids, a bathypelagic fish (*Vinciguerria lucetia*), cutlass fish, lantern fish and flying fish. Details of this study, including time and space variations in the diets of the two species, are being prepared for publication.

Fecundity of tunas

Additional specimens of yellowfin tuna with ovaries in advanced stages of maturity have been collected and the gonad samples suitably preserved for counting of ova as time permits.

Fourteen sets of skipjack ovaries in advanced stages of maturity, collected near the mouth of the Gulf of California in November 1959, from fish ranging in total length from 659 to 699 millimeters, have been found to have a fairly wide range of number of ova in the maturing group, from 407,000 to 1,327,000.

Additional collections and ova counts will be made during the forthcoming year, incidentally to other investigations.

Larval and juvenile stages

Occurrence of very young stages of tunas provides direct evidence of recent spawning in the vicinity of their capture,

provided that the passive displacement of eggs and larvae by currents is not extensive. It has been concluded that within the Eastern Tropical Pacific Ocean such displacement is small. Study of young tunas, therefore, aids us in the delineation of areas and seasons of spawning.

During 1960, additional collections of larval and juvenile tunas from the Eastern Pacific were examined and identified. This material originated almost exclusively from catches made in plankton hauls during oceanographic cruises. The material examined in 1960 was obtained during the following expeditions: (1) the TO 59-2 Cruise of the Tuna Oceanography Group of the Scripps Institution of Oceanography in the waters between California and the Gulf of Tehuantepec in late summer of 1959, (2) our Costa Rica Dome Cruise in waters of the Costa Rica Dome as well as in the vicinity of Cocos Island in the fall of 1959, and (3) the TO 60-1 Cruise of the Tuna Oceanography Group in waters between Cape Corrientes, Mexico and southern Baja California in the spring of 1960.

A study of the spawning activity of tunas in the vicinity of Cape Blanco, Costa Rica, was continued until October of this year. The monthly collections of tuna larvae carried out by the personnel of our Puntarenas Laboratory for a period of two years were made in waters 5 to 20 miles off Cape Blanco. Analysis of data thus obtained leads us to the conclusion that the peak of yellowfin tuna spawning there is between February and April.

Although new data on the occurrence of larval tunas in the Eastern Pacific were gathered in 1960, these do not alter appreciably our conclusions as to the time and area of spawning of various species as outlined in the Annual Report for 1959.

Analysis of data on the vertical distribution of tuna larvae, based on catches made with surface, oblique, closing, and Clarke-Bumpus plankton nets, leads us to the conclusion that the larvae are limited in their distribution to the mixed layer.

A report on our findings relative to the geographic and seasonal distributions of larval and juvenile tunas in the Eastern Tropical Pacific and the deductions, based thereon, concerning times and areas of spawning is in preparation. This report will be published as one of the Commission's *Bulletins*.

Studies of young scombroids from other areas

As has been the case for the past several years, a small portion of our time has been devoted to examination of collections of young tunas from other parts of the world ocean. Such

material is submitted by institutions interested in life history of tunas, but unable to handle the problem of identification because of lack of personnel trained in identification of young scombroids. This is of value to our investigation, since biology of tunas from other oceans has many aspects similar to those from our area of investigation. Our findings on one such collection have recently been published in the *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* under the title "Larval Tunas from the Florida Current".

In our collection of young tunas, other scombroids, rather similar in appearance to tunas, have to be separated in the process of identification. Young of bonito (*Sarda*) collected in the Eastern Pacific Ocean, over a period of a few years, provided us with sufficient data to prepare a paper intitled "Notes on Larvae, Juveniles and Spawning of Bonito (*Sarda*) from the Eastern Pacific Ocean". This paper will appear in *Pacific Science*.

To help other scientists keep abreast of recent findings of other researchers working on the early life history of tunas, the recent work of Sun Tsi-Gen "Larvae and Juveniles of Tunas, sailfishes, and Swordfish (Thunidae, Istiophoridae, Xiphiidae) from the Central and Western Part of the Pacific Ocean" was translated from Russian. Copies of this translation have been distributed among specialists.

Schooling habits

Studies of the schooling habits of tropical tunas, by species and by size, were continued during 1960 with the collection of logbook information from the purse-seine fleet and observations by our scientists while tagging tunas aboard bait and purse-seine vessels. During 1960, we published in our *Bulletin* series, a study of schooling habits of yellowfin and skipjack based on data collected through 1958. In summary, it was determined that:

- 1) Purse-seine vessels obtain 90 per cent, and baitboats 65 per cent, of their catches from schools composed of a single species.
- 2) Yellowfin tuna from pure schools are, on the average, larger than those taken from schools of mixed composition. This difference is most striking for yellowfin tuna from the purse-seine catches.
- 3) Skipjack tuna from pure schools did not appear to be any larger, on the average, than those taken from schools of mixed yellowfin and skipjack tuna.

4) Yellowfin and skipjack do tend to school by size, although this is somewhat modified by species relationship within the schools.

Table 6. Mean catch-per-successful-set, in tons, for yellowfin and skipjack tuna taken by the four size classes of purse-seine vessels by major areas of the Eastern Tropical Pacific, 1958-1960.

Size class	North of 20° N			5° N - 20° N			South of 5° N		
	1958	1959	1960	1958	1959	1960	1958	1959	1960
2	13.8	14.2	9.6	—	—	17.1	—	—	—
3	14.3	17.2	12.7	12.2	18.4	17.3	7.9	45.8	—
4	14.2	18.9	14.7	—	19.9	20.5	26.8	32.9	23.1
5	—	19.1	14.9	—	21.4	24.4	—	—	—

We have also computed, each year, the catch-per-successful-set for all size classes of purse-seine vessels, by five-degree areas. A comparison of these data for three major divisions of the Eastern Pacific Ocean is given in Table 6 for the years 1958-1960. It is evident that there are differences in the catch-per-successful-set among the size classes of vessels in each area and among the areas each year. In general, the "local" or northern grounds yield smaller average catches than do the central and southern grounds. Also, the larger vessels catch more fish per set, on the average, than do the smaller vessels. We plan to investigate this matter further, as the recent rapid changes in the composition of the purse-seine fleet have resulted in changes in fishing methods and fishing areas covered by this fleet.

6. Investigations of physical, chemical, and biological oceanography and tuna ecology

The tunas, being completely pelagic at all stages of their lives, are oriented not to the geography of the sea bottom, but to the properties of the water. They are profoundly influenced by the physical, chemical and biological properties of the upper layer of the sea, in which they live. In order, therefore, to understand their life history, their behavior, and the variations in their abundance and in their distributions in space and time, we need considerable knowledge of the circulation of the ocean, of its various properties and processes, and the variations therein, both seasonal and otherwise. The study of the ocean and its effects on the tropical tunas is, therefore, an important phase of the Commission's research program.

The region of the sea inhabited by the tuna populations under investigation is very large, about a million square miles.

Yet successful study of this part of the sea involves even larger areas, since what happens in the Eastern Tropical Pacific is affected by what happens in other parts of the ocean, as it is a continuous single entity. Furthermore, events in the ocean, particularly in the upper layers which are of greatest interest to us, have many of their causes in the overlying atmosphere. At the other end of this scale, we need to study in some detail physical, chemical, and biological processes in particular small sea areas, since it is these which determine the local abundance and aggregation of the tuna both by direct physical influences and by effects on the tunas food organisms.

Fortunately, knowledge of the ocean is needed not only for understanding the tuna fishery, but other fisheries as well, and is also important for other purposes, including weather forecasting, shipping, and military operations. Thus, the effort being directed toward oceanographic problems important to the tuna fishery, is very much greater than could be supported by our agency alone. Our staff works in close cooperation with other marine scientists engaged in related oceanographic research.

Research along these lines during 1960 has included a number of activities:

Research cruises

STEP I

During the period 15 September to 14 December 1960, the STEP-1 Expedition was conducted aboard R/V HORIZON. Sponsorship and financial support were provided by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, the Inter-American Tropical Tuna Commission, the National Science Foundation and the Office of Naval Research. The scientific party consisted primarily of personnel of the Tuna Commission and of the Scripps Institution of Oceanography; in addition, one Danish scientist participated in portions of the cruise. The purpose of this expedition to the Eastern South Pacific was as follows:

1. To examine the physical, chemical, and biological characteristics of the north boundary of the Peru Current.
2. To extend the detailed coverage of oceanographic measurements off the west coast of South America by making profiles far offshore between the equator and 24°S, by making observations to great depths at approximately 300-mile intervals, and by increasing the number of properties measured and the quality of measurements.

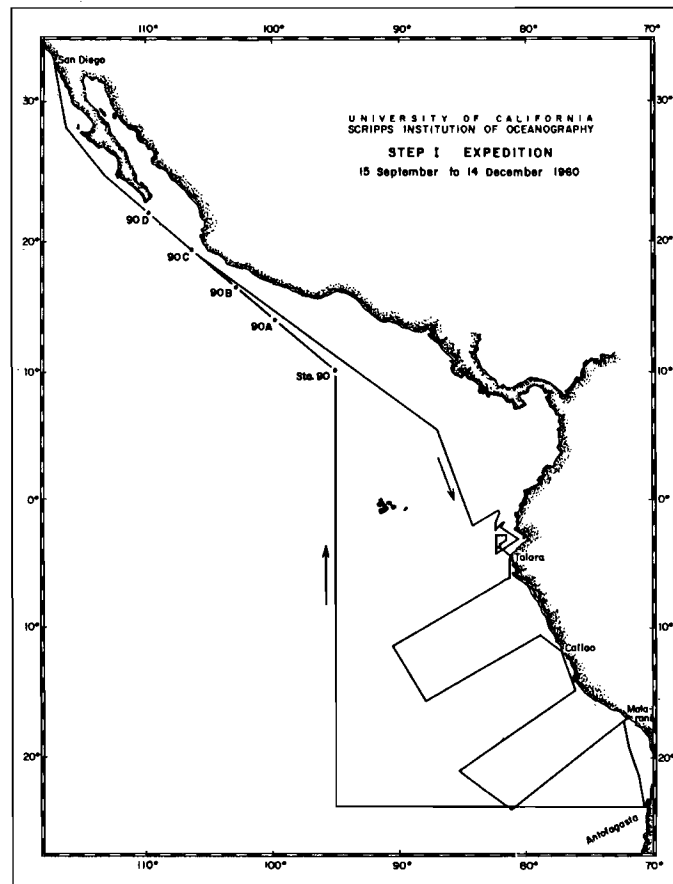


FIGURE 15. STEP-I, ship track.

3. To look for the presence of a Peruvian undercurrent and a south equatorial countercurrent.

4. To examine the possibility that the Peru Current and the northward current along the Chilean coast are separate circulations.

5. To measure the productivity of the Peru Current region and to examine quantitatively the various links in the food chain from the phytoplankton to commercial species of fish.

6. To provide additional materials for the study of indicator organisms to identify water masses.

The ship's track and station plan are shown in Figures 15 and 16. The following observations were made:

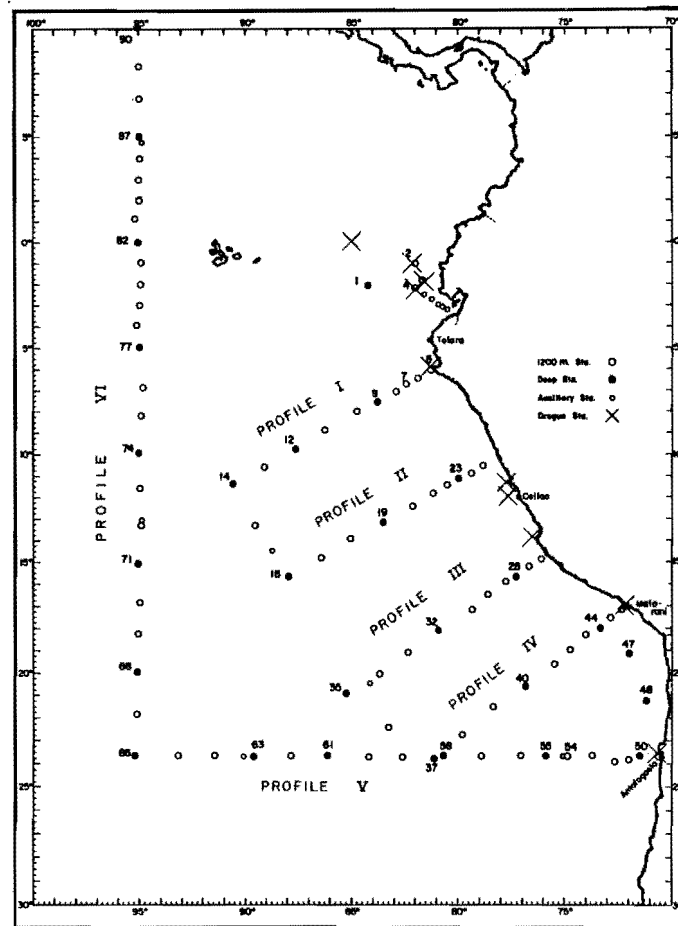


FIGURE 16. STEP-I, station positions.

a. Underway observations

While underway to, from and between stations, continuous records of depth to the bottom (with Precision Depth Recorder), surface temperature (Taylor Recording Thermograph), and incident solar radiation (Eppley pyrheliometer) were maintained. Frequent lowering of the 900-foot bathythermograph were made, at ten-mile intervals in regions of particular interest, and at fifteen-mile intervals elsewhere. At the time of each BT lowering, a surface salinity sample was collected. Surface weather observations were made at three-hour intervals. In two regions (see later) frequent measurements of surface currents were made with the GEK. Biological collections and measurements of phytoplankton and nekton were also made. Sur-

face chlorophyll was routinely determined three times a day, at daybreak, local noon, and sunset. Carbon fourteen uptake of surface water was measured with trailing bottles, as well as in a simulated *in situ* shipboard incubator, on samples taken at daybreak and local noon.

b. Current measurements

Throughout most of the area investigated by the expedition it is not possible to use the geomagnetic method of measuring surface currents because of proximity to the magnetic equator. In two regions, however, northwest of Talara near the north boundary of the Peru Current system, and offshore from Antofagasta, numerous GEK observations were made with neutral buoyant cable using a standard right-handed jog pattern.

On the equator east of the Galapagos Islands, at two locations north and two locations south of the supposed boundary of the Peru Current system, and at six locations along the coast of South America from Punta Aguja (at 4°S) to Antofagasta (Figure 16), measurements of surface and subsurface currents were made with freefloating parachute drogues. Customarily there were two drogues at 10 meters, two at 150 meters and two at 300 meters (these depths were only approximate). Where possible, small islands near the edge of the continental shelf were used as reference points; elsewhere a deep drogue, at approximately 1000 meters, was employed. The surface pole of each drogue was equipped with a radar reflector and the SPS-5 radar was used to determine their motion relative to the reference point. Drogues were followed for periods of 24 to 48 hours. These periods were often utilized for the making of *in situ* productivity measurements by the C¹⁴ technique, and, in some cases, parallel series were run in the shipboard simulated *in situ* incubator.

c. Oceanographic stations

On the six major profiles of the expedition, stations were located at 40- to 100-mile intervals, depending on their proximity to the coast. Between 5°S and 5°N on Profile VI, stations were located at each degree of latitude. Approximately two-thirds of the stations were sampled at 20 levels to a depth of about 1200 meters. On these standard stations, the bottom eleven Nansen bottles were routinely sent to the depths 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1200 meters. The top nine bottles were placed at depths suggested by the examination of the

station bathythermograph. On a third of the stations, at approximately 300-mile intervals, a second cast was made to the greatest depth possible, with bottles at 300-meter intervals. On two stations in the South American Trench, depths greater than 6000 meters were attained. On four stations extra Nansen bottles were used to collect two-liter samples at depths of 0, 1000 and 4000 meters at the request of Dr. R. Cox of the National Institute of Oceanography, England.

All Nansen bottles were manufactured at the Scripps Institution and were internally coated with epoxy resin to minimize problems of contamination or oxygen uptake. Delays from pretripping or posttripping of the bottles were reduced by listening to the bottle reversings, using the echo sounder transducer as a hydrophone.

Temperatures were measured with paired protected reversing thermometers. Eleven of the twenty bottles in use also carried unprotected reversing thermometers for the measurement of pressure. Salinity determinations were made in duplicate with a UW-PNL conductivity salinometer. Usually only single determinations of underway surface samples were made. All water samples from oceanographic stations were analyzed for dissolved oxygen, phosphate-phosphorus, silicate-silicon, and nitrite-nitrogen. Residual water from selected stations (including all deep stations) was frozen in polyethylene containers for subsequent analyses of nitrate-nitrogen and total phosphorus. Dissolved oxygen was determined by the Winkler method, single determinations being made routinely. Phosphate and silicate were determined by modifications of standard methods, such as those described by Strickland (1958). Nitrite was determined by the method of Bendschneider and Robinson (1952). A Beckman Model DU spectrophotometer with 10-cm. absorption cells was used for these determinations.

All physical and chemical data were processed at sea. A graphical method developed by Hans Klein of Scripps Institution was used for interpolation and computation of related parameters. After salinity was plotted as a function of temperature, a curve of thermosteric anomaly vs. depth was derived. Numerical integration of this curve gave a quantity $\Delta D'$ related to the geopotential anomaly. Dissolved oxygen, phosphate and silicate were plotted as functions of thermosteric anomaly, the characteristic curves then being drawn with reference to those of neighboring stations. Depths of standard values were read off and used to construct profiles of the various properties.

After departure from Station 90, four auxiliary stations (90 A-D) were occupied for studies of chemical properties (see Figure 15). Thermometers were not used on these casts, but depths which reached from 500 to 600 meters were determined from wire angles.

At nearly all stations an oblique zooplankton haul was made from a depth of about 300 meters to the surface with our standard one-meter zooplankton net. At about half the stations horizontal hauls were made at several depths with large Clarke-Bumpus closing nets, and at many stations oblique hauls were made with the Blackburn nekton net.

On stations occupied near local noon, measurements of transmission of light to various depths were made by lowering an electro-photometer. Water samples from depths corresponding to specified percentages of surface illumination were taken for determination of chlorophyll; from these same depths were made determination of photosynthetic rate in the simulated *in situ* deck incubator developed by the Scripps Tuna Oceanography Research Project; at some stations water samples were also preserved for subsequent examination of species composition of phytoplankton.

It is confidently expected that the analysis of the large quantity of data gathered on this expedition will lead to a vastly improved understanding of the physical, chemical, and biological oceanography of the region south of the equator off the coast of South America, and thus contribute substantially to our understanding of the ecology of the tropical tunas in this region.

Cruises of the Scripps Tuna Oceanography Research Project

Staff members of this project, which is an operation of the Scripps Institution of Oceanography under contract with the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, completed a cruise during May 1960, to obtain physical, chemical, and biological data from Cape San Lucas to Tres Marias Islands and offshore to longitude 112°W. None of our staff participated in this cruise but we plan to use some of the data in our studies.

Cruises of the Consejo de Investigaciones Hidrobiologicas of Peru

Additional cruises were made off Peru by the M/V BONDY. Plankton samples are being furnished to us, together

with such physical and chemical data as were taken, for our studies of indicator organisms, and other research.

Research on the Costa Rica Dome

The Costa Rica Dome Cruise, mentioned in the Annual Report for 1959, was planned to provide detailed information on the thermal dome which exists about 200 miles west of Costa Rica. During 1960, the data report was published and analysis of the physical and chemical data was nearly completed.

Oceanographers usually adopt 1000 meters depth as a depth of no motion, a requirement for computing geostrophic motion. However, the Costa Rica Dome data indicate that the counterclockwise eddy motion of the Dome existed deeper than 1000 meters, and investigation showed that 1500 meters depth was a better choice.

The geopotential topography of the sea surface (dynamic heights) defined the Dome as an essentially circular eddy of about 150 miles diameter centered at 9°N 88°W. The rest of the surface flow in the area was counterclockwise also, joining the Dome on the southwest and leaving it on the west. Thus a null flowline lay in 8°N, west of 89°W. Surface current speeds ranged between 0.5 and 1.5 knots and were highest on the east side, between the center of the Dome and Costa Rica.

In order to calculate the volume transport of water flowing in the Dome, it was first necessary to manipulate the equations of motion to correspond with the given physical situation. The simple equations for geostrophic volume transport could not be used because flow in the Dome changes latitude; this, in turn, imposes some unrealistic restrictions on the nature of volume transport in an eddy. The equations of motion used here include the inertial or field acceleration terms which usually are ignored. Three assumptions were required: first, that relative vorticity is conserved; second, that motion is in a circle; and third, that there is no horizontal divergence.

Of the three assumptions the first two are considered to be reasonable. The third precludes upwelling at the center of the Dome, which does not agree with observation. The relatively high inorganic phosphate and low dissolved oxygen concentrations observed near the surface at the center of the Dome suggest that upwelling does indeed occur. However, the process of upwelling may be due to the presence of the Dome and to the very shallow thermocline associated with that feature and not to the circulation of water around the Dome. Any agency

such as wind mixing, which could cause an erosion of the shallow thermocline, or heating, which would disturb the steady-state distribution of density in the Dome, would result in an outward transport of surface water too low in density to remain at the center. This would be replaced from below (upwelling). Such a thermohaline process would proceed independently of flow around the Dome and hence the third assumption would not be unrealistic. This is a subject for further investigation.

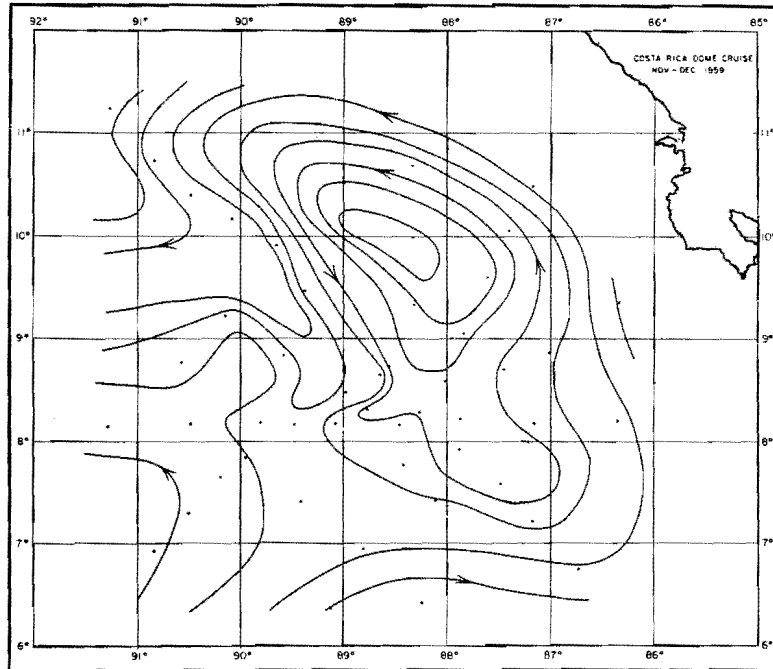


FIGURE 17. Integrated volume transport (0-1500 db) in the region of the Costa Rica Dome. Contour interval $5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$.

The volume transport calculations defined the Dome as a counterclockwise eddy in which flow through any radial section is about $22 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$. (Figure 17). This is a rather large transport; it is equivalent to one-quarter to one-third of flow in the Gulf Stream. In addition, a transport of at least $15 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$, probably from the Equatorial Countercurrent, joins the Dome on the south and leaves it on the northwest. Therefore, northward transport between the center of the Dome and Costa Rica is at least $37 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$. The phrase "at least" must be used because observations were not made to the coast. The center of the Dome was at $9^\circ\text{N } 88^\circ\text{W}$ according to geographic surface currents, and at $10^\circ\text{N } 88^\circ\text{W}$ according to the transport

calculations, showing that the axis of the Dome inclines northward with depth.

A manuscript incorporating these results is expected to be published in our *Bulletin* series in late 1961.

Circulation in the near vicinity of islands

The Island Current Survey of 1957 was undertaken to examine the changes that islands and seamounts effect in the physical circulation or biochemical cycle, which result in greater supplies of food for tunas in their immediate environs. The result of this investigation, made chiefly at the Revilla Gigedo Islands, was that the not-clearly-documented eddying and upwelling due to the presence of an island were considered insufficient to alter the environment to the degree required to explain the accumulation of tunas. It was concluded that the tunas may be supported by herbivorous or detritus-feeding organisms which feed on the phytoplankton which occurs in the vicinity of the island, much of which may accumulate on the bottom, and also perhaps on sessile plants growing on the island slope.

The undertaking of the Costa Rica Dome Cruise during 1959 afforded the opportunity for making observations near Cocos Island (see Report for 1959). Although here again nothing was learned of perturbations of the biochemical cycle, these data, together with some of the observations made at Clarion Island during the Island Current Survey, have suggested a general pattern of circulation in the near vicinity of remote islands. Nearly completed for publication is a manuscript which describes this circulation pattern in a qualitative manner.

The two factors which determine flow perturbations due to an island are considered to be horizontal divergence and boundary friction. Both lead to a creation of vorticity which, in turn, can lead to curving of streamlines, establishing of horizontal current shears, or deepening of current layers. For the case of a two-layer ocean in which there is no motion in the lower layer and an easterly current in the upper layer which impinges on a remote island, there will be only a deepening of the upper layer off the southwest face of the island, while off the northeast face any of the three effects may occur. Field observations suggest that both curving of streamlines and deepening of the upper layer result. Therefore, a water particle passing south of the island will experience essentially no deflection, while one passing north of the island will curve in behind the island. The observations at both Clarion Island and Cocos Island agree with the qualitative argument.

Iisentropic analysis of Eastropic data

The description of the general surface circulation of the Eastern Tropical Pacific Ocean by means of isentropic charts (see Report for 1959) is nearing completion. These will form an atlas having 63 charts and will probably be published in 1961. In addition to the charts mentioned in the Report for 1959 there will be included charts of inorganic phosphate concentration in the isentropic surfaces, charts for the sea surface of percent dissolved oxygen, and of surface current as measured by geomagnetic electrokinetograph (GEK).

Oxygen-phosphate relationship

The oxygen-phosphate relationship which relates the increase of inorganic phosphate concentration to the decrease of dissolved oxygen content in a water column not in contact with the atmosphere was mentioned in the Report for 1959. Until late in 1960 there was no further investigation of this subject. At that time about one-quarter of the Eastropic phosphate determinations, which earlier had been discarded because of an unexpected nonlinear response of a photometer, were re-examined and considered usable. In particular, phosphate values were provided for those stations occupied off the west coast of Mexico, in that region where very low dissolved oxygen contents exist in and below the thermocline, attaining depths as great as 800 meters. For these stations it was found that the ratio of one mole of PO_4 produced at the expense of 117.5 moles of O_2 held only for dissolved oxygen contents exceeding about 0.3 ml L^{-1} . Below that concentration there was always an excess of phosphate, suggesting that under nearly anaerobic conditions some other agency, such as sulphate-reducing bacteria, enters the decomposition process. More investigation of this subject is planned.

Thermocline topography

Reduction of bathythermograph data to provide seasonal charts of thermocline topography for the area extending from the equator into 25°S , and from 120°W to the South American coast, is in process. In addition, temperature gradient in the thermocline and temperature at the top of the thermocline are being considered. These charts, which are expected to be published in 1961, will supplement those which were prepared by Townsend Cromwell and published in our *Bulletin* series.

Preliminary results suggest that at the coast of Peru and Chile thermocline depth is essentially invariant throughout

the year; that south of 15°S and west of 85°W (under the Eastern South Pacific high pressure cell) there is a deep permanent thermocline at depths of at least 150 meters and sometimes as much as 250 meters; and that areas exist in which there is no thermocline during two or more seasons of the year.

Disposition of the Cromwell Current waters

Because the Cromwell Current (Pacific Equatorial Undercurrent) flows in our region of interest, there was started during 1960 an investigation of the influence of this current on the distribution of properties in the Eastern Tropical Pacific Ocean. Identified with the undercurrent are high dissolved oxygen and low inorganic phosphate concentrations. Figure 18 shows the distribution of dissolved oxygen in an isentropic surface which on the equator occurs in the undercurrent, but about 60 meters below the current maximum. This distribution of oxygen, derived primarily from Eastropic data, suggests

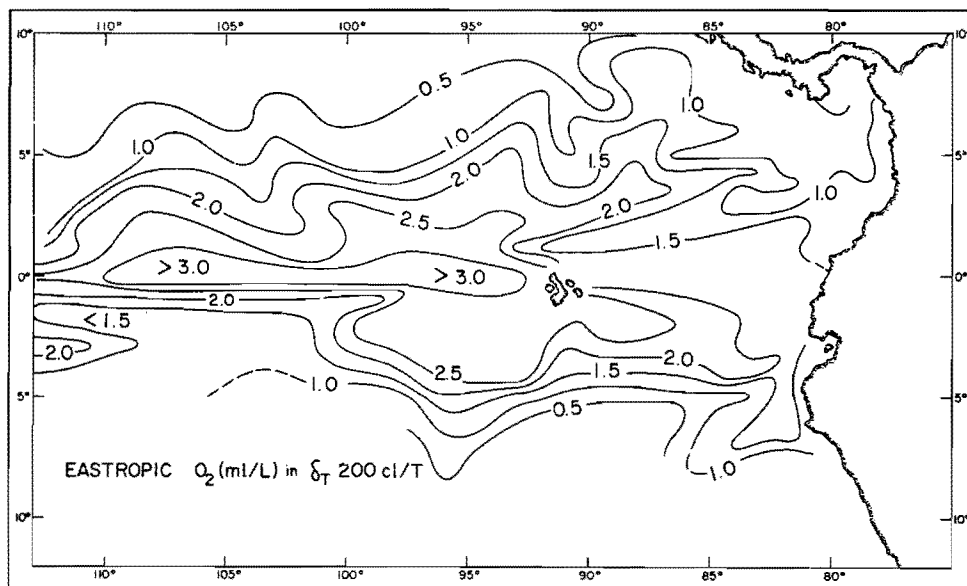


FIGURE 18. Distribution of dissolved oxygen (ml L^{-1}) in the thermocline anomaly surface 200 cl T⁻¹.

rather strongly that, along a section extending several hundred miles westward from the Galapagos Islands, there is a dispersing to both hemispheres of the undercurrent waters. Further, the tongues of relatively high dissolved oxygen content indicate that from the dispersal area there is flow southeastward toward the Peruvian coast, possibly to balance the coastal upwelling there; some contribution to horizontal flow in the Costa

Rica Dome current system; and flow eastward toward the Panama Bight.

Aspects of the nature of circulation in the Eastern Tropical Pacific

The horizontal motions of the preceding section were inferred from the distribution of dissolved oxygen; the fact that concurring geostrophic motions exist in the isentropic surface is demonstrated by Figure 19 which is derived from the same set of data.

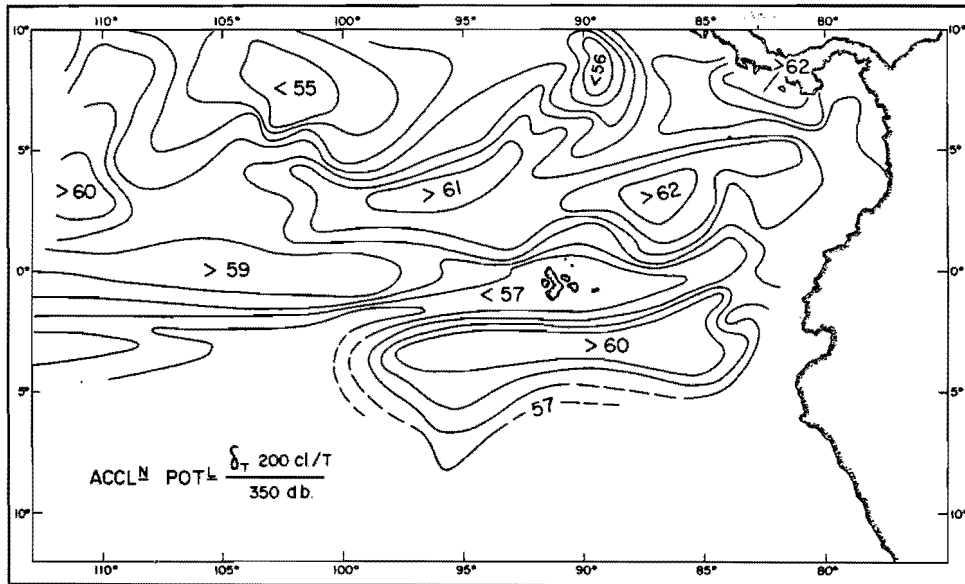


FIGURE 19. Acceleration potential (dyn cm) in the thermocline anomaly surface $200 \text{ cl } T^{-1}$, relative to an assumed equipotential surface at 350 db.

However, the most interesting aspect of Figure 19 is not that the indicated motions agree with those of Figure 18, but that the classical picture of the equatorial current system - that of the eastward flowing Equatorial Countercurrent bounded by the westward flowing North and South Equatorial Currents - does not appear. Instead, along what would be the boundary between the North Equatorial Current and the Equatorial Countercurrent are counterclockwise eddies (domes), and along the Equatorial Countercurrent - South Equatorial Current boundary are clockwise eddies (hollows). Since the eddies tend to be asymmetrically located, they tend to satisfy a stability criterion for the two-dimensional eddy motion. Important implications of this are:

a) Vertical motion through the density surface is negligible. This supports an isentropic investigation of circulation.

b) In the equations of motion for this area vertical motion can be neglected because of (a), but the inertial or field acceleration terms must be included. This means that the geostrophic equation is insufficient to describe flow in this region.

c) Since such a system of eddies can be produced by a steady force, the origin of this system (and therefore of the Costa Rica Dome) may be due to the tradewinds, the agency responsible for the equatorial current system.

This subject will be investigated in detail during 1961.

The "El Niño" phenomenon

Consideration of meteorological prerequisites for the oceanic "El Niño" phenomenon, a project undertaken by the Department of Meteorology at U.C.L.A. under the sponsorship of the Tuna Commission, was completed during the year when Prof. J. Bjerknes submitted a final draft manuscript. Publication of his report in our *Bulletin* series is expected in early 1961.

Bjerknes describes three mechanisms which lead to "El Niño". The usual occurrence is due to a perturbation of a seasonal cycle. Mean monthly sea-surface temperature charts showed that each northern fall there is a transequatorial transport of surface water into the southern hemisphere east of the Galapagos Islands. For "El Niño" the first requirement is an ocean-wide weakening of the northern Pacific tradewinds which results in a relatively deep thermocline off the American coast north of the equator. This allows an abnormally large transequatorial transport of surface water. A second requirement is weaker-than-normal southeast tradewinds south of the equator, which allows the warm, low salinity surface water, turned toward the South American coast by Coriolis action, to reach relatively a much higher southern latitude.

Two documented "El Niño" phenomena were of a different nature. In 1891 the southeast tradewinds of the southern hemisphere may have been weak to a degree never experienced since then. This would allow, as records indicate occurred, a transport of warm surface water from the west, south of the equator. The "El Niño" of 1925 is attributed to the anomalous occurrence of northwest, rather than north, winds over Panama Bight. Wind drift of warm, low salinity surface water was therefore southward, along the Colombian coast and across the equator.

Prof. Bjerknes will continue further studies of the effects of meteorological phenomena on the Eastern Pacific Ocean, under our sponsorship.

Indicator organisms

Study of data obtained from zooplankton samples taken with the enlarged Clarke-Bumpus samplers during one of the cruises of the Scripps Tuna Oceanography Project in 1959 and on the Costa Rica Dome Cruise has shown that certain species of Chaetognatha potentially may be used as indicators of the movements of bodies of water. A manuscript incorporating the results of this investigation is in press in the *Bulletin* series.

In view of the promising results obtained from the study mentioned above, a similar investigation has been commenced to survey the use of indicator species in the waters off Peru. Particular attention will be given to the possibility of using biological indicators to study the question of the origin of "El Niño" water. Hydrographic data and zooplankton samples collected by the staff of the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas during 1958, 1959, and 1960 have been received and partially analyzed. These data are being used to develop a picture of the seasonal distributions of temperature, salinity and arrow-worm species, and how these are related. Also, they will serve as a background for the analysis of the hydrographic and zooplankton data obtained during STEP I Expedition. The latter, as noted earlier, consists of numerous series of stratified hauls made with the enlarged Clarke-Bumpus samplers and such hydrographic features as temperature, salinity and oxygen.

Sea-surface temperatures

In order to keep track of changes in the general regime of the surface layer of the Eastern Pacific Ocean, it has been found that monthly synoptic charts of sea-surface temperature are very useful. The San Diego Biological Laboratory of the U.S. Bureau of Commercial Fisheries commenced, in January 1960, the preparation of such charts at the close of each month, based on temperatures reported by tuna vessels, shore stations, and merchant vessels (the latter being obtained through the cooperation of the U.S. Weather Bureau).

Unfortunately, there is a near hiatus in these charts south of the equator, because there is no regular reporting by merchant vessels from that region. Arrangements were made for

the Naval Radio Station at Balboa, C.Z., to receive such reports and relay them to the Weather Bureau's communication circuit in the U.S. However, no means has yet been developed for getting vessels to transmit reports to Balboa. It is hoped that this may be accomplished in the near future, since such data received currently would be of the greatest utility in forecasting tuna fishing success off northern South America.

As noted in the last Annual Report, the sea temperatures over most of the Eastern Pacific, after being much above the long-term average since 1957, began to cool about mid-1959. During most of 1960, the temperature regime was near the long term average, and currently it is below average over much of the region. In consequence, tuna fishing, especially for yellowfin, remains poor off Peru. However, success of fishing for yellowfin in the Eastern Tropical Pacific as a whole has improved because of greater availability toward the center of the range. It is to be expected that during the first half of 1961, at least, poor fishing will be experienced off Peru, but improved fishing further northward, especially off Central America.

7. Investigation of biology, ecology and life history of baitfishes

Baitfish studies during 1960 were directed to a wide variety of investigations, largely concerned with the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), although some progress was made on studies of the life history of thread herring (*Opisthonema*), and a small engraulid (*Anchoa naso*) used as tuna bait near Manta, Ecuador.

Analysis of the age, growth, sexual maturity and spawning of thread herring (*Opisthonema*) from the Gulf of Nicoya was initiated during the year at our headquarters laboratory upon completion of the necessary collections. Preliminary investigation showed the presence in the population both of sexually mature fish and of juveniles smaller than 60 mm. in all months of the year; it was clear that spawning occurred continuously. When the length-frequency distributions were plotted, no increase with time in the average length of the fish in the modal groups was apparent; thus, a study of these distributions could not be used to determine the age and rate of growth.

In a further attempt to elucidate the biology of the thread herring, collections were made in the Gulf of Panama, and a study of the scales of thread herring from both areas was undertaken. Although rings were present on the scales, no clear

relationship was found between the scale markings and the age and rate of growth.

However, during the study of the scale markings, the scales from two collections of fish from the Gulf of Panama were noted to be smaller than those of any other thread herring of comparable size collected there. Subsequent morphometric measurements and counts of these thread herring from the Gulf of Panama, and some thread herring from the coast of the Eastern Pacific from various localities from Peru to Mexico, showed the presence of three separate species of thread herring rather than the one (*O. libertate*) previously considered present. The separation of these three species is most apparent when the number of gill rakers on the ceratobranchial portion of the gill arch is plotted against the standard length of the fish. Figure 20 shows the provisional ranges of the number of ceratobranchial gill rakers of the three species. For thread herring longer than 70 mm., *O. libertate* has the greatest number of gill rakers; *O. bulleri* has the least number of gill rakers (about one third of the number possessed by *O. libertate*); and the third, previously undescribed, species has a number of gill rakers intermediate to the other two. Other morphological differences were also found. The three species are distributed over the same geographical range; collections from one area occasionally contain all three. Further measurements and counts of thread herring from various collections along the coast are being made in conjunction with a staff member of the Biological Laboratory of the U.S. Bureau of Commercial Fisheries at La Jolla, prior to publication of the detailed results.

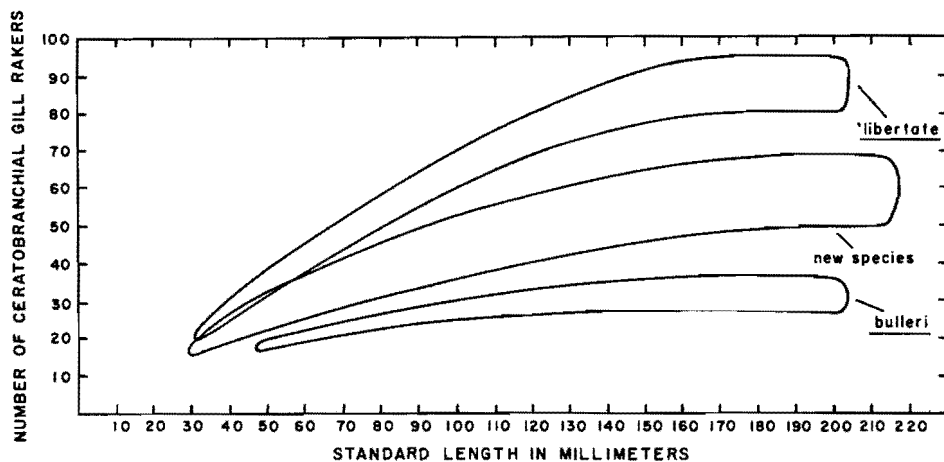


FIGURE 20. Provisional ranges of the number of ceratobranchial gill rakers for *Opisthonema libertate*, *O. bulleri*, and *O. sp.*

Because the previous study of the life history was based on what is apparently three rather than one species of thread herring, it will be necessary to re-examine the material. It is possible that the separation of the collections on the basis of three species will lead to a clearer understanding of their biology.

A study was also begun during 1960 of the fecundity of anchovetas from the Gulf of Panama. Approximately 85 females, ranging from 115 to 162 mm. long have been examined.

The procedure used consisted of weighing and measuring the fish, weighing the ovaries and samples of them on a microbalance, mounting each sample in glycerin between two glass slides separated by strands of thread, and counting the eggs from microprojections. Prior to counting, however, 100-200 eggs were measured to define the distribution of the largest (spawning) mode with relation to that of the smaller eggs.

While the detailed analysis of the data has not yet begun, it appears that the length-frequency relationship is linear. Females 115 mm. long have approximately 15,000 eggs in the largest mode and females 150 mm. long have approximately 50,000 eggs.

Studies were also conducted regarding the feasibility of determining the age of anchovetas from Guaymas and the Gulf of Panama by means of scale markings. Specimens used in the study were chosen to represent as many months of the year as possible. Six scales were taken from each fish from the area just above the posterior tip of the pectoral fin, and were mounted dry between two glass slides. The scales were examined by means of microprojections.

Although scales from Panama anchovetas larger than about 115 mm. often have one or two definite marks resembling the annuli of other clupeoids, the analysis showed that the marks were useless for age determination.

Analysis of the Guaymas scales was inconclusive because only a very small number of specimens had scales with markings, and material was lacking for many months of the year. While larger samples more evenly distributed over the year would be required to complete the study, we do not contemplate further work on this project at this time, at least, because of its relative unimportance.

Work was continued during 1960 on the identification of the larval stages of the anchoveta, using cleared and stained

specimens collected in Panama during 1956-57. The problem is greatly complicated by the fact that ten other very similar engraulid species inhabit the same waters. Adult and juvenile anchovetas are easily separated from other species on the basis of meristic and morphological characters, but in specimens smaller than about 25 mm. length, these distinctions no longer exist.

Detailed studies were made to find distinctions in pigmentation, anatomy, meristic counts and body proportions. It was found that engraulid larvae are only sparsely pigmented and no distinctive patterns of pigmentation were evident. Furthermore, no differences were evident from a careful study of the soft anatomy.

Meristic counts were found to be of limited value. For example, using a combination of counts of vertebrae and anal fin rays from the larger larvae, it was possible to simplify the problem to one of distinguishing the anchoveta from only four other species. In larvae smaller than 15 mm., however, fin ray complements are incomplete and the problem reverts to its former complexity.

Considerable attention was given to a detailed study of skeletal structure and sequence of ossification. Approximately 3000 larvae selected from 20 samples were stained with alizarin red and carefully compared. It was found that the pectoral girdle of the anchoveta is distinctive in shape and position, but only in specimens larger than about 22-23 mm. long. No differences of this type were found which might prove useful in distinguishing smaller larvae.

A study was also made of morphometric measurements of larvae including body length, head length, eye diameter, body depth, and the distances from snout to origin of anal and dorsal fins. This approach to the problem was also fruitless.

At present there is being studied the possibility of using serological techniques to distinguish anchoveta larvae from other engraulid species.

Investigations in the Gulf of Panama

Activities at our Panama laboratory during 1960 were devoted almost exclusively to various aspects of tagging of anchovetas. Additional live-box experiments were carried out in May and June, followed by a full-scale field tagging experiment during the period June through September.

The live-box experiments conducted in 1959 demonstrated the feasibility of tagging anchovetas with internal tags. In 1960 additional live-box experiments were conducted in order to investigate the possibilities of refining the technique by use of anesthetics to tranquilize the fish and antibiotics to prevent infection of the incisions where the tags are inserted.

Three anesthetics, MS 222 (tricaine methane sulfonate), Dormison (methyl pentynol) and tertiary amyl alcohol were tested. The fish anesthetized with Dormison and tertiary amyl alcohol experienced somewhat higher mortalities than the control fish and, in addition, the action of these anesthetics was too slow for practical field use. MS 222 at 0.4 grams per gallon also appeared to be slightly harmful to the fish; however, at 0.2 grams per gallon no ill effects were evident and the struggles of the fish were sufficiently reduced to make tagging considerably easier.

Antibiotics were administered to the fish in three ways. Liquid terramycin was dissolved in the water where the fish were anesthetized, the tags were immersed in a mixture of liquid terramycin and penicillin before use, and the scalpel blades used to make the incisions were dipped into a similar mixture.

It was hoped that the antibiotic treatment would be helpful in decreasing the mortalities of the tagged fish by reducing the incidence of lethal infection of the incisions through which the tags were inserted. In addition, observations made of the tagged fish in the live boxes in 1959 had shown that many of the incisions, instead of healing properly, had become enlarged, presumably as a result of infection. Since these enlarged incisions, even if they are not lethal, probably cause shedding of the tags, it was hoped that the antibiotic treatment would reduce their incidence and thus decrease the losses of the tags.

The mortalities of the tagged fish took place principally during the first three days after tagging, and it is likely that most of them were the result of the combined shocks of catching, handling, tagging, and confinement, rather than infection. There is no evidence that the antibiotics were helpful for reducing the mortalities of the fish that survived more than three days after tagging. However, the use of antibiotics may have reduced the shedding of the tags from about 35 to about 25 per cent.

In 1960, the first successful tagging program with anchovetas was accomplished. Most of the fish were caught with

cast nets, though some were obtained from purse-seiners on a few occasions. The tagging was conducted aboard the Commission's research vessel, *Saint Jude*, and the fish were released in schools near the area of capture. Internal tags were used, and treatment with MS 222 and antibiotics as described above was employed.

Fish were tagged in all the major fishing areas of the Gulf of Panama except Bahia Parita and Isla Maje. A total of 53,380 fish was tagged, 15,370 near Isla Verde (including the area from Punta Chame to Vique), 11,721 near Panama Viejo, 2,192 near Rio Pacora, 10,882 near Isla Chepillo, 6,629 near Punta Mangle, and 6,586 at Bahia San Miguel. The tagging was commenced on June 21 and continued through September 30.

Through the cooperation of the operators, magnets for recovering the tags from the fish meal were installed at both reduction plants. Tests were conducted at each plant at intervals of approximately two weeks to determine the percentage of tags that was recovered and the time required for the tags to reach the magnets. Each of these tests consisted of tagging 100 dead fish and distributing them in the bins in the plant as the fish were unloaded from one of the boats. The percentages of tags recovered were quite consistent, ranging from 82 to 93 per cent at one plant and 84 to 96 per cent at the other. The great majority of the tags was recovered after the group of fish containing the tagged ones and the following group were processed.

A total of 622 recoveries was made through the end of the year. Of these, 618 were tagged and recovered near Isla Verde, two were tagged and recovered near Panama Viejo, one was tagged near Panama Viejo and recovered near Isla Verde, and one was tagged near Isla Chepillo and recovered near Isla Verde. The method of tag recovery precludes absolute certainty as to where the fish bearing any particular tag was caught, however, since fishing occurred in more than one area and since the tags sometimes take several days to work their way through the plants to the magnets. Nevertheless, the interpretations that were made are undoubtedly correct in the vast majority of cases.

The fact that there is very little fishing for reduction purposes except in the Isla Verde area prevents the determination of the extent of migration of fish from this area. Since large numbers of fish were tagged in areas outside Isla Verde and

only two of these tags were recovered there, it is likely that there was very little migration into the Isla Verde area during the period under consideration. Subsequent recoveries, however, may show migration into the area during some other season. Because of the apparent lack of fish in some other areas during the spawning season, it is suspected that spawning migrations may occur; however, there is not yet any evidence of such migrations from the tag recoveries.

Considerable variations in the percentages of recoveries made from fish tagged at Isla Verde on different dates are evident. The following recovery percentages were made from fish tagged in that area: June 21, 3.15; July 1, 4.44; July 12-13, 0.43; August 4-6, 3.99; August 10-12, 4.92; September 20-21, 4.66; September 20-30, 4.82. Naturally, all other things being equal, the total recoveries should be highest for the fish tagged earliest in the season.

Although the tagged fish were released in schools, these schools broke up within a few days and the tagged fish scattered themselves among the other schools. Evidence of this is provided by the fact that the tags from fish released in the same schools were recovered on many different days, and the number of tags recovered per 100,000 pounds of fish processed for each release of tags was remarkably consistent from week to week, except for a decline in the recovery rate during the first month after tagging due to the shedding of some of the tags.

The 1960 catch of anchovetas in the Gulf of Panama for reduction to meal and oil was considerably less than that of 1959. The drop in price of fish meal brought about by heavy production in Peru made it unprofitable, or nearly so, to export meal from Panama. However, there is a demand for fish meal in Panama, which makes production on a limited scale still a profitable venture. The operators of the two reduction plants hope to increase the demand for fish meal in Panama and also to make their production of meal and oil sufficiently efficient that they can sell it on the world market. Thus it is not unlikely that the catch in 1961 will be greater than that in 1960.

The fishery in 1960 took place almost entirely in the area from Punta Chame to Vique, this area being closest to the reduction plants. Since tagging experiments have shown very little interchange of adult fish among different areas, at least during the time period encompassed by those studies, it is evident that unequal fishing pressure is being exerted on the stocks of the various areas within the Gulf of Panama. Although

anchovetas were the mainstay of the reduction fishery through most of the year, thread herring provided the majority of the catch from mid-October through December.

The study of the feeding habits of anchovetas of the Gulf of Panama initiated in 1959 was continued on a limited scale.

The juvenile, pelagic-stage fish, up to about 90 millimeters in length, had consumed mostly diatoms, but a few very small crustaceans, probably copepod larvae, were also in evidence. The amount of food in the stomachs of these fish was strikingly small, even taking into account their diminutive size. The amount and appearance of the food in the stomachs of fish of the same sample were quite similar, but often differed considerably among different samples.

The larger, demersal-phase fish, over about 90 millimeters in length, feed by filtering diatoms, dinoflagellates, and foraminifera from the mud. What part organic detritus and such undetectable organisms as naked protozoa and bacteria play in the anchoveta's nutrition is not known. The anchoveta shares this method of feeding with only a few other fish, notably the mullets, the gizzard shads, and the milkfish. All of these, including the anchoveta, have gizzard-like stomachs and a number of other anatomical characteristics in common.

Productivity in the Gulf of Panama

Analyses were continued of the meteorological, hydrographic and biological data from the Gulf of Panama, collected biweekly over a four-and-one-half year period.

The opacity of the water proved to be related to the phytoplankton standing crop in the upper 25 meters: extinction coefficients were significantly related to chlorophyll "a" concentrations per unit of sea surface. The correlation coefficient was 0.38 which, although small, is highly significant. The following expression defines the average relationship:

$$\text{extinction (k)} = .10 + .0031 (\text{mg.chl. "a"}/\text{m}^2)$$

The efficiency of photosynthesis for the water column, on the basis of photosynthetically active light incident on the surface, was about 0.2 per cent during the non-upwelling season and about 0.3 per cent during the upwelling season.

For twelve occasions, when all the necessary measurements were made at the location of the *in situ* productivity ex-

periments near Taboga Island, there was determined the relationship of carbon fixed per unit chlorophyll "a" per unit radiant energy ("relative efficiency" of photosynthesis) to amount of radiant energy, at each of four depths. The data were first transformed to logarithms to simplify analysis. Regression coefficients were statistically identical for all occasions, but the adjusted means of the former variable, the "relative efficiency" of photosynthesis, were significantly different. The common correlation coefficient was -0.90 which is highly significant, and the common sample regression coefficient was -0.81. Thus, the logarithm of the "relative efficiency" increased linearly as the logarithm of the radiant energy decreased, at least in the middle of the light range.

The adjusted means of the "relative efficiency" of photosynthesis for these twelve occasions were related to some hydrographic and meteorological variables. No relation could be found between inorganic phosphate concentration and "relative efficiency", but significant correlations were obtained between both temperature and salinity and "relative efficiency". These are undoubtedly not causal factors themselves but indices of upwelling reflecting nutrient availability. These correlations were only good for the hydrographic measurements made at 37 m., near the bottom, since the external influence is least at maximum depth. It would appear that hydrographic changes near the bottom are good indices of upwelling. These were also found to be related to preceding northerly wind velocities. Temperature at 37 m. was well correlated with mean net northerly winds for periods ranging from one to ten days previous to the temperature measurement, the best correlation being for the means of the three and four-day periods. Likewise, salinity at 37 m. was well correlated with a three-day wind period. "Relative efficiency" was significantly correlated with wind for two and three-day periods. One may infer that northerly winds during the preceding three days had the most effect on the hydrography and productivity of the Gulf.

Practically no significant relations were found between phytoplankton and zooplankton, even though the data were grouped in various ways in an attempt to eliminate variations by seasons and years. Phytoplankton standing crop was estimated from both chlorophyll "a" concentrations and net hauls. The only significant correlations were between zooplankton and net-phytoplankton, when all data were analyzed as one sample, and when data from the non-upwelling seasons only were analyzed as one sample. Both correlations were positive. No relation was found when a two-week lag for zooplankton

response was included, whether chlorophyll "a" or net-phytoplankton were used. Logarithmic transformations of both variables were used in all of these analyses.

To eliminate some of the variation, in order to make any trends in time series more apparent, five-point moving averages of the time series of zooplankton and phytoplankton measurements were calculated and plotted. For chlorophyll "a" and zooplankton data the slopes tended to be positive during the upwelling season and negative during the non-upwelling season. A similar situation has been found by others in the North Atlantic where the phytoplankton-zooplankton relationship was direct in the spring, a time of rapid plant growth, and inverse later. No clear tendencies were found in the Gulf of Panama by this method when net-phytoplankton was used as a measure of standing crop.

It is expected that these studies will be completed for publication in our *Bulletin* series during 1961.

Investigations in the Gulf of Nicoya

During 1960 there were continued at our regional laboratory at Puntarenas the investigations previously initiated, including extensive observations and collections to monitor the very small population of anchovetas, and the collection of hydrographic data to measure variations in the environment.

The apparent abundance of anchovetas in the Gulf during 1960 remained at about the same low level as in former years. Small numbers of adult specimens were captured in shrimp trawls in the inner and outer Gulf, and several hundred juvenile anchovetas (25-35 mm. long) were taken with a beach seine in the vicinity of Cedros Island during the dry season.

In addition to routine monthly observations of the vertical distribution of temperature, salinity, and oxygen at two stations in the Gulf, temperature and salinity observations were made at 16 hydrographic stations during April and again in October to provide additional information on the transverse distribution of these properties. Because of the extensive year-to-year variations in these properties, it will be necessary to have observations from several years before proceeding with the analysis.

The monthly trips initiated in 1958 to collect tuna larvae in the Cape Blanco area were terminated in October 1960.

Studies of Anchoa naso in Ecuador

Studies of the anchovy, *A. naso*, the most important bait-fish at Manta, Ecuador, based on samples collected there since

early 1959, were continued during 1960. Samples are now at hand for 21 consecutive months.

Examination of gonads indicates that specimens in advanced stages of sexual maturity occur over a long period, from August through February, with the peak spawning period probably in September-October. Females probably only spawn one batch of eggs per season, since there is no evidence of a second maturing batch of eggs developing during the development of the batch approaching spawning size.

Recruits enter the catch at a modal length of about 40 mm. and modal groups occur up to a length of about 70 mm. During March to November of 1959, there appeared only a single modal series, which was believed to be a single age group. Between November 1959 and November 1960, however, there was evidence of the entry into the catch of at least two and perhaps three size groups. It would appear, therefore, either that these fish produce more than one age-class each year, or that the stock at Manta consists of several different components of different origin, which perhaps migrate in and out of the fishing area.

APENDICE A

INFORME SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL EN EL AÑO 1960

por

Milner B. Schaefer, Director de Investigaciones

El programa de investigaciones de la Comisión Interamericana del Atún Tropical está a cargo de un grupo independiente de científicos, internacionalmente escogidos, empleados directamente por la Comisión. Este personal científico efectúa investigaciones diversas que son parte de un amplio programa dirigido al logro de los objetivos de la Convención, o sea obtener e interpretar la información necesaria para facilitar el mantenimiento de los stocks de atún y de los peces de carnada empleados en la pesca de éste a niveles que permitan cosechas máximas sostenibles año tras año, y proporcionar a la Comisión bases científicas que la pongan en condiciones de recomendar a los Gobiernos Miembros una acción conjunta adecuada para la administración de las pesquerías con el propósito indicado. Para este fin es necesario llegar a un completo conocimiento de la estructura de la población, biología, ecología, historia natural y dinámica de los atunes tropicales y de los principales peces de carnada y, particularmente, obtener un conocimiento adecuado de los efectos de la pesca y de los factores independientes de la pesquería sobre la abundancia de estas especies, estadísticas vitales y rendimiento que puedan mantener. Los laboratorios principales del personal científico están situados en la Institución Scripps de Oceanografía, La Jolla, California. Se mantienen también laboratorios en San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; y en la Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, República de Panamá. También operan temporalmente estaciones locales en el Perú y el Ecuador para proyectos específicos. La investigación en estos diversos laboratorios se coordina con el trabajo que en relación con los indicados estudios realizan otros grupos de investigadores gubernamentales, internacionales y universitarios sobre la oceanografía y los recursos marinos del Océano Pacífico Oriental. Se mantiene también contacto con investigadores que trabajan en problemas similares en otras partes del mundo. Durante 1960 las diversas investigaciones de la Comisión han progresado bastante satisfactoriamente, a pesar de una austeridad necesaria por el considerable aumento en personal y en gastos de operación sin que haya podido conseguirse el correspondiente aumento en los fondos destinados a cubrir estos gastos.

A continuación damos una breve descripción de las actividades de la investigación durante el año, la cual ha sido preparada con la colaboración de los miembros del personal científico:

1. Compilación de las estadísticas de la pesca total, volumen y resultados de las actividades pesqueras y abundancia de las poblaciones de peces.

De vital importancia es la continua tarea de recoger, compilar y analizar los registros completos de la pesca total de cada una de las especies tropicales de atún del Océano Pacífico Oriental que llevan las embarcaciones de todos los países que pescan en esta zona, así como de la detallada información sobre la pesca y el esfuerzo, por estratos de tiempo y área, que se registra en los cuadernos de bitácora, y de los informes relacionados con aquella, cubriendo en esta forma una gran parte de las operaciones de las flotas pesqueras. Estos datos ponen a nuestro personal científico en condiciones de determinar el volumen de la pesca y la producción resultante de atún y de peces de carnada, por especies, áreas geográficas y estaciones de cada año. Esta información es básica para determinar también los efectos de la pesca en las poblaciones de peces y para mantener informados a la Comisión y a los Gobiernos Miembros sobre la condición actual de las poblaciones, y el volumen del esfuerzo de pesca, en relación con las condiciones que corresponden al promedio máximo de rendimiento sostenible. La información sobre los cambios en la abundancia aparente por área y por estación, junto con la relativa a los cambios ambientales en espacio y tiempo, es importante también para comprender los cambios independientes de la pesquería en la abundancia, disponibilidad y rendimiento debidos a las variaciones ecológicas.

Estadísticas de la pesca total de atunes

En anteriores informes nos hemos referido detalladamente a los métodos de recolección y compilación de estadísticas sobre el total de los desembarques de atún. Estos datos se obtienen no sólo de los países miembros de la Comisión, sino también de todos aquellos cuyos barcos pescan en el Océano Pacífico Oriental Tropical. Los resultados de la recopilación de dichos datos son esencialmente completos, a pesar de que no logramos algunos registros de pequeñas cantidades de atún que se consumen localmente en algunos países latinoamericanos.

Nos complace poder informar que el Gobierno del Japón recientemente ha suministrado datos sobre las pescas efec-

Tabla 1. Pesca de atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico Oriental
1940-1960
en millones de libras

Atún desembarcado en o transbordado congelado a los Estados Unidos

Pesca total, Pacífico Oriental

Año	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	% Atún aleta amarilla
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	....	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	....	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	....	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54
1957	152.5	126.9	....	279.4	161.5	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	....	300.2	149.9	164.9	0.4	315.2	48
1959	131.3	165.0	....	296.3	144.8	177.6	....	322.4	45
1960	225.7	92.6	....	318.3	(1)				71

* Incluyendo Puerto Rico
 (1) Datos sin completar todavía

tuadas por barcos de bandera japonesa, no solamente en el área de nuestro interés sino también en las áreas adyacentes hacia el oeste, hasta el año 1959, y ha anunciado que continuará proporcionando estos datos regularmente. De los datos obtenidos del Japón aparece, como los esperábamos, que las pescas efectuadas por barcos japoneses en las áreas de nuestro interés han sido, hasta ahora, bien pequeñas, tan pequeñas como para no haber afectado nuestros análisis anteriores. Sin embargo, estos datos serán incluidos en nuestras futuras tabulaciones y nos servirán para revisar y modificar las tabulaciones de los años pasados. No se han tomado en cuenta en las tablas que presentamos en el presente informe, porque nos han sido suministrados en cantidades de peces y todavía tenemos que obtener los datos sobre el peso promedio de los peces en la forma más exacta para reducir a libras dichas cantidades.

En la Tabla 1 aparecen anualmente, desde 1940, las cantidades de cada una de las especies de atún descargadas en los Estados Unidos o transbordadas en congelación con destino a este país y los desembarques totales de estas especies de cualquier procedencia dentro del Pacífico Oriental. Para el año 1960, hasta el momento sólo están completos los primeros datos (aún cuando son preliminares), pero hemos visto que en años recientes han sido un buen índice de los desembarques totales, ya que representan más de 90 por ciento de los mismos.

Durante 1960 ha habido un aumento muy substancial en la pesca del atún aleta amarilla. El total excede, en realidad, el registro del año 1950 cuando se produjo una pesca de 224.8 millones de libras; estimamos que los desembarques de 1960 llegarán a unos 233 millones de libras. Este considerable aumento en la producción de atún aleta amarilla en 1960 se atribuye a dos factores: (1) El régimen de la temperatura del océano retornó a un promedio de temperaturas más frías en casi toda la región, al terminar el fenómeno de "El Niño" frente al Perú, lo que a menudo corresponde a un mayor promedio en la disponibilidad del atún aleta amarilla. (2) La conversión de más barcos para la pesca con redes que ha operado un aumento en el esfuerzo de pesca sobre el atún aleta amarilla, tanto por la mayor eficiencia de este sistema de pesca como por el hecho de que dicho sistema (por lo menos hasta el momento) actúa relativamente en forma más efectiva sobre el atún aleta amarilla que sobre el barrilete, particularmente en las áreas norteñas de la región, en donde se efectuó la mayor concentración de operaciones con barcos rederos durante 1960.

A la inversa, los desembarques de barrilete disminuyeron muchísimo en 1960. Esto se debe, en parte, a una merma en

la abundancia aparente (medida por la pesca por día de actividad de los barcos de carnada) que descendió de un nivel que en 1959 se encontraba muy por encima del promedio a largo plazo a un cifra que en 1960 estaba cerca de dicho promedio. Esto puede deberse, parcialmente, a la disminución de la disponibilidad frente a las aguas al norte de Sudamérica, en particular, asociada con los cambios oceanográficos a que nos hemos referido anteriormente. Sin embargo, un factor de importancia ha sido la conversión de una gran parte de la flota al sistema de pesca con redes que históricamente no ha sido muy efectivo en la captura de barrilete, especialmente en las áreas de pesca más al norte, lo que ha disminuído efectivamente la intensidad en la pesca de esta especie.

De este modo, el cambio en la composición de las especies de la pesca es atribuible en parte a los cambios oceanográficos cuyos comienzos fueron observados al finalizar el año 1959, de conformidad con lo que se esperaba (ver el Informe Anual del año 1959, página 98) y, en parte, al cambio del esfuerzo de pesca hacia el atún aleta amarilla en lugar del barrilete como un resultado del cambio en los métodos de captura de una parte substancial de la flota.

Tabla 2. Porcentaje, por especies, de los desembarques de atún hechos por los clípers con base en California.

Año	Atún aleta amarilla	Barrilete
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5
1959	49.5	87.8
1960*	23.5	75.0

*Datos preliminares

El cambio en la porción de la pesca de cada una de las especies capturadas por los dos equipos de pesca se ilustra en la Tabla 2, en la cual se indica la porción de los desembarques de los barcos con base en California hecha por los barcos de

carnada. Puede observarse que en 1960 la porción de la pesca de atún aleta amarilla efectuada por este tipo de equipo se redujo a solamente 24 por ciento, mientras que la disminución en la porción de la pesca de barrilete fué mucho menor. Este es, por supuesto el resultado del rápido crecimiento de la flota de barcos rederos por la conversión de los barcos de carnada al sistema de redes. A fines de 1960 hubo solamente 48 barcos de carnada activos que operaban desde bases de los Estados Unidos; la flota de barcos rederos con base en los Estados Unidos aumentó de 58 a 98 durante 1960.

La continua conversión de los barcos de carnada al sistema de redes ha sido motivada por el notable aumento en el éxito de la pesca logrado por los barcos rederos en la obtención de atún aleta amarilla durante los tres últimos años. Este aumento en el éxito de la pesca con redes se debe, en parte, a mejoras en el sistema y en los métodos. Sin embargo, hay razón para creer que una parte considerable del aumento se ha debido a los cambios en la disponibilidad del atún aleta amarilla para los barcos rederos durante este período. Este último factor puede no continuar indefinidamente.

Mucho esfuerzo se dedica al análisis de los registros de pesca de los barcos de carnada y de los rederos que pescan las mismas áreas en las mismas estaciones, tanto para continuar la tarea de elucidar las razones no tecnológicas de los recientes cambios en el éxito de la pesca con redes como para obtener una base que permita utilizar los datos de los barcos rederos en nuestro índice principal de la abundancia aparente (ver más adelante), el cual está basado ahora en los datos de los barcos de carnada y puede llegar a ser menos útil si la flota de éstos sigue en disminución.

Medida de los cambios en la abundancia de los atunes

Las actividades de las flotas atuneras están controladas por el sistema de registros en los cuadernos de bitácora. Nosotros obtenemos así una información detallada de las operaciones de pesca y de sus resultados de casi todos los barcos de las flotas que operan desde puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico). También se obtienen datos similares de algunos barcos que operan desde puertos de México, Costa Rica y el Perú. Así mismo, obtenemos información de las actividades de pequeños barcos que pescan localmente desde el Ecuador y el Perú, pero estos datos no han sido usados hasta ahora en la computación de los índices de abundancia de los atunes.

La abundancia aparente de cada una de las especies de atún se estima, cada año, por la pesca por día de actividad efectuada, en promedio, por la casi totalidad de las flotas. Computamos las estadísticas correspondientes tanto a los barcos de carnada como a los rederos, pero rutinariamente hemos empleado las series de datos de los barcos de carnada porque este tipo de barco, hasta este último año, ha realizado la mayor parte de la pesca de cada especie de atún tropical, opera en todas las épocas del año y cubre toda el área de la pesquería desde Baja California hasta Chile. Debido a que por muchos años no ha habido rápidos cambios tecnológicos, estos barcos nos proporcionan también un medio de estimación de estadística comparativa de un año a otro. Durante 1960, como se dijo anteriormente, los barcos rederos llegaron a ser el elemento predominante en cuanto a las pescas de atún aleta amarilla, aún cuando los clípers todavía capturan la mayor parte del barrilete. El número de barcos de carnada en la pesquería, sin embargo, fué todavía lo suficientemente grande, en nuestra opinión, como para proporcionar un índice útil de la abundancia aparente comparable al de los primeros años, por lo que continuamos su empleo. Quizás será necesario usar la serie de datos de los barcos rederos en el futuro, pero todavía no tenemos una base adecuada para hacerlo por la gran variabilidad de estos datos y los evidentes cambios en la eficiencia del sistema de pesca con redes en años recientes.

La pesca por día de actividad mide la abundancia aparente de los atunes en el mar, o sea la abundancia promedio según es encontrada por la flota de clípers. La abundancia aparente es afectada tanto por la abundancia real como por las variaciones de un año a otro en la disponibilidad para la captura. Sin embargo, como estas variaciones han sido promediadas en una serie de años, la tendencia de la abundancia aparente es un buen elemento para estimar la tendencia de la abundancia real.

El promedio de la pesca por día de actividad en la obtención de los atunes aleta amarilla y barrilete se computa para cada una de las clases de tamaños de los clípers y, mediante la aplicación de los factores de eficiencia, éstos se combinan para obtener una sola estimación de la abundancia aparente en cada año. Estos datos aparecen en la Figura 1 para los años 1951-1960. Hasta 1959 los factores de eficiencia fueron estimados separadamente para cada año. Todavía no tenemos todos los datos disponibles para estimar los factores correspondientes a 1960, y, siendo ahora menor el número de barcos de carnada disponibles, los factores anuales individualmente pueden

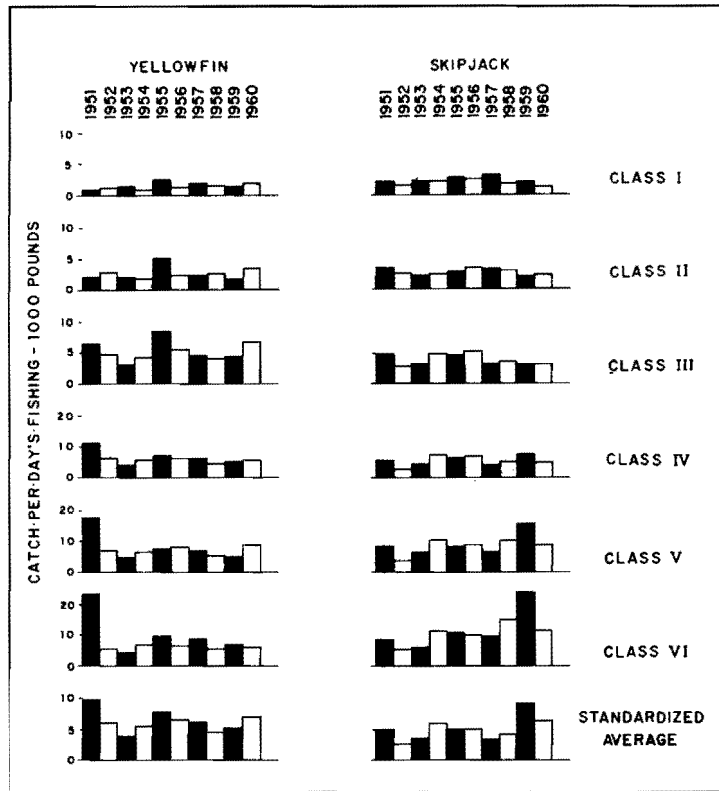


FIGURA 1. Pesca por día de actividad, por especies y por clase de tamaño de los barcos de carnado, 1951-1960 (Estandarización o la Clase 4).

no ser tan dignos de confianza como un promedio de varios años. En consecuencia, al hacer las estimaciones preliminares del promedio estandarizado para 1960 empleamos ahora los factores de eficiencia media para los cinco años del período 1955-1959. Probablemente necesitemos hacer alguna pequeña revisión cuando tengamos a mano todos los datos correspondientes a 1960.

En la Figura 1 puede observarse que, para el atún aleta amarilla, la pesca por día de actividad aumentó substancialmente de 1959 a 1960 para cada una de las clases de tamaño excepto la clase más grande constituida sólo por unos pocos barcos. El promedio estandarizado aumentó substancialmente hasta el más alto valor desde 1955. Se cree que esto se debe a la mayor disponibilidad de esta especie con el retorno del régimen de la temperatura del océano a un patrón de mayor "normalidad" después del período "anormal" de los años 1957-1959.

En cuanto al barrilete, la abundancia aparente para las clases de tamaño más pequeñas (clases 1-3) no presenta una

diferencia notoria con respecto a los años anteriores, especialmente para las clases 2 y 3. Estos barcos operan, en su mayor parte, en la región al norte de los 15° N. de latitud. Las embarcaciones más grandes, cuyo radio de acción se extiende más al sur, encontraron el barrilete en mucha menor abundancia comparada con los años precedentes. Consecuentemente, el promedio estandarizado disminuyó desde el valor muy alto alcanzado en los años anteriores a un nivel cercano al promedio a largo plazo. Los valores muy altos de 1959 correspondientes a los barcos de las clases de tamaño más grandes fueron atribuidos a la extraordinaria abundancia de esta especie frente al Perú que coincidió con altas temperaturas del agua en aquella región durante gran parte del año; el marcado descenso de 1960 coincide con el enfriamiento de aquellas aguas. Las actuales indicaciones son de que el régimen de agua fría parece que persistirá durante toda o gran parte del año 1961.

Fuerza potencial de pesca de las flotas atuneras

En años anteriores hemos computado un índice de la fuerza de pesca que permite hacer comparaciones, año tras año, sobre la habilidad potencial de los clípers y barcos rederos que operan desde puertos de los Estados Unidos para pescar atún. El índice, expresado en valores equivalentes a la clase 4 de clípers, fué obtenido mediante la multiplicación del número estándar de barcos rederos por una razón de "eficiencia" (eficiencia relativa de pesca x tasa relativa de operación) y sumando el valor resultante con el número de clípers estándar. En nuestro Informe Anual correspondiente a 1959 se anotó que los rápidos y recientes cambios en las características de pesca de la flota redera para la obtención de atunes aleta amarilla y barrilete estaban haciendo este índice de valor dudoso. Estos cambios, a que nos referimos a menudo en el presente informe, pueden concretarse en la forma siguiente:

1. Ciertas mejoras técnicas de importancia adoptadas en las operaciones de pesca con redes han resultado en un aumento en la eficiencia de los barcos rederos, por lo menos en la captura del atún aleta amarilla. Este aumento no puede ser todavía determinado con exactitud debido a la corta historia de las operaciones bajo las nuevas condiciones a que nos hemos referido.

2. La conversión de muchos de los grandes clípers al sistema de pesca con redes ha originado una flota de embarcaciones rederas de extenso radio de acción, con capacidad para pescar en todas las áreas desde California hasta el Perú en todas las épocas del año. Esta ampliación en la flota de rede-

ros ya ha tenido como resultado una pesca de atún tropical durante todo el año con algún cambio del esfuerzo hacia áreas más distantes.

3. Casi todo este nuevo esfuerzo ha sido soportado por las poblaciones de atún aleta amarilla; algo más del 85 por ciento de la pesca de la flota de barcos rederos en 1960 fué de atún aleta amarilla, y ésto representa más del 70 por ciento de la pesca de dicha especie por los barcos que tienen su base en puertos de los Estados Unidos. Antes de 1958, la porción de la pesca hecha por los barcos rederos fluctuaba entre el 15 y 30 por ciento de la producción total de atún aleta amarilla obtenida por embarcaciones con base en puertos norteamericanos.

Tabla 3. Números de los barcos de carnada y de los barcos rederos con base en puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico)

Clase de tamaño	Capacidad en toneladas	Barcos de carnada					Barcos rederos				
		1956	1957	1958	1959	1960	1956	1957	1958	1959	1960
1	Menos de 51	12	11	12	13	10	—	—	—	1	1
2	De 51 a 100	11	11	8	8	7	12	9	8	5	4
3	De 101 a 200	43	43	35	30	22	50	39	34	39	43
4	De 201 a 300	66	60	57	46	11	2	2	2	6	23
5	De 301 a 400	32	35	36	33	17	—	—	—	2	12
6	De 401 o más	11	10	11	10	3	—	—	—	—	—
Total de la flota		175	170	159	140	70	64	50	44	53	83

Por las razones aquí expuestas, nos hemos abstenido, por el momento al menos, de computar el índice de la fuerza potencial de pesca correspondiente a 1960, pero en cambio hemos incluido un sumario, en la Tabla 3, de los cambios en la composición de las flotas de clípers y de barcos rederos durante el período 1956-1960. Los barcos de carnada convertidos a rederos han sido prorrateados entre los dos sistemas de pesca en proporción al tiempo empleado pescando durante el año con cada equipo. Por esta razón los valores no corresponden con el número de embarcaciones que pescaban en cada categoría al cerrar el año. Durante 1960 había en los astilleros, en promedio, entre 20 y 30 barcos para ser convertidos al sistema de pesca con redes; estimamos que durante 1961 habrá unos 110 rederos y 48 barcos de carnada pescando desde puertos de los Estados Unidos. El número total de embarcaciones que pescan desde México, Costa Rica, el Perú, etc., continuará en aumento y algunos barcos probablemente se dedicarán a la pesquería en el Atlántico frente al África Occidental.

Estadísticas de los peces de carnada para 1960

En 1960 se obtuvieron registros exactos de las cantidades de cada una de las clases de peces de carnada pescadas,

Tabla 4. Cantidades* y porcentajes estimados de las diversas clases de peces de carnada capturados por los clípers de 1955 a 1960**

	1955		1956		1957		1958		1959		1960	
	Canti- dad	Porcen- taje	Canti- dad	Porcen- taje	Canti- dad	Porcen- taje	Canti- dad	Porcen- taje	Canti- dad	Porcen- taje	Canti- dad	Porcen- taje
Anchoveta (<i>Cetengraulis mysticetus</i>)	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0	649	21.8	416	34.9
Sardina de California (<i>Sardinops caerulea</i>)	541	20.9	362	9.9	290	7.8	601	13.5	290	9.7	110	9.2
Sardina sureña (<i>Sardinops sagax</i>)	247	9.6	152	4.2	38	1.0	141	3.2	110	3.7	82	6.9
Anchoa norteña (<i>Engraulis mordax</i>)	159	6.2	594	16.2	547	14.8	736	16.5	190	6.4	212	17.8
Anchoa sureña (<i>Engraulis ringens</i>)	214	8.3	355	9.7	410	11.1	1169	26.3	1484	49.8	214	17.9
Sardina de California y anchoa norteña mezcladas y no identificadas separadamente	9	0.4	38	1.0	30	0.8	57	1.3	30	1.0	6	0.5
Arenque (<i>Opisthonema, Harengula</i>)	49	1.9	363	10.1	193	5.2	102	2.3	75	2.5	64	5.4
Salima (<i>Xenocys jessiae</i>)	21	0.8	27	0.7	17	0.5	16	0.4	24	0.8	15	1.2
Misceláneos y no identificados	25	0.9	95	2.6	112	3.0	110	2.5	128	4.3	74	6.2
Totales	2586		3653		3707		4447		2980		1193	

* En miles de "scoops".

** Barcos con base en puertos de la costa oeste de los Estados Unidos para el año 1955 y para el período 1956-1960 incluyen barcos que pescan desde Puerto Rico.

así como de las localidades en que se capturaron, correspondientes al 96 por ciento aproximadamente de los clípers con base en los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico. La carnada obtenida por el cuatro por ciento restante ha sido estimada suponiendo que la razón de la cantidad de cada una de las clases de peces de carnada con respecto a las cantidades de atún pescadas por tales barcos es igual a la razón de los barcos de los cuales no hemos obtenido registros completos de pesca. Al combinar las pescas de estos peces estimadas y registradas obtenemos una estimación de la pesca total hecha por toda la flota de los Estados Unidos.

En la Tabla 4 aparecen las cantidades totales estimadas de cada una de las clases de peces de carnada usadas en 1960, con datos comparativos correspondientes a los años del período 1955-1959. En la Figura 2 se indica gráficamente la pesca de carnada durante cada año desde 1946. Estas estadísticas no incluyen la carnada que usan unos pocos barcos pequeños que tienen su base en California y que pescan atún tropical esporádicamente, ni tampoco la que pescan las embarcaciones que operan desde puertos latinoamericanos. Se estima que los barcos de carnada con base en puertos latinoamericanos emplearon en 1960 una cantidad cercana a unos 450,000 "scoops" de carnada.

La continua conversión de los barcos de carnada al sistema de pesca con redes ha causado otra baja pronunciada en

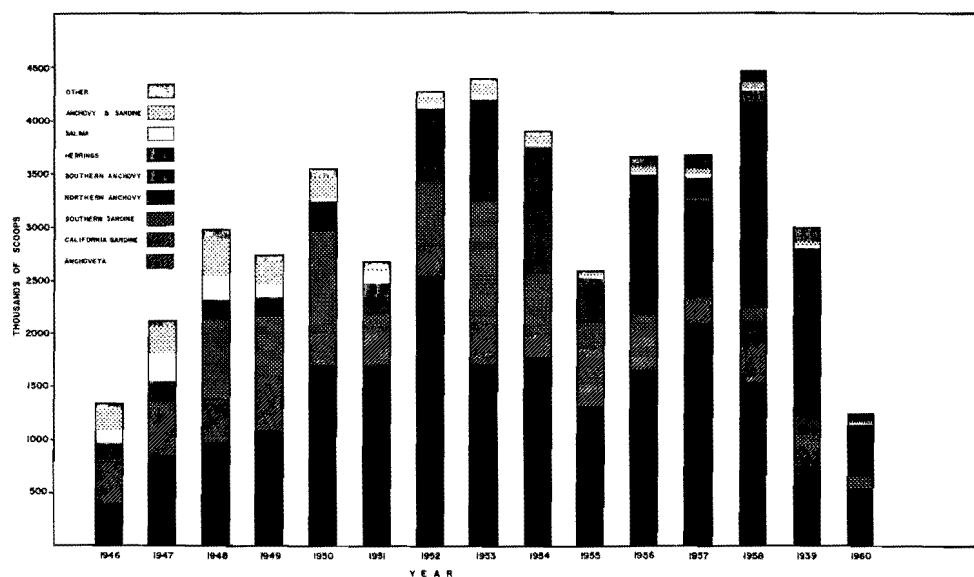


FIGURA 2. Pesca total estimada de los peces de carnada, por clases, realizada por los barcos atuneros de los Estados Unidos, 1951-1960.

la cantidad de peces de carnada que emplea la flota de los Estados Unidos. La cantidad total usada en 1960 fué solamente de 1,193,000 "scoops", comparada con 2,980,000 en 1959. Es la cantidad más pequeña de carnada que ha usado la flota de los Estados Unidos en el período de la posguerra, seguida por el año 1946 en el que se pescaron 1,344,000 "scoops". Debe anotarse, sin embargo, que en 1946 no operaban barcos de bandera extranjera con base en puertos de Latinoamérica y que para obtener una cifra real comparable, a la cantidad correspondiente a 1960 debe agregarse aproximadamente 450,000 "scoops" pescados por estos barcos.

La anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) fué la especie de carnada más importante usada en 1960, constituyendo el 34.9 por ciento del total de la pesca de carnada. La pesca de anchoa sureña (*Engraulis ringens*) disminuyó drásticamente de 1,484,000 "scoops" en 1959 a solamente 214,000 en 1960. En 1959 esta especie constituyó el 49.8 por ciento del total de la pesca y en 1960 solamente el 17.9 por ciento. Casi toda la pesca de esta especie fué hecha en los primeros cuatro meses del año. Esta carnada ha sido usada principalmente por los barcos más grandes de la flota (más de 200 toneladas de capacidad) y, consecuentemente, al ser convertidos dichos barcos al sistema de pesca con redes, en un futuro próximo ya no será un componente importante de la pesca de peces de carnada. La anchoa norteña (*Engraulis mordax*) fué también una importante especie de carnada en 1960 constituyendo el 17.8 por ciento de la pesca total.

Los recursos de anchoveta en el Golfo de Panamá continuaron manteniendo dos pesquerías: (1) la de carnada para el atún y (2) la destinada a la fabricación de harina y aceite de pescado (ver el Informe Anual de 1959). La pesca de los barcos de carnada, más la pesca para la reducción a harina de pescado, fué en conjunto equivalente a alrededor de 1,164,000 "scoops", lo que ligeramente sobrepasa la mitad de la pesca de 1959. La abundancia de la población de anchovetas, medida por la pesca por día de actividad de los barcos de carnada, se mantuvo alta, lo que indica que ambas pesquerías juntas no han afectado apreciablemente el stock. La abundancia aparente fué de 636 "scoops" por día de actividad de pesca, lo que está cerca del valor promedio de los años anteriores.

2. Estado actual de las poblaciones de atunes

Atún aleta amarilla

a. Relaciones entre el esfuerzo de pesca, la abundancia de la población y el rendimiento promedio

Como se informó previamente, el personal científico de la Comisión ha compilado datos sobre la pesca total de atún

aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental que cubren el período desde los primeros días de la pesquería. Para el período de 1934 a la fecha, también hemos compilado la información de los registros de los cuadernos de bitácora y otros datos de las operaciones de cada barco, de los cuales puede deducirse un índice de la abundancia del atún aleta amarilla según es encontrada por los pescadores. El índice empleado ha sido el promedio de la pesca por día de actividad de los barcos de carnada, ajustado a la eficiencia relativa de las embarcaciones de diferentes tamaños, y expresado como el promedio de la pesca por día de actividad de un clíper de 200 a 300 toneladas de capacidad (clase 4). En años recientes, la muestra representativa de la flota sobre la que este índice se basa ha abarcado más del 80 por ciento de la totalidad de los clípers que operaban en el Pacífico Oriental. Se han recolectado datos similares de los barcos rederos, pero la serie de datos de los clípers ha sido la usada para estimar la abundancia por las siguientes razones: (1) Hasta 1960 los clípers capturaban la mayor parte de la producción total de atún aleta amarilla; (2) los clípers han tenido la tendencia de operar sobre un área geográfica más grande y durante un período más prolongado del año que los barcos rederos; y (3) la variabilidad de los datos de los barcos rederos parece ser mayor que la de los datos de los clípers. (En el futuro puede que sea necesario acudir a la información de los barcos rederos, pero hasta 1960 por lo menos la serie de datos de los barcos de carnada se cree que es adecuada como una medida de la abundancia aparente del atún aleta amarilla).

De la pesca total, compilada para toda la pesquería, y de la captura por día de pesca obtenida por una gran muestra de la flota, hemos computado la intensidad aparente de la pesca en términos del número de días de actividad pesquera de un barco de carnada estándar. Los métodos de recolección, compilación y análisis de estos datos han sido descritos en nuestros *Boletines* por Shimada y Schaefer (1956) y por Schaefer (1957), lo mismo que en los Informes Anuales de la Comisión.

En las referidas publicaciones se ha demostrado que, en promedio, existe una relación inversa entre el esfuerzo de pesca y la abundancia aparente, medida por la captura por día de pesca. Con la ayuda de un conveniente modelo matemático, Schaefer (1957) hizo una estimación de la relación promedio entre estos dos factores con base en la serie de datos correspondientes a los años del período 1934-1955; esto se muestra por la línea a rayas de la Figura 3. Los puntos exactos para cada año individualmente varían, desde luego, cerca de la línea prome-

dio debido a los efectos de factores independientes de la pesquería, tales como la variación de las condiciones ambientales que afectan tanto la abundancia de los peces (por las variaciones en el reclutamiento para los stocks) como su disponibilidad para la captura y debido también a las desviaciones de las condiciones de equilibrio durante los períodos en que aumenta o disminuye el esfuerzo de pesca. Sin embargo, se puede observar que (1) la línea promedio se ajusta bastante bien al promedio de los datos actuales y (2) los puntos para los años subsiguientes (1956 a 1960) han continuado cayendo razonablemente cerca de los valores pronosticados de acuerdo con los datos hasta 1955.

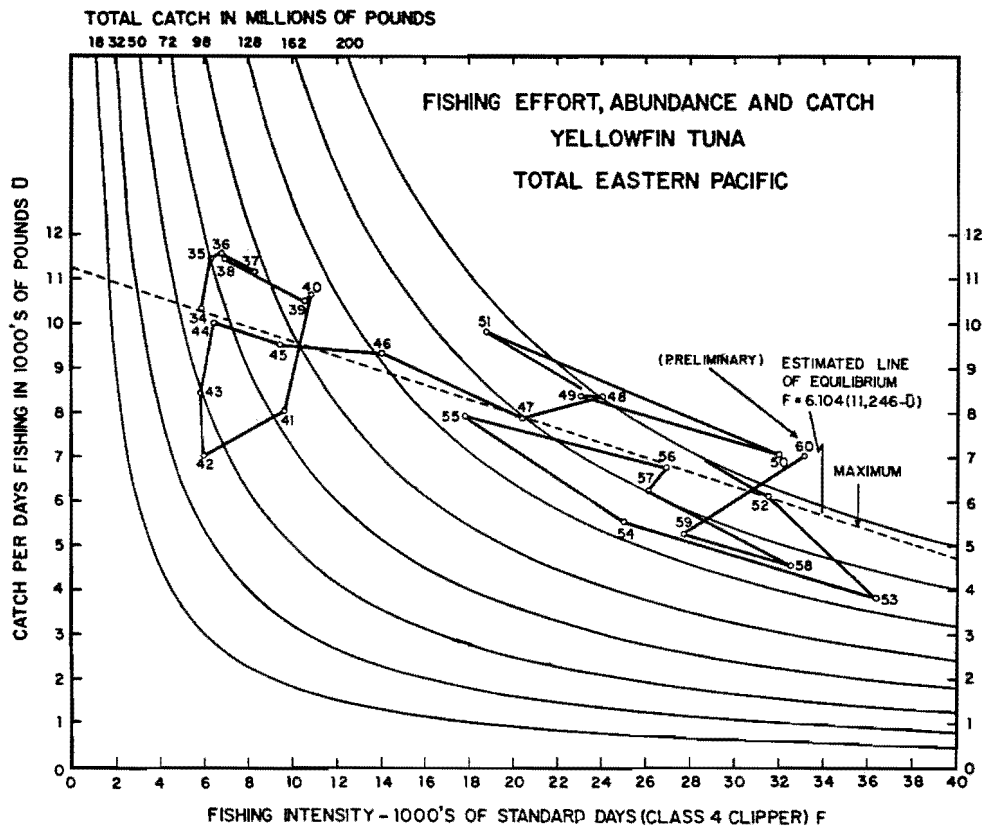


FIGURA 3. Relaciones entre la intensidad de la pesca, la abundancia aparente y la pesca total de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1960.

El producto de la captura por día de pesca y el número de días pescando es, por supuesto, la pesca total que puede verse en la Figura 3 por las líneas de igual pesca total y que aparecen como hipérbolas en este gráfico. Puede notarse que conforme aumenta la intensidad de la pesca disminuye la abundancia promedio (captura por día de pesca), pero que la pes-

ca total aumenta hasta alrededor de 35,500 días de actividad pesquera (indicada por "maximum" en el gráfico). Más allá de esto, se espera que disminuya tanto la captura por día como la pesca total.

La relación entre el promedio de la pesca total y la intensidad de la pesca tal vez puede ser vista mejor en la Figura 4. En esta figura hemos graficado la pesca total contra el esfuerzo de pesca; los puntos conectados por la línea ininterrumpida marcan los valores actuales para los años indicados. La línea rayada del centro, titulada "Captura de equilibrio estimada", es la misma que aparece en la Figura 3 pero transferida a este gráfico; representa el promedio calculado de la pesca total esperada a cada uno de los valores de la intensidad pesquera. Las líneas tituladas "Límites de confianza" son los límites dentro de los cuales hay un 95 por ciento de probabilidad de que se sitúe el promedio de los valores reales. La incertidumbre acerca de la verdadera posición de la línea de valores promedio (captura de equilibrio estimada) surge por causa de la dispersión de los valores observados, lo cual conduce a un grado

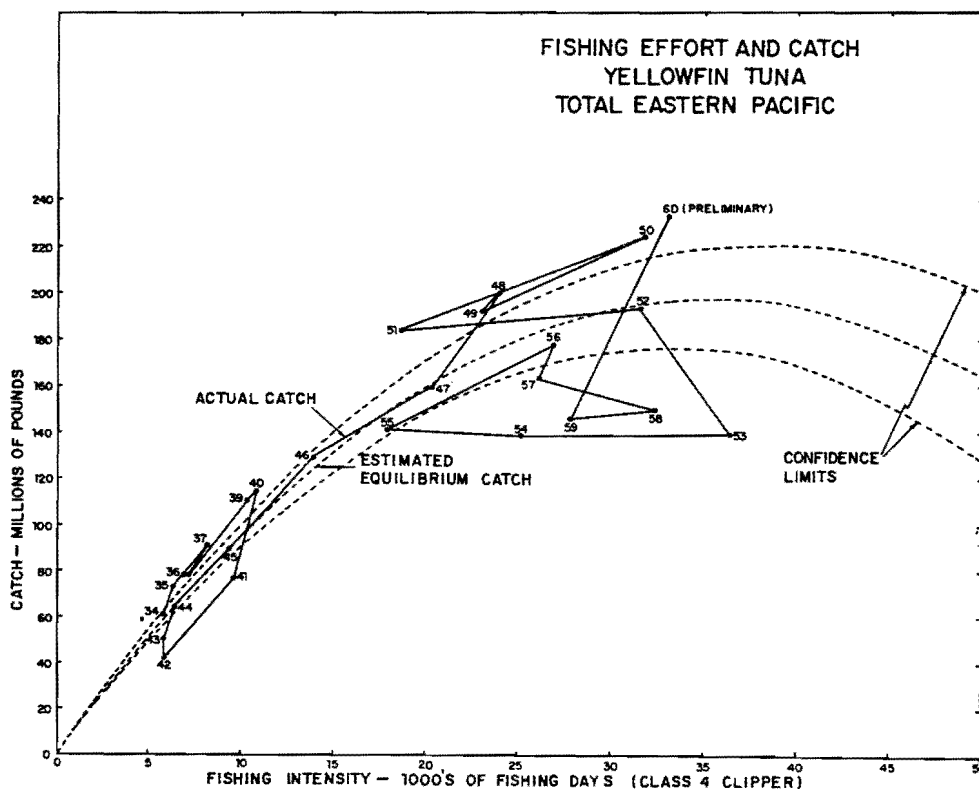


FIGURA 4. Relación entre la intensidad de la pesca y la pesca total de atún oleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1960.

de incertidumbre estadística. En este gráfico puede observarse que el valor más probable del promedio máximo de la captura total sostenible es de 198 millones de libras, a una intensidad pesquera de 35,500 días estandarizados; los máximos de los límites de confianza más bajos y más altos son entre 176 y 221 millones de libras, respectivamente, y ocurren a valores de intensidad pesquera ligeramente más bajos y más altos, respectivamente.

Otra forma de expresar la incertidumbre en la "línea de la captura de equilibrio" es la incertidumbre en el valor estimado del coeficiente de la mortalidad por pesca* (ver Schaefer, 1957). La incertidumbre es tal que el coeficiente real de mortalidad por pesca a 25,000 unidades de esfuerzo ($F_{25,000}$) podría fácilmente ser tan bajo como 0.69 o tan alto como 1.20, siendo 0.95 el valor más probable (correspondiente a las tasas de mortalidad anual por pesca de 0.50, 0.70 y 0.61, respectivamente). (En realidad, es posible que la tasa de mortalidad por pesca pudiera ser aún algo más alta). La Figura 5 ha sido preparada para mostrar la curva del promedio del rendimiento de equilibrio contra la curva del esfuerzo de pesca, correspondientes a los

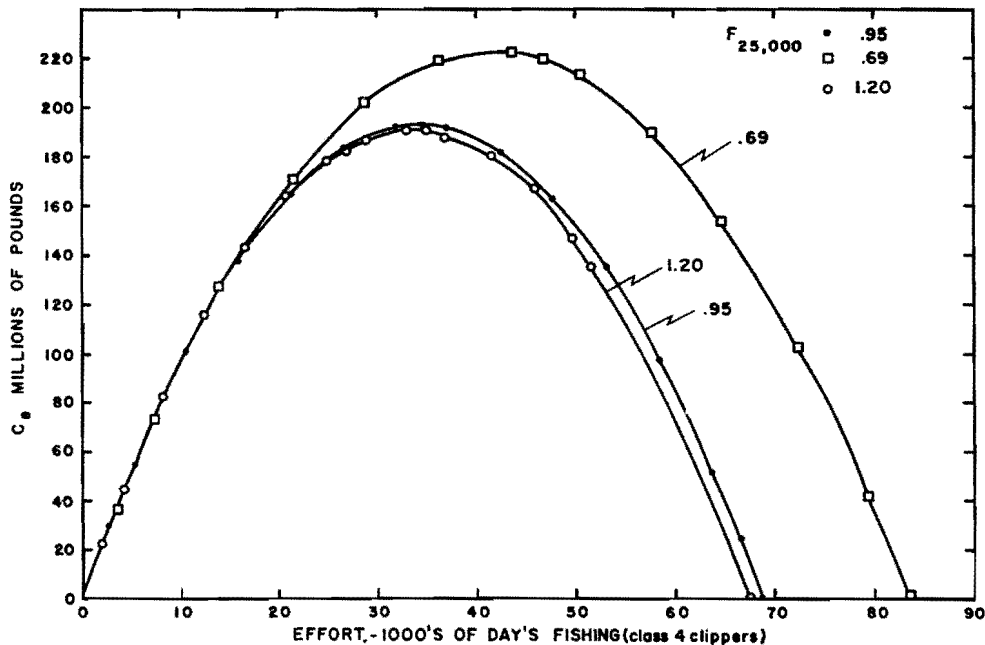


FIGURA 5. Relaciones teóricas entre el esfuerzo de pesca y la pesca total promedio de atún aleta amarilla con respecto a tres diferentes valores del coeficiente de mortalidad ocasionada por la pesca.

*El "coeficiente de mortalidad", x , está relacionado con la tasa anual de mortalidad, y , por la relación $y = 1 - e^{-x}$. Algunas veces se le llama también "tasa de mortalidad instantánea". Nosotros usamos esta última en vez de la tasa de mortalidad anual porque tales tasas pueden sumarse directamente mientras que las tasas de mortalidad no.

tres coeficientes de mortalidad por pesca. La línea más probable, que corresponde a $F_{25,000}=0.95$, da un máximo de 198 millones de libras a 35,500 unidades de esfuerzo (realmente, es la misma línea de la "captura de equilibrio estimada" en la Figura 4). El valor de $F_{25,000}=0.69$ da una curva con un máximo cercano a los 220 millones de libras a 43,000 días de pesca (muy similar al máximo de los límites de confianza de la Figura 4). El valor extremo superior de $F_{25,000}=1.20$ da una curva no muy diferente a la de $F_{25,000}=0.69$.

Ahora bien, debe tomarse en consideración que tenemos datos actuales (ver Figuras 3 y 4) del esfuerzo de pesca y de la producción, pero solamente a 30,000 y 35,000 días de pesca. Las curvas a la derecha han sido extrapoladas y pueden o no representar correctamente lo que sucedería, en promedio, a niveles más altos del esfuerzo de pesca. En consecuencia es también deseable considerar otra información que podría conducirnos a resultados diferentes.

b. Curvas de pesca por recluta

Otra forma de investigar la dinámica de la población del atún aleta amarilla es por medio de un modelo analítico con el empleo de datos de las estadísticas vitales de esta especie en el Pacífico Oriental, o sea las tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento.

Gracias a los extensos estudios hechos sobre la composición de tamaños del atún aleta amarilla de tamaños comerciales ha sido posible determinar la edad y tasa de crecimiento (ver los *Boletines* por Hennemuth, en prensa, y el Informe Anual correspondiente al año 1959). El límite mínimo de tamaño del atún aleta amarilla descargado en California ha sido de 7.5 libras desde 1933. Algunos peces alcanzan este tamaño cuando están al comenzar su segundo año de vida y cada clase anual alcanza el tamaño de reclutamiento a los 1.5 años de edad, cuando tiene un peso promedio de unas 8 libras. Los peces crecen muy rápidamente y llegan a alcanzar alrededor de 140 libras a los cuatro años de edad. Al mismo tiempo, sin embargo, mueren rápidamente debido tanto a la mortalidad natural como a la pesca, por lo que hay muy pocos peces de este tamaño disponibles para la captura. Más aún, cuando alcanzan mayores tamaños, los peces tienden a bajar a capas más profundas del mar en donde están menos expuestos a la pesquería de superficie. Por lo tanto, hemos hecho la conservadora* suposición de que los peces no están disponibles a la pesquería después de los cuatro años de edad.

* La suposición es conservadora en el sentido de que una suposición alternativa conduciría a un máximo rendimiento por recluta a un nivel *mas bajo* del esfuerzo de pesca (ver a continuación).

El coeficiente de la mortalidad total ha sido estimado por el cambio con el tiempo, en la abundancia relativa de las clases de edades conforme éstas pasan por la pesquería (ver los *Boletines* por Hennemuth, en prensa, y la página 137 de este informe) y lleva a un valor de más o menos 1.75 cerca de 25,000 unidades de esfuerzo de pesca. El coeficiente de la mortalidad natural (M) correspondiente al valor más probable del coeficiente de mortalidad por la pesca (0.95) es, entonces, 0.80. Correspondiendo a los valores de F de 0.69 y 1.20, tendremos valores de M alrededor de 1.05 y 0.55, respectivamente.

Si ahora tenemos un valor del coeficiente de mortalidad natural, M , y los parámetros de la curva de crecimiento, y si suponemos que los peces están disponibles a la pesquería entre 1.5 y 4.0 años de edad, con el empleo del modelo de Beverton y Holt podemos computar para cada valor del coeficiente de mortalidad por la pesca (y en consecuencia para cada valor de la intensidad de la pesca) la producción, en libras, que será obtenida de cada recluta entrante en la pesquería, o sea, cada pez que llega a ser vulnerable de captura a los 1.5 años de edad a un peso inicial de 8 libras. Habiendo computado esto para diferentes coeficientes de mortalidad por la pesca, podemos graficar entonces el rendimiento por recluta contra la intensidad de la pesca y comparar las curvas resultantes con la curva del rendimiento total resultante del modelo basado únicamente en los datos estadísticos de la pesca.

La Figura 6 muestra los resultados de tal cálculo para los valores $M=0.80$ y $F_{25,000}=0.95$. En la parte inferior de este gráfico se indican el esfuerzo de pesca en los días estándar y los correspondientes coeficientes de mortalidad por la pesca (tasa instantánea de mortalidad por la pesca es el otro término empleado para indicar esto, como se dijo anteriormente). El promedio de la pesca total (C_e) se ha graficado contra la intensidad de la pesca, que es lo mismo que la correspondiente curva de la Figura 5 y también la curva de la captura por recluta (Y_w/R). Para facilitar la comparación, las dos curvas han sido graficadas en porcentaje del máximo valor en cada caso. Puede observarse que la curva del rendimiento por recluta se levanta en forma considerablemente más rápida que la curva del rendimiento total, se iguala más pronto y cae sólo muy despacio más allá de su máximo, mientras que la curva del rendimiento total desciende con mucha rapidez. Es importante anotar, sin embargo, que las dos curvas tienen sus máximos cerca del mismo valor del esfuerzo de pesca; es decir, alrededor de 35,000 días estándar.

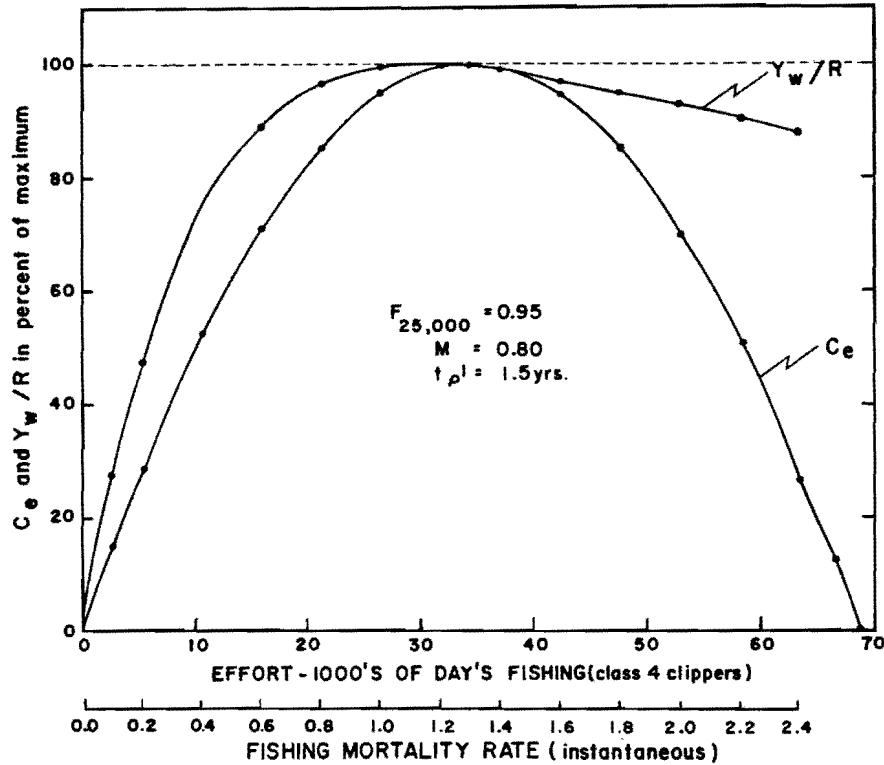


FIGURA 6. Curvas del rendimiento y del rendimiento por recluta correspondientes al atún aleta amarilla para $F_{25,000} = 0.95$ y $M = 0.80$.

Esta discrepancia en las dos curvas puede ser atribuida a los efectos del esfuerzo de pesca (y tamaño de la población) sobre el reclutamiento. Por el momento no tenemos un conocimiento directo de la relación entre la densidad de la población y el reclutamiento para el atún aleta amarilla. Sin embargo, la situación posible más favorable (hasta donde concierne a la pesca total con mayor aumento en el esfuerzo de pesca) es cuando no hay cambio en el reclutamiento con cambios en el tamaño de la población; es decir, cuando a pesar del efecto de la pesquería en el stock, el número de peces jóvenes que entra cada año es siempre el mismo. En este caso la curva de rendimiento por recluta representaría también la curva del rendimiento total. Sin embargo, aún bajo esta muy favorable circunstancia no podemos esperar un aumento en la pesca total más allá de alrededor de 35,000 días de actividad pesquera; el rendimiento descendería menos despaciosamente que si se aplica el modelo alterno, pero no aumentaría.

Notamos también que la discrepancia entre la curva del rendimiento por recluta y la curva del rendimiento total a la

izquierda de los máximos es considerable para este particular valor de M . La curva Y_w/R no se ajustaría bien a los datos de la Figura 4. No obstante, es posible que este valor de M no sea el correcto y en consecuencia hemos examinado también otros valores de M que representan los extremos probables.

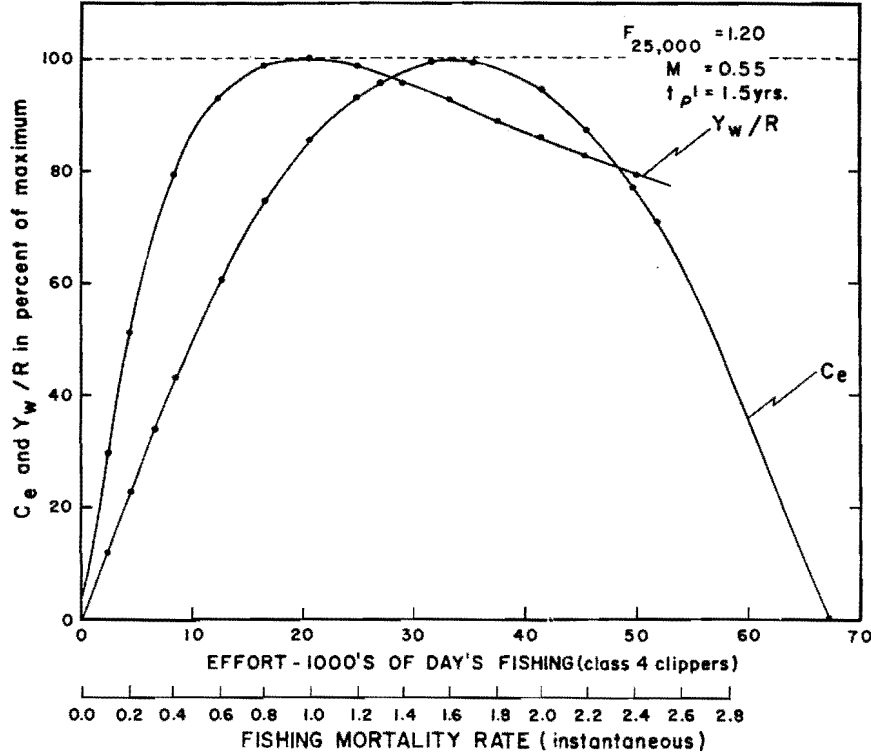


FIGURA 7. Curvas del rendimiento y del rendimiento por recluta correspondientes al atún aleta amarilla para $F_{25,000} = 1.20$ y $M = 0.55$.

En la Figura 7 presentamos las curvas de rendimiento y de rendimiento por recluta correspondiente a $F_{25,000} = 1.20$ y $M = 0.55$; se puede ver que la curva Y_w/R no se ajustaría bien a los datos de la Figura 4 ya que hay un máximo bastante pronunciado a unas 20,000 unidades de esfuerzo pesquero, nivel que la pesquería ha sobrepasado durante algunos años, sin ninguna señal de ese máximo en las pescas actuales cerca de esta intensidad de pesca. Si ese bajo valor de M fuera correcto para la población de atún aleta amarilla, la dependencia de la densidad del reclutamiento tendría que ser fuerte, en cuyo caso la pesca total a niveles más altos del esfuerzo de pesca no descendería tan despaciosamente como lo indica la curva Y_w/R . En todo caso, otra vez parece que no hay posibilidad de aumento en las pescas a un esfuerzo de pesca sobre unos 35,000 días.

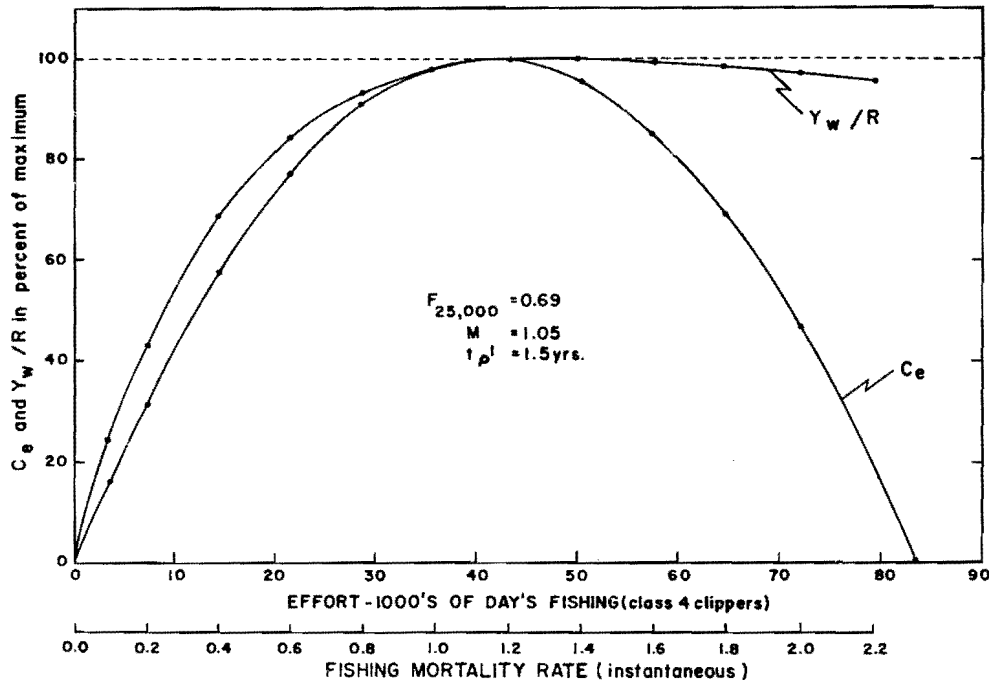


FIGURA 8. Curvas del rendimiento y del rendimiento por recluta correspondientes al atún aleta amarilla para $F_{25,000} = 0.69$ y $M = 1.05$.

El extremo razonable restante, con una mortalidad natural bastante rápida ($M=1.05$) y un correspondiente bajo valor de mortalidad por la pesca ($F_{25,000}=0.69$) ha sido analizado en la Figura 8. Aquí vemos cómo el máximo de la curva de rendimiento se encuentra cerca de los 43,000 días estándar (ver también la figura 5). La curva de rendimiento por recluta, debajo del máximo, concuerda muy de cerca con la curva del rendimiento total; cualquiera de las dos se ajustaría razonablemente a los datos de la Figura 4. Sin embargo, de nuevo los puntos máximos de las dos curvas caen aproximadamente al mismo nivel de esfuerzo de pesca; pero en el caso en que el esfuerzo de pesca no afecta el reclutamiento, la pesca entonces, a pesar de un aumento en dicho esfuerzo, descendería sólo muy ligeramente. No obstante, no existe posibilidad evidente de incremento en el rendimiento total sobre unos 43,000 días de actividad pesquera. Debe anotarse también que el aumento después de 35,000 días es muy leve.

c. Situación actual

Según el análisis anterior y mediante el empleo de dos diferentes modelos y de una escala de valores de los parámetros, llegamos en cada caso a la conclusión de que hay

poca posibilidad de un aumento en la pesca promedio sostenible de atún aleta amarilla a niveles de esfuerzo de pesca más allá de 36,000 unidades de esfuerzo (o alrededor de 43,000 a lo sumo). La única cuestión sería determinar si a niveles más altos de esfuerzo la pesca total descendería rápida o des-paciosamente.

Como puede verse en las Figuras 3 y 4, nuestras tabulaciones preliminares para 1960 indican que durante este año el esfuerzo de pesca ha alcanzado alrededor de 33,100 días estándar de actividad pesquera y la pesca total alrededor de 233 millones de libras, siendo esta última cifra algo más alta que el valor promedio esperado a este nivel del esfuerzo de pesca. Como se dijo anteriormente, durante este año muchos barcos todavía estaban en proceso de conversión al sistema de redes, así que el esfuerzo de pesca estuvo reducido durante la permanencia de las embarcaciones en los astilleros. Además, su efectividad en la captura de atún aleta amarilla será mayor que la que tenían cuando eran barcos de carnada (suponiendo, por supuesto, que se mantenga la relativa efectividad que recientemente se ha observado en los barcos rederos y en los barcos de carnada). Durante 1960, también hubo, además, una reducción en las operaciones de los barcos debida a la disputa sobre precios en California.

Parece pues muy posible que durante 1961 las flotas pesqueras existentes generen un esfuerzo de pesca suficiente como para poner la intensidad de la pesca de atún aleta amarilla más allá del nivel correspondiente al promedio máximo sostenible de la pesca total. Sin embargo, por otra parte, hay algunos factores que pueden tender a reducir el esfuerzo de pesca y ser suficientes para mantener la intensidad de la pesca cerca del nivel óptimo. Estos factores son: (1) La desviación de barcos para pescar frente al Africa Occidental; es todavía muy prematuro para decir los alcances que esto pueda tener. (2) Durante los tres últimos años el atún aleta amarilla ha estado tal vez algo más disponible a la flota de barcos rederos que en promedio, especialmente en la región norte de la pesquería. Es probable que la flota tenga que extenderse más, en promedio, que el año pasado y que los resultados de la pesca sean más pobres que en dicho año, reduciendo así efectivamente el esfuerzo de pesca.

En otras palabras, es posible que durante el año que viene la pesquería entre en su natural estabilidad a un nivel cercano al que corresponde al rendimiento máximo sostenible. Sin embargo, en mi opinión, la posibilidad de una pes-

ca excesiva es lo suficientemente grande como para que se le de una consideración seria a las más efectivas medidas de conservación que pudiera ser necesario recomendar hacer durante el año. En todo caso, parece que la Comisión puede tener la necesidad de hacer recomendaciones sobre medidas de conservación en un futuro cercano.

Barrilete

En la Figura 9 se presenta la serie histórica de las medidas de la pesca total, abundancia aparente y esfuerzo de pesca correspondiente al barrilete hasta 1959, además de los valores preliminares estimados para 1960. En esta serie, la pesca por unidad de esfuerzo está basada solamente en los barcos de carnada de las clases 1 a 4, estandarizados a la clase 3. Los datos de las clases más grandes (5 y 6) no han sido usados en esta serie porque, en algunos de los primeros años por lo menos, parece que estas clases más grandes pescaron selectivamente para obtener atún aleta amarilla cuando éstos estaban en abundancia y en esta forma los datos correspondientes no proporcionaban una medida digna de confianza con respecto a la abundancia del barrilete.

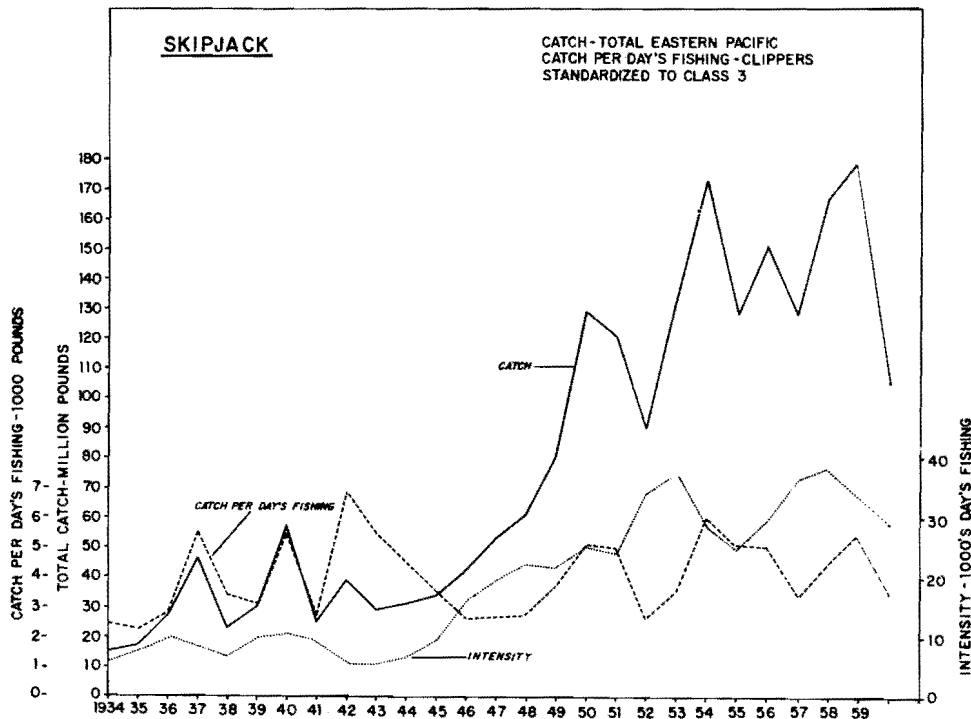


FIGURA 9. Pesca total, pesca estandarizada por día de actividad, e intensidad calculada de la pesca de barrilete en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1960. (Los datos de 1960 son preliminares).

Debe tomarse en cuenta que en 1959 la abundancia aparente del barrilete se elevó a un valor por encima del promedio a largo plazo, pero en 1960 descendió substancialmente a una cifra cercana a dicho promedio. Al mismo tiempo, la pesca total disminuyó precipitadamente en 1960 como resultado de la disminución del esfuerzo de pesca por esta especie, en combinación con la reducida pesca por unidad de esfuerzo.

Como lo hemos dicho anteriormente, no hay nada en esta serie que sugiera que la pesquería del barrilete haya sido en ningún momento lo suficientemente intensa como para haber afectado la abundancia y el rendimiento; por lo menos si efectos tales se han producido, no podemos determinarlos en presencia de la variabilidad de la abundancia aparente debida a otros factores independientes de la pesquería. Tomando esto en consideración, se puede afirmar nuevamente que los stocks de barrilete pueden soportar un nivel mucho más alto de esfuerzo de pesca y rendimiento antes de llegar a la condición de la máxima producción sostenible.

3. Otros estudios de las estadísticas de la pesca de atunes

Los datos obtenidos de los registros de los cuadernos de bitácora de los barcos pesqueros son también usados en el estudio de la distribución geográfica y temporal de los stocks de peces, la distribución del esfuerzo de pesca en relación a la distribución de los peces y también en el estudio de algunos aspectos de los hábitos de los atunes (ver también la página 154).

Compilaciones trimestrales y mensuales

Rutinariamente compilamos y hacemos cartas de la pesca, esfuerzo y pesca por unidad de esfuerzo para cada una de las especies de atún, por cuadrados de un grado y por trimestres de cada año, utilizando los datos de los registros de los cuadernos de bitácora de los clípers y de los barcos redeiros. Durante 1960 se publicó una serie de estas cartas para los años 1951 a 1958 para el uso de otros científicos y miembros de la industria pesquera.

Los datos originales son también archivados por el sistema de tarjetas perforadas, clasificándolos por meses y por trimestres. Las tabulaciones por meses han sido hechas con la cooperación del Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, y un sumario de las mismas será publicado próximamente.

Índice de concentración

Se ha hecho un análisis detallado de los datos de los registros de los cuadernos de bitácora de los clípers con el propósito de computar dos índices trimestrales de la densidad de la población, uno ponderado por área de pesca y el otro no ponderado y un índice de concentración del esfuerzo de pesca, que es la razón de estos dos índices de densidad. La computación de estos índices ha sido descrita en informes anuales anteriores. En un *Boletín* reciente se analizaron las fluctuaciones trimestrales y anuales de estos índices para el atún aleta amarilla, por el período 1951-1956. Los índices para el atún aleta amarilla, el barrilete y las dos especies combinadas han sido también computados ahora sobre una base trimestral para el período 1951-1958.

El examen de los valores trimestrales del índice de concentración combinado del atún aleta amarilla y del barrilete demuestra que hay una considerable variación de un trimestre a otro, pero sólo en una escala de valores bastante estrecha (1.14 a 3.10) para el período de ocho años. No hay una fluctuación estacional pronunciada, pero los valores promedio para los cuatro trimestres revelan una tendencia a que los valores más altos ocurran en el segundo semestre del año. El índice combinado es ligeramente menos variable que los de cada una de las especies considerados separadamente. El coeficiente de variación del índice combinado es 0.2406, comparado con 0.2411 del atún aleta amarilla y con 0.3894 del barrilete.

El índice de concentración combinado para las dos especies no desciende a menos de uno en todo el período de ocho años indicando que la concentración del esfuerzo fué siempre mejor que al azar. El índice de densidad no ponderado se graficó contra el índice de densidad ponderado (la razón de los dos es el índice de concentración). La línea de regresión que se ajustó a los datos tuvo una inclinación de 1.84 indicando que la flota, en promedio, ha estado en condiciones de concentrar su esfuerzo 84 por ciento mejor que si su esfuerzo hubiera sido distribuido al azar.

El valor más alto para la serie de ocho años fue 3.10 que se registró en el cuarto trimestre de 1954. Este se debió principalmente al éxito de la concentración del esfuerzo en aquella época en la zona del banco y cerro submarino de Guayaquil. Dos rectángulos en un grado de aquella área recibieron 40.6 por ciento del esfuerzo total y produjeron 70.3 por ciento de la pesca total.

La relación entre los índices de densidad y el número de rectángulos de un grado explotados fué examinada a fin de determinar si las mermas en la abundancia aparente están asociadas con la mayor extensión de la actividad exploradora. Si la disminución en la pesca por unidad de esfuerzo resulta en una extensión del mayor número de rectángulos de un grado cubiertos debido a una mayor búsqueda por la flota, sería de esperarse una correlación negativa entre el número de rectángulos de un grado explotados y los índices de densidad. Se han obtenido significativas correlaciones negativas entre el número de rectángulos de un grado explotados y los dos índices de densidad del atún aleta amarilla. Estos cálculos se repitieron utilizando los índices de densidad del barrilete, pero los resultados fueron notoriamente diferentes. Con cualquiera de los índices de densidad, los coeficientes de correlación fueron no significativos y resultaron positivos en vez de negativos. Esto parece indicar que la actividad exploradora de la flota está afectada más por los cambios en la abundancia aparente del atún aleta amarilla que del barrilete. Un factor que contribuye a esto puede ser el que se requiere mayor actividad exploratoria para el atún aleta amarilla que para el barrilete, debido a la diferencia en la distribución geográfica de las dos especies. Las mejores pescas de barrilete generalmente han sido hechas en los extremos norte y sur del área de la pesquería. Estas regiones contienen relativamente menor número de rectángulos de un grado que el área mucho más extendida en la parte central de la pesquería la cual produce en forma preponderante atún aleta amarilla.

Se ha examinado también la relación del índice de concentración con el número de rectángulos de un grado explotados. No se encontraron correlaciones significativas al utilizar los índices de concentración del atún aleta amarilla, del barrilete o de las dos especies combinadas.

Relación entre el clima del océano y la distribución de las pescas de atunes aleta amarilla y barrilete

En informes anteriores se ha dicho que hay una relación entre las fluctuaciones de un año a otro en la abundancia aparente de las dos especies de atún tropical y la temperatura de la superficie del agua. Esto ha sido examinado con más detalle para los años 1951-1959 empleando los datos de la captura por día de pesca de los barcos de carnada en áreas a lo largo de la costa desde California hasta Chile, sobre una base mensual, y la media mensual de las temperaturas de la superficie del mar registradas por los clípers atuneros complemen-

tadas con algunos datos de los barcos mercantes (estos últimos son compilados por el Weather Bureau de los Estados Unidos).

La región de pesca a lo largo de la costa entre la frontera de California-México y el norte de Chile, sin incluir las islas situadas mar afuera, ha sido dividida en 33 áreas. Para cada una de estas áreas se ha hecho la computación de los promedios de la captura por día de pesca de cada una de las especies de atún (estandarizada a la clase 4 de los clípers) para cada mes y área en que por lo menos se han registrado tres días de esfuerzo. El promedio de la temperatura de la superficie del mar para los mismos meses y áreas ha sido graficado en cartas especiales. La comparación de los dos juegos de datos da los siguientes resultados:

Ha habido dos períodos de generalmente escasa pesca de atún aleta amarilla: en 1953 y en el período 1957-1958 que concuerdan muy bien con los períodos de aguas cálidas. Durante los períodos más fríos: 1951-1952, 1954-1956 y fines de 1959, las pescas de atún aleta amarilla sobrepasaron el promedio, particularmente frente a la costa sur de México y frente a la América Central. También ha sido de interés la extensión de la pesquería hacia el sur al área de "las 14 brazas" frente al Perú durante los dos períodos calientes. En cuanto al barrilete, los cambios en la distribución son aún más notables ya que las pescas fueron extremadamente pobres en la región central de la pesquería durante los períodos cálidos. La extensión de la pesquería del barrilete a cualquiera de los extremos de la pesquería es particularmente evidente en estos períodos calientes habiéndose logrado muy buenas pescas frente a San Diego en el norte y en la costa sur del Perú en el sur, encontrándose ambas áreas más allá de la zona normal de la pesquería.

En un próximo *Boletín* se dará a la publicidad un informe más detallado sobre estos estudios.

4. Investigación sobre las estadísticas vitales, migraciones y estructura de las poblaciones de atunes

De importancia muy grande para una detallada investigación de la dinámica de las poblaciones de atunes es el conocimiento de sus estadísticas vitales (edad, tasa de crecimiento, tasas de mortalidad y variaciones en la fuerza de las clases anuales). Este conocimiento es todavía más importante con respecto al atún aleta amarilla cuyos datos en cuanto a su pesca y al esfuerzo empleado indican que la intensidad de la explotación ha sido lo suficientemente grande como para tener un marcado efecto en los stocks y que, ciertamente, dicha ex-

plotación está aproximándose al nivel correspondiente al promedio máximo de rendimiento sostenible. En una sección anterior de este informe se ha demostrado que los modelos analíticos, empleando estimaciones de los parámetros de crecimiento y mortalidad, son útiles para verificar los resultados obtenidos con modelos basados solamente en los datos sobre pesca y esfuerzo. Tal información es útil también como guía para establecer normas efectivas de administración.

La información sobre estadísticas vitales se obtiene principalmente de los datos sobre el tamaño y la composición de edades de la pesca comercial. La verificación es posible también por los resultados de la marcación y recobro de especímenes.

El conocimiento de la estructura de la población y de los movimientos migratorios de los atunes tropicales es necesario tanto para identificar las subdivisiones de la población, si es que existen, como para tener una base que permita el estudio y la administración de las poblaciones de cada especie en una forma más adecuada que por otros medios. Como se ha dicho en informes anteriores, la estructura de la población y los hábitos migratorios de los atunes tropicales parecen ser sumamente complejos, de allí que el progreso sea lento a pesar de que gran parte de nuestro tiempo y de los fondos disponibles lo dedicamos a ramas de investigación que conducen a estos conocimientos, incluyendo marcación, análisis de la composición de tamaños de la pesca y estudios genéticos. Parece que, a pesar de que la población de atún aleta amarilla no es completamente homogénea en tiempo y espacio, no existen límites geográficos marcados entre los componentes de la población ya que se opera mucha entremezcla en un buen número de áreas de pesca. No se sabe todavía si también hay cruzamiento entre los componentes que se mezclan en las áreas de pesca.

*Composición de tamaños de la pesca comercial
y estudios relacionados con ella*

Muestras de las frecuencias de tamaño de los desembarques comerciales de atún aleta amarilla y barrilete han sido recolectadas durante todo el año en San Diego y San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; y en los puertos del norte del Perú y del Ecuador. Este programa fué comenzado en 1954 con el propósito de obtener estimaciones mensuales de la composición de tamaños de la pesca por subáreas geográficas. Estos datos proporcionan parte de la información básica requerida para estimar la edad, el crecimiento, la abundancia relativa de las clases anuales y las tasas de mortalidad, así como para

estudiar la estructura de la población por la comparación de las características de la composición de tamaños entre las áreas.

En el computador I.B.M. 709 de la Universidad de California, Los Angeles, hemos comenzado este año a procesar los datos sobre la composición de tamaños. Este computador ha demostrado ser cada vez de mayor utilidad en muchos aspectos del proceso de nuestros datos.

Hasta ahora los análisis se han hecho principalmente para estimar las estadísticas vitales del atún aleta amarilla y, esencialmente, se tienen al día. Se han comenzado estudios similares con respecto al barrilete.

Atún aleta amarilla

Se ha terminado un trabajo sobre la composición de tamaños y de las clases anuales de la pesca y sobre la edad y crecimiento del atún aleta amarilla para el período 1954-1958, el cual será publicado en nuestra serie de *Boletines*. Estos estudios se continuarán conforme se recoge información adicional.

Sobre la base de estos estudios se ha llegado a la conclusión de que no hay una diferencia significativa en los parámetros de las curvas de crecimiento del atún aleta amarilla de diferentes áreas. Los parámetros han sido estimados y usados en estudios de la dinámica de la población de esta especie.

Los datos de la composición de tamaños de la pesca han sido combinados con los índices de abundancia de la pesca por unidad de esfuerzo para computar la abundancia relativa de las clases anuales a edades sucesivas según va pasando por la pesquería en las diferentes regiones de muestreo. Por la tasa de disminución de la abundancia relativa, siguiendo la edad de disponibilidad completa, se han hecho estimaciones de la tasa anual de mortalidad total. Esto parece ser muy similar en diferentes áreas y para diferentes clases anuales y, desde luego, no se han observado diferencias significativas en la tasa total de mortalidad ni entre las clases anuales dentro de las áreas ni entre las áreas. La mejor estimación del coeficiente promedio de mortalidad total (durante 1954-1959) es 1.72 (correspondiente a una tasa anual de mortalidad total de 82 por ciento) con un 95 por ciento de límites de confianza de 1.59 y 1.85. Estos resultados han sido empleados en el modelo de Beverton-Holt para estimar las curvas de la pesca por recluta (página 126) y de los diagramas de isopletas de rendimiento por recluta. La variación en la fuerza de las clases anuales también ha sido estimada por medio de estos datos. Se ha preparado un *Boletín*.

sobre esta investigación que será publicado en los primeros meses de 1961.

Barrilete

Se ha comenzado recientemente el análisis de los datos de la frecuencia de las longitudes del barrilete para los años 1954-1959. Cuando hemos dispuesto de datos se han dibujado curvas suavizadas de la frecuencia de las longitudes representando la composición de tamaños de las pescas mensuales en cada área. Las distribuciones mensuales de la frecuencia de las longitudes están compuestas, en la mayoría de los casos, de definidos grupos sucesivos de tamaños. Las longitudes modales de estos grupos de tamaños, cuando se grafican contra el mes y año de su captura, forman series sucesivas dentro de las cuales hay un aumento regular de la longitud con el tiempo. Las series presentes en las áreas del norte (01, 02, 03 y 04) se ilustran en las Figuras 10 y 11. Cada serie se identifica por el año real, o por el que se presume, de entrada al stock de peces de tamaños aptos para la pesca. Dos series entran aparentemente en la pesca cada año en diferentes estaciones. Las hemos diferenciado con las letras X e Y antepuestas al año de entrada.

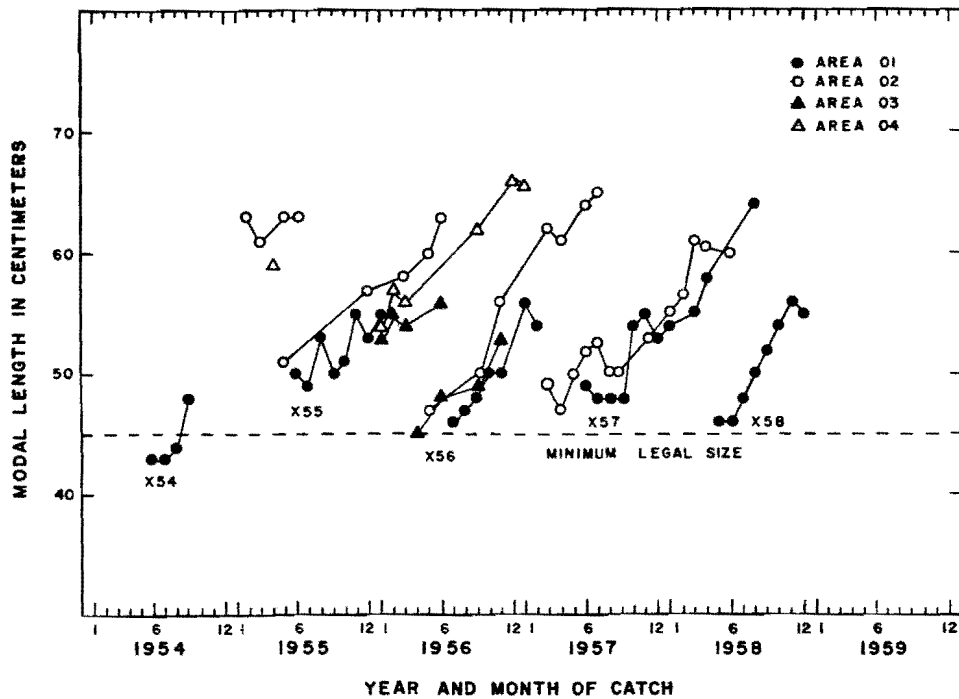


FIGURA 10. Progresiones modales de la serie X correspondientes al barrilete en las áreas del norte (01-04).

La serie X (Figura 10) aparece primero en la pesca durante el segundo trimestre del año con una longitud modal de 45-50 cm. y los peces alcanzan aproximadamente de 60 a 62 cm. en su longitud modal un año más tarde. (El límite más bajo se controla generalmente por un peso mínimo legal de cuatro libras que corresponde a una longitud total calculada de 45 cm.). Una excepción aparente es la serie X55 que entró en la pesca en las Áreas 03 y 04 durante enero de 1956. Sin embargo, las longitudes modales de estos peces son mayores indicando que la variabilidad en el tiempo de entrada puede estar acompañada por un correspondiente cambio en la longitud.

En la Figura 10 las longitudes modales de la serie X en las cuatro áreas del norte se comparan por año y por mes de captura. La tasa de crecimiento de la serie correspondiente es similar en las cuatro áreas y sugiere que los peces pueden ser de un stock común. Parece haber mayor variación en el crecimiento entre las series que entre las áreas. Nótese el crecimiento algo más lento de la serie X57 en comparación con las otras.

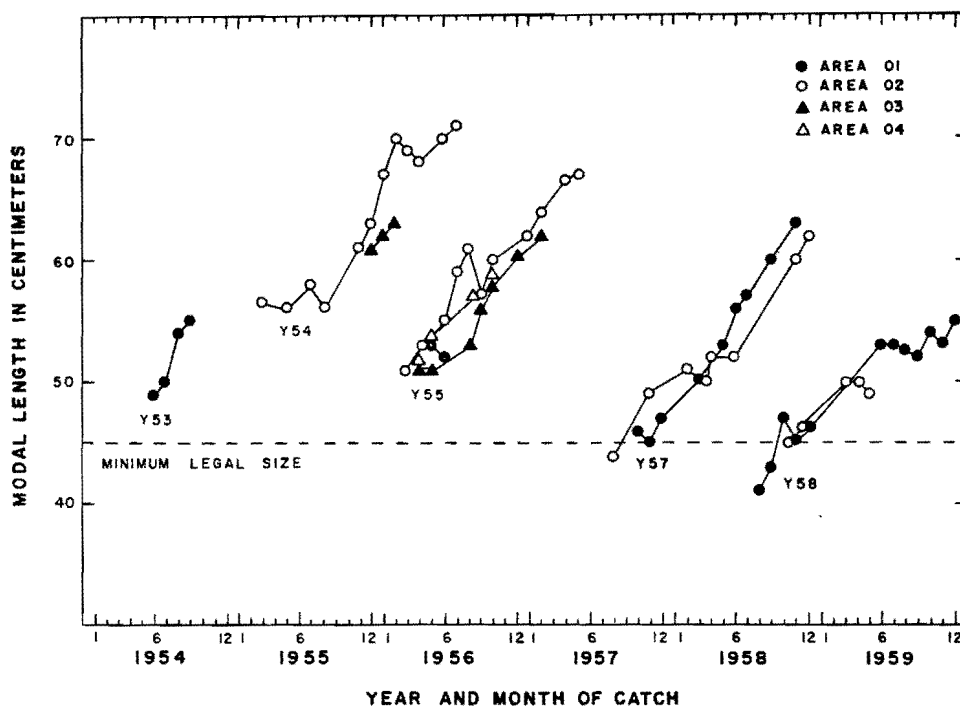


FIGURA 11. Progresiones modales de la serie Y correspondientes al barrilete en las áreas del norte (01-04).

La Figura 11 ilustra la aparición de la serie Y. Las series Y57 e Y58 se presentan por primera vez en la pesca durante el

segundo semestre del año con una longitud modal aproximada de 40-45 cm. A pesar de que las series Y53, Y54 e Y55 no aparecen en la pesca hasta el año siguiente al que se presume entran en el stock, su longitud modal es mayor (49-56 cm.) indicando que la variabilidad en el tiempo de entrada está acompañada por un correspondiente cambio en la longitud.

La serie Y está presente en la pesca cada año, con excepción de 1956. El crecimiento tiene un promedio de 13 cm., por año y los grupos de tamaños no se observan sobre 71 cm., o alrededor de 17 meses después de su primera entrada. Las longitudes modales de la serie Y en las cuatro áreas del norte han sido graficadas en la Figura 11 contra el año y mes de captura. La tasa de crecimiento de las series correspondientes parece similar en las cuatro áreas, sugiriendo que pueden ser del mismo stock. Aparentemente, hay una mayor variación en el crecimiento entre las series que entre las áreas.

Al comparar las series X e Y se observa que tienen una tasa similar de crecimiento. Es interesante anotar que si las series Y son desplazadas seis meses parecen ser similares a las de las correspondientes series X. Todavía no hemos formulado una aplicación del origen de estas dos series. Actualmente se hacen análisis similares en cuanto a las áreas restantes del Océano Pacífico Oriental.

Diagrama del rendimiento por recluta para el atún aleta amarilla

Las curvas del rendimiento por recluta a que nos hemos referido en la página 125 y siguientes fueron calculadas para reclutas que entran en el stock a la edad de 1.5 años cuando están listos para el reclutamiento de acuerdo con el tamaño mínimo legal (en California). Sin embargo, el promedio del rendimiento por recluta depende no sólo de los parámetros de la curva de crecimiento, de la tasa de mortalidad natural y de la tasa de mortalidad por la pesca, sino también del tamaño mínimo al que los peces pueden ser capturados después de llegar a la edad apta para la pesca. A fin de examinar los posibles efectos del cambio en el tamaño mínimo a la primera captura, hemos calculado (mediante el modelo simple de Beverton-Holt a que se hizo mención anteriormente en la página 126) la captura por recluta a la edad de 1.5 años para varios posibles valores del coeficiente de mortalidad natural y una escala de valores de la edad mínima (y tamaño) a la primera captura para una amplitud de tasas de mortalidad por la pesca. Los re-

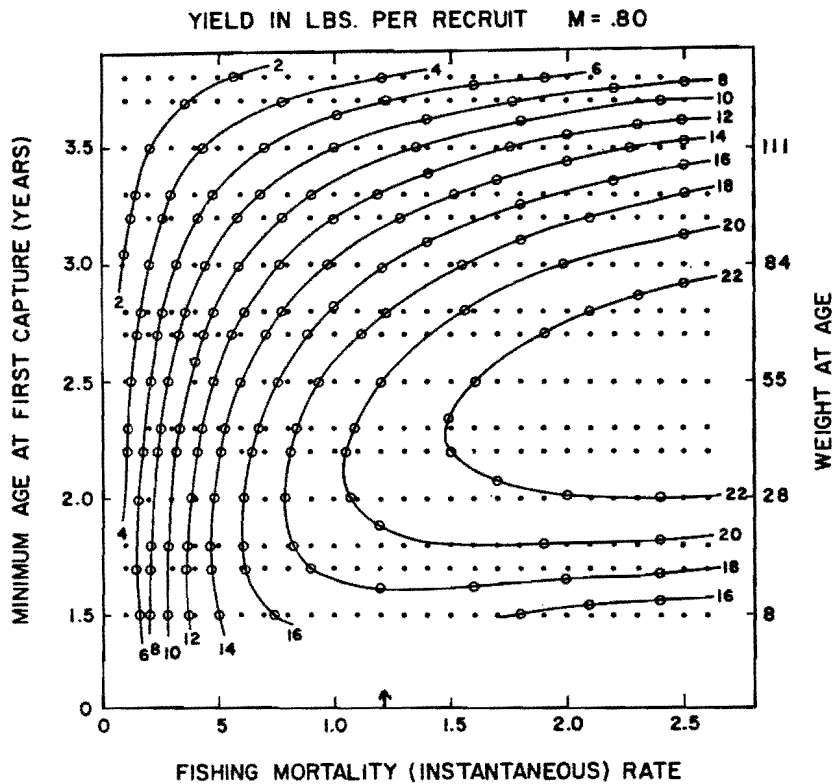


FIGURA 12. Diagrama del rendimiento por recluta correspondiente al atún aleta amarilla, $M = 0.80$.

sultados se grafican en diagramas de isopletras de rendimiento. En la Figura 12 se muestra el diagrama para un coeficiente de mortalidad natural (M) de 0.80 que consideramos está cerca del valor real. Esto indica para cada valor de la tasa de mortalidad por la pesca (a lo largo del eje horizontal) y mínimo de edad a la primera captura para la pesca (eje vertical, escala de la izquierda) el número de libras que, en promedio, se lograría por cada recluta que entra en el stock a la edad de 1.5 años. Los pesos de los atunes según las edades se muestran en la escala vertical a la derecha. El rendimiento por recluta fué calculado en cada punto representado por los puntos negros, con el computador de dígitos de alta velocidad en el Western Data Processing Center de la Universidad de California en Los Angeles. Las isopletras de igual rendimiento por recluta fueron diseñadas a través de los puntos (círculos abiertos) determinados por la interpolación lineal entre los valores adyacentes computados y se muestran para intervalos de dos libras. Puede observarse que al nivel actual estimado de la tasa de mortalidad por la pesca, señalado por la flecha en la parte inferior del diagrama, así como a algunas tasas más bajas y a todas

las más altas, podría obtenerse un aumento substancial en el rendimiento si se dejara al atún aleta amarilla permanecer más tiempo en el mar antes de comenzar su captura. Diagramas similares han sido preparados sobre la base de otros posibles valores de la tasa de mortalidad natural entre $M=0.60$ y $M=1.00$, los cuales indican que, en cada caso, a los valores actuales de la tasa de mortalidad por la pesca, se podría obtener una ganancia si hubiera un aumento en la edad mínima a la primera captura.

En la serie de *Boletines* será publicada una presentación más detallada de estos estudios.

Investigaciones por medio de la marcación de atunes

La marcación, y el subsiguiente recobro de atunes en la pesquería comercial, ofrece un medio directo para estudiar sus movimientos migratorios, lo que contribuye al conocimiento de las distribuciones en espacio y tiempo de las posibles subpoblaciones. Estos datos del programa de marcación también hacen posible alguna verificación de las tasas de crecimiento y mortalidad deducidas por los estudios de la composición de tamaños, a pesar de que el crecimiento de los peces marcados tiende a ser algo más bajo que el de los no marcados, y de que la tasa de disminución de los peces marcados es algo más alta que la tasa de mortalidad de los no marcados, debido a la pérdida de marcas y a otras causas.

Los experimentos de marcación de atún fueron comenzados a fines de 1955. Desde 1957 hemos continuado un programa de marcación y recobro a gran escala, tanto a bordo de barcos comerciales en el curso de sus viajes regulares de pesca, como en barcos pesqueros contratados especialmente para hacer viajes dedicados a la marcación. Durante 1960 se marcaron 4,274 atunes aleta amarilla y 8,466 barriletes. Se usaron tanto las marcas de gaza, que previamente se empleaban en forma rutinaria, como las marcas de dardo que al principio habían sido usadas en pequeñas cantidades en unos pocos viajes solamente. Parece, a juzgar por los recobros obtenidos de las marcaciones durante 1960 cuando se usaron ambos tipos de marcas, que la marca de dardo es superior rindiendo una tasa de recobro algo más alta y siendo más rápida de aplicar. Durante 1961 usaremos casi exclusivamente marcas de dardo.

Hasta diciembre de 1960 hemos devuelto al agua un total de 24,744 atunes aleta amarilla y 58,377 barriletes marcados; de éstos, los recobros hasta la misma fecha llegan a 1,323 atunes aleta amarilla y 1,503 barriletes.

La marcación a bordo de barcos pesqueros comerciales se está reduciendo un poco a cambio de un empleo más extenso de barcos contratados especialmente para este propósito, porque ésto hace posible liberar grandes cantidades de peces marcados en determinadas áreas y estaciones en donde los recobros pueden favorecer el esclarecimiento de problemas especiales.

La marcación a bordo de barcos comerciales en el curso de las operaciones de pesca, en el futuro tendrá que depender probablemente del uso de barcos rederos debido al cambio de buena parte de la flota con base en California a ese sistema de pesca. Esto ofrece ciertas desventajas ya que la opinión de la mayoría de los encargados de colocar marcas es la de que los peces atrapados en las redes no son devueltos al agua en tan buenas condiciones como los capturados con carnada y anzuelo y, en todo caso, hay menos oportunidad para marcar a bordo de los barcos rederos debido al corto tiempo en cada "redada" cuando es posible marcar los pescados en buenas condiciones.

Marcación, liberación y recobros durante 1960

En la Tabla 5 se presenta un sumario de las cantidades de peces marcados que han sido devueltos al agua y del número de recobros hasta diciembre de 1960 de las liberaciones hechas en viajes iniciados en California, en el Perú y en el Ecuador. La marcación en California durante 1960 se efectuó en cuatro viajes a bordo de los barcos pesqueros comerciales en el curso de sus operaciones regulares de pesca. Para el Crucero 33 se contrató al barco "Julia B", a fin de marcar y liberar cantidades convenientes de peces en el área frente a la costa sur de México y en la región de las Islas Revillagigedo, ya que los datos referentes a los movimientos migratorios desde estas áreas eran anteriormente escasos.

En el "Julia B" se emplearon marcas de gaza y de dardo; estas últimas consisten en un material amarillo en forma de tubo de 6½ a 7 pulgadas de largo, de polivinil (EP-2) tamaño 13, con las cabezas de dardo de nilón. La longitud interior de la cabeza de dardo es de más o menos media pulgada. La cabeza de dardo se inserta en la musculatura dorsal de modo que quede enganchada detrás de una de las espinas interneurales. Estas marcas se colocan más rápidamente que las de gaza y gracias a ésto se puede devolver al agua en menos tiempo un mayor número de peces marcados, aumentando también las oportunidades de supervivencia. La comparación de las tasas de

Tabla 5. Marcación y recobro de atunes hasta el 31 de Diciembre de 1960

DE CALIFORNIA					Número de peces marcados				Número de peces recobrados			
Crucero número	Barco	Equipo	Periodo	Area de Marcación	Atún aleta amarilla		Barrilete		Atún aleta amarilla		Barrilete	
Marcados durante 1955-1959					16498		30062		574		497	
					Dardo	Gaza	Dardo	Gaza	Dardo	Gaza	Dardo	Gaza
32	Jeanne Lynn	Redes	II/20/60-III/15/60	Costa mexicana	274				9			
		Determined										
33	Julia B*	Carnada	III/9/60-IV/23/60	Costa mexicana	711	432			119	69		
				Roca Partida	645	264	1719	645	54	16	80	21
34	Mary Barbara	Carnada	VII/11/60-IX/28/60	Costa Rica-Panamá	13							
				Golfo de Guayaquil	10		77				7	
				Guatemala, Nicaragua	22		44					
				Ecuador, Colombia	6		39		1		3	
35	Westport	Carnada	VIII/9/60-IX/27/60	Bancos locales	393		471		120		112	
				Golfo de California	10							
				Costa mexicana	345				10			
36	Santa Helena	Redes	VIII/21/60-X/1/60	Costa mexicana	18							
				Guatemala-Nicaragua	483		2		10			
				Total-1960	2930	696	2352	645	323	85	202	21
DEL PERU					3901		17972		279		462	
Marcados durante 1956-1959												
Marcados durante 1960 Carnada												
				Ecuador-Colombia		114		518		3		21
				Golfo de Guayaquil	48	155	772	1262	4	25	27	165
				Perú (norte)				620				
				Perú (sur)		2		510				
		Redes		Golfo de Guayaquil		239		97		23		2
				Total-1960	48	510	772	3007	4	51	27	188
DE MANTA, ECUADOR					71		1877		3		72	
Marcados durante 1958-1959												
Marcados durante 1960 Carnada					90		1690		4		34	
GRANDES TOTALES					24744		58377		1323		1503	

* Crucero en barco especialmente contratado.

recobro hasta fines de 1960 entre los dos tipos de marcas usados en este crucero indica una ligera superioridad de las marcas de dardo para el atún aleta amarilla y una superioridad algo mayor para el barrilete. La comparación de las tasas de recobro entre ambos tipos de marcas usadas en peces liberados frente al Golfo de Guayaquil por miembros de nuestro personal peruano demuestra superioridad en la tasa de las marcas de dardo para ambas especies. Por consiguiente, nos proponemos usar las marcas de dardo profusamente durante 1961.

La tasa de recobros de atunes aleta amarilla, aún con el empleo de sólo marcas de gaza, fué notablemente mayor durante 1960 que en años anteriores, siendo de 11 por ciento en conjunto, comparada con 4.2 por ciento para el promedio de atunes liberados de 1955 a 1959, a pesar de que se esperan más recobros durante 1961 de las marcaciones de 1960. Sin embargo, las tasas de recobro varían con el área de marcación, por lo que esta comparación no es exacta, ya que posiblemente está afectada por la distribución espacial de los dos grupos de peces liberados con los dos tipos de marca. Sin embargo, una comparación preliminar de los recobros, por área de marcación, para 1960 y años anteriores, indica que las tasas de recobro fueron realmente más altas en el año pasado, especialmente en los bancos locales y frente a la costa mexicana. Esto concuerda con el aumento en la densidad de la pesca deducido anteriormente por los datos de las estadísticas de pesca. Estos datos, desde luego, serán examinados con más detenimiento tan pronto los tengamos completos.

Movimientos de los atunes marcados

En el último Informe Anual nos referimos a los movimientos migratorios entre áreas. Durante 1960 hemos obtenido más datos de valor para nuestros estudios. En las Figuras 13 y 14 presentamos en forma algo esquemática la dirección de los movimientos migratorios y las localidades de marcación y recaptura de los peces que durante 1960 han recorrido largas distancias. Una característica notable en la Figura 13 es el movimiento de atunes aleta amarilla marcados cerca de Roca Partida en las Islas Revillagigedo a las áreas frente a Baja California. De 909 atunes aleta amarilla marcados allí, se recobraron 70: 31 de éstos estaban cerca del área de marcación y, más avanzada la estación, se recuperaron 39 a lo largo de la costa de Baja California entre Cabo San Lucas y Punta Abreojos. (Barriletes marcados en la misma época se movieron en forma similar; de 2,364 marcados se recobraron 101: 64 cerca de Roca

Partida, 3 a medio camino entre las Islas Revillagigedo y Cabo San Lucas, y 34 en varias localidades a lo largo de la costa de Baja California entre la Bahía Magdalena y la Isla Guadalupe). Otros movimientos hacia el norte fueron similares a los graficados previamente: de frente a la América Central hacia el norte hasta un poco más arriba del Golfo de Tehuantepec; de la costa sur de México hacia el Golfo de California; y de la zona a lo largo de la costa norte de Sudamérica hasta tan lejos como frente a la América Central.

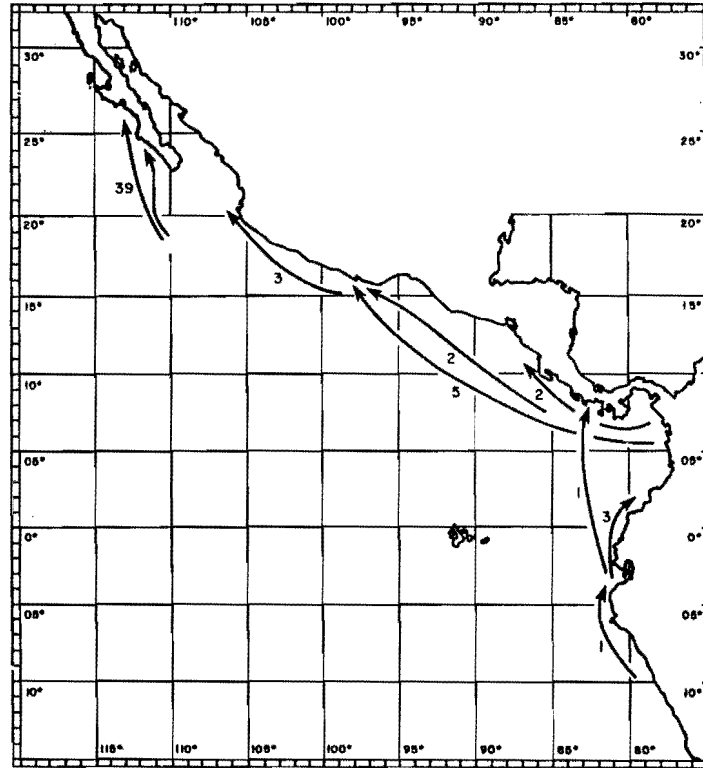


FIGURA 13. Movimientos migratorios entre áreas del atún aleta amarilla, registrados durante 1960, con dirección norte.

En la Figura 14 hemos registrado de nuevo los movimientos migratorios de los atunes aleta amarilla hacia el sur, de la región de Centroamérica a las vecindades del Golfo de Guayaquil. Sin embargo, la característica más notable de este gráfico es el registro de las migraciones de los atunes aleta amarilla hacia el sur del área frente a Baja California hasta dentro del Golfo de California y hasta una localidad tan lejana en el sur como el Golfo de Tehuantepec, y también algunos movimientos hacia el sur a lo largo de la costa sur de México. La

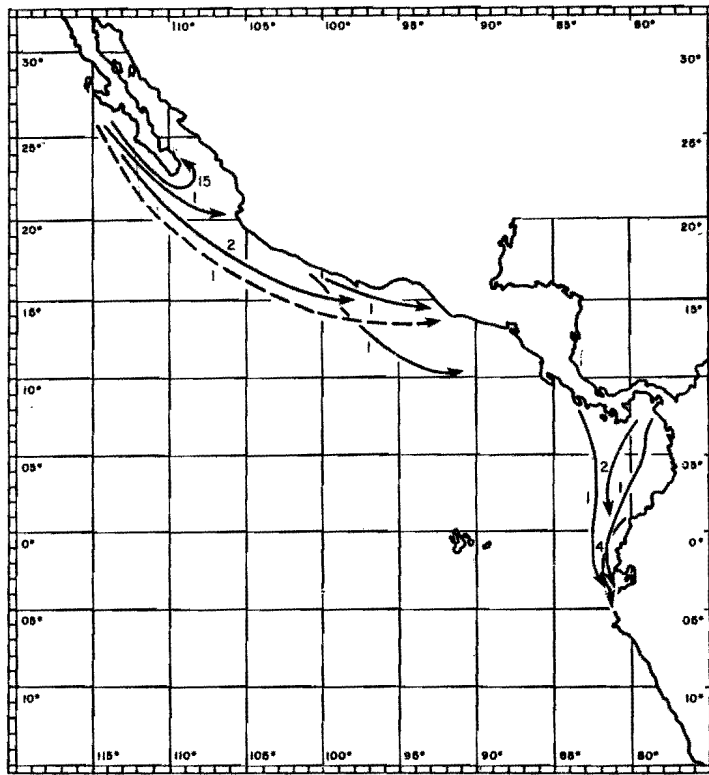


FIGURA 14. Movimientos migratorios entre áreas, registrados durante 1960, con dirección sur.

línea a rayas en esta figura señala el movimiento aparente de un sólo atún aleta amarilla desde las áreas locales hasta frente a Guatemala; el lugar en que fué recobrado es algo incierto.

Estos datos sobre los movimientos migratorios de los atunes aleta amarilla, junto con otros conocimientos (composición de tamaños de la pesca, áreas de desove), nos llevan a sospechar que podemos estar tratando con una subpoblación de atún aleta amarilla en el norte que está ampliamente confinada a la región al norte de los 15° N. de latitud, pero que algunos de sus miembros se desplazan unos grados más al sur, y con otra subpoblación en el sur con su centro frente a la América Central, pero desplazándose hacia el norte hasta cerca de los 16° N., y hacia el sur hasta por lo menos las vecindades del Golfo de Guayaquil, existiendo un área en que hay un traslape de los componentes de esta población a lo largo de una extensión de la costa en las vecindades del Golfo de Tehuantepec.

El principal propósito del crucero contratado en 1960 fué el de marcar atunes aleta amarilla frente a la costa sur de México, al noroeste del Golfo de Tehuantepec, área que mantiene

una pesca apreciable durante el primer trimestre del año y en la que anteriormente sólo habíamos marcado y liberado unos pocos especímenes. Se había sospechado que los peces de esta área eran en su mayoría componentes del mismo stock que es pescado más tarde en el año en el norte. Se encontró que casi todos los peces que no fueron recobrados en la vecindad inmediata del área de marcación, se desplazaban hacia el noroeste. Muchos cruzaron apreciables distancias, llegando tres a un lugar tan lejano como las Islas Tres Marías a principios del verano. Unos pocos peces fueron recapturados en el sureste, dos de ellos exactamente en el Golfo de Tehuantepec.

Análisis de los datos hasta 1959

Las liberaciones de peces marcados y las recuperaciones hasta 1959 fueron analizadas en detalle durante el año de nuestro informe y se ha preparado un *Boletín* sobre los resultados para su publicación en un futuro próximo. Algunos de los resultados pueden resumirse como sigue:

1) Por las recuperaciones de peces marcados en diferentes áreas y por las recuperaciones de ejemplares marcados a diferentes temperaturas del agua en las mismas áreas, es evidente que la tasa de recobro está en relación inversa a la temperatura del agua. Hay una hipótesis de que esto se debe a una mayor mortalidad a causa de la marcación a temperaturas más altas, asociada con una mayor pérdida causada por la creación de un déficit de oxígeno debido a hiperactividad.

2) La mortalidad inicial por la marcación es alta en todo el tiempo y puede dar un promedio de 70 u 80 por ciento.

3) Tanto el atún aleta amarilla como el barrilete se dispersan más rápidamente del área de la marcación en la región central de la pesquería que en las regiones cercanas a los extremos de la misma.

4) El barrilete se dispersa más rápidamente del punto de la marcación que el atún aleta amarilla, siendo notable esta diferencia cerca de los extremos de la pesquería.

5) Las tasas de crecimiento de los atunes marcados son substancialmente más bajas que las tasas inferidas por medio de otros métodos en los atunes no marcados, pero los datos realmente confirman la tasa muy rápida de crecimiento de estas especies tropicales.

6) Las tasas totales de "mortalidad" calculadas por la disminución de recobros de atún aleta amarilla son algo más

altas que las tasas de mortalidad estimadas por las curvas de pesca; las diferencias probablemente se deben más a la pérdida de marcas. Con el tiempo, la reducción de los recobros de atunes aleta amarilla marcados sigue una curva exponencial. Sin embargo, no es éste el caso del barrilete, pero se demostró que un modelo que incorpore tanto un coeficiente de mortalidad constante como un coeficiente de dispersión fuera del área de pesca puede dar un ajuste bastante bueno a los datos.

Los datos sobre la cantidad de peces marcados y liberados y de los recobros durante 1960 han alcanzado una magnitud tal que no ha sido posible continuar eficientemente los análisis por el proceso manual. En consecuencia, se han anotado los datos en tarjetas perforadas y así continuaremos haciéndolo rutinariamente en el futuro; esto permitirá mayor rapidez en los análisis y más exactitud mediante el uso de máquinas clasificadoras y computadoras. Una de las primeras aplicaciones de esta técnica será para correlacionar los datos de los recobros con el volumen del esfuerzo de pesca y captura en cada área individualmente.

Genética del atún

Como se dijo en el informe del año pasado, la clasificación de tipos de sangre ofrece la esperanza de un nuevo método para estudiar la estructura de la población de los atunes tropicales, lo mismo que la de otros peces, porque los tipos de sangre están determinados genéticamente. Los fitohemaglutinantes hechos por la infusión salina de semillas pulverizadas de leguminosas pueden ser usados en vez de sueros sanguíneos para determinar los tipos de sangre. Los experimentos llevados a cabo en 1959 indicaron que, efectivamente, los fitohemaglutinantes podrían servir para clasificar los tipos de sangre de algunos peces y que era bastante probable que sirvieran para la del atún.

A mediados de mayo de 1960 se instaló un laboratorio serológico provisional en Máncora, Perú, en donde el Dr. Charles W. Cotterman, Profesor de Medicina Genética en la Universidad de Wisconsin, y el Sr. W. L. Klawe, de nuestro personal científico, estudiaron los tipos de sangre de los atunes por medio de los fitohemaglutinantes. El estudio tuvo dos fases: primero se experimentó con un pequeño número de muestras de sangre de atunes aleta amarilla, barrilete y algunos otros peces escómbridos y no escómbridos, mediante el empleo de una batería de 540 diferentes fitohemaglutinantes. Se descubrió que

los tipos de sangre pueden ser diferenciados con el empleo de este método; también se observó que existe la posibilidad de usar estos reactivos como un medio taxonómico para estudiar las relaciones de varias especies de peces. Luego se decidió que la segunda fase del trabajo consistiría en probar un gran número de muestras de sangre de atún con una pequeña batería de fitohemaglutinantes, seleccionados de acuerdo con los resultados obtenidos en la primera fase del trabajo. Desafortunadamente, sólo se pudo obtener una pequeña cantidad de muestras de sangre de atunes aleta amarilla. Sin embargo, hay indicación de dos o tres diferencias que pueden pertenecer a dos o tres tipos de sangre, determinables con nuestro surtido de fitohemaglutinantes. El estudio de unas 100 muestras de sangre de barriletes culminó con el descubrimiento de una y posiblemente dos clasificaciones de tipos de sangre. El sistema fácilmente evidente consiste de dos factores de grupos de sangre que se excluyen mutuamente, cada uno de los cuales es demostrable con un gran número de fitohemaglutinantes. Se espera asimismo que este sistema sea también adecuado para los estudios de la población de barrilete dentro del área de nuestra investigación.

Durante 1961 nos proponemos efectuar una clasificación de tipos de sangre de atunes en varias partes del Océano Pacífico Oriental Tropical, a bordo de barcos pesqueros comerciales.

5. Otros aspectos de la biología y hábitos de los atunes

Además de los estudios de que hemos dado cuenta anteriormente, durante 1960 se han efectuado otras diversas clases de investigaciones sobre la biología y hábitos de los atunes tropicales:

Alimento de los atunes

El examen del contenido estomacal de los atunes aleta amarilla y barrilete fué terminado en junio de 1960 porque se consideró que teníamos datos adecuados tanto en tiempo como en espacio.

Durante dos años y medio se examinaron los estómagos de 3,763 atunes aleta amarilla y 2,317 barriletes. No todos los estómagos muestreados tenían alimento: 24.4 por ciento (917) de los estómagos de atunes aleta amarilla y 56.4 por ciento (1,307) de los estómagos de barriletes estaban vacíos, porque los peces de carnada no se consideraron como elemen-

te de la alimentación. La gran mayoría de las muestras se obtuvo de las mesas de destace de las plantas enlatadoras de atún e incluyó ejemplares pescados tanto por los barcos de carnada como por los rederos.

Se examinaron los estómagos de atunes aleta amarilla capturados en todas las áreas de la pesquería desde California hasta el norte de Chile y de casi todas las áreas alrededor de las islas situadas mar afuera. Por otra parte, las muestras de barriletes se obtuvieron en su mayor parte de las áreas más en los extremos norte y sur de la pesquería, con casi ninguna muestra del área entre Cabo Corrientes y el Golfo de Fonseca. La razón principal de esto es la poca pesca de barrilete en esta región durante el período de estudio; además, tampoco se obtuvieron muestras de barriletes de la Isla Clipperton. Esta localidad muy rara vez produce barrilete y de hecho no hubo ninguna pesca durante el período en referencia.

Los estómagos de los atunes aleta amarilla en su mayor parte eran de pescados que medían entre 550-1300 mm., aunque también fueron muestreados especímenes tan pequeños como 253 mm. y tan grandes como 1963 mm. Los barriletes midieron de 399-705 milímetros.

Con respecto al atún aleta amarilla, la mayor cantidad de alimento contenida en un solo espécimen fué de 5,163.5 ml. (volumen de desplazamiento) en un individuo de 1898 mm. capturado cerca de las Islas Revillagigedo. La mayor cantidad encontrada en un barrilete fué de 262.9 ml.; se trataba de un espécimen de 611 mm. de longitud pescado frente a la costa del Perú.

El volumen total del alimento examinado de los estómagos de atunes aleta amarilla fué de 244,651.3 ml., y de barriletes 41,152.5 ml. El alimento de ambas especies puede ser dividido en tres categorías generales: peces, crustáceos y cefalópodos. El examen de los 2,846 estómagos de atunes aleta amarilla que contenían alimento reveló que éste estaba constituido, por volumen, de 46.9 por ciento de peces, 45.4 por ciento de crustáceos y 7.6 por ciento de cefalópodos. El contenido de los estómagos de 1010 barriletes indicó que su alimento estaba constituido, por volumen, de 59.1 por ciento de crustáceos, 37.4 por ciento de peces y 3.4 por ciento de cefalópodos. Algunos de los elementos más importantes de la dieta de los atunes aleta amarilla son el "cangrejo rojo" (*Pleuroncodes planipes*), dos especies de cangrejos portúnidos (*Portunus affinis* y *Euphylax dovii*), calamares, peces voladores, tamborines, y peces de la Familia Ostraciidae. Los componentes individuales importantes de la

dieta del barrilete son eufásidos, un pez batipelágico cuyo nombre científico es *Vinciguerria lucetia*, peces linterna, peces voladores y peces de la Familia Trichiuridae. Los detalles de este estudio, que incluyen las variaciones en tiempo y espacio en la dieta de las dos especies, se están preparando para su publicación.

Fecundidad de los atunes

Algunos especímenes de atunes aleta amarilla con ovarios en estado avanzado de madurez han sido recolectados especialmente y las muestras de gónadas se han preservado adecuadamente para contar las ovas según el tiempo lo permita.

Se ha encontrado que 14 juegos de ovarios de barriletes en estado de avanzada madurez, recolectados cerca de la boca del Golfo de California en noviembre de 1959, con una longitud total entre 659-699 mm., tienen un amplio margen en el número de ovas que está madurando, siendo entre 407,000 y 1,327,000.

Durante el año venidero se harán recolecciones adicionales para contar las ovas, incidentalmente con otras investigaciones.

Estados larvales y juveniles

La aparición de atunes en estados muy jóvenes proporciona evidencia directa de un reciente desove en las vecindades de su captura, dando por sentado que no es muy extenso el desplazamiento pasivo de huevos y larvas a causa de las corrientes. Se ha llegado a la conclusión de que ese desplazamiento es pequeño en el Océano Pacífico Oriental Tropical. Consecuentemente, el estudio de los estados juveniles del atún nos ayuda a delinear las áreas y a determinar las épocas de desove.

Durante 1960 se examinaron e identificaron colecciones adicionales de larvas y juveniles de atunes provenientes del Pacífico Oriental. Este material se obtuvo casi exclusivamente de las pescas hechas por medio de arrastres con mangas para plancton durante las siguientes expediciones oceanográficas: (1) Crucero TO 59-2 del Tuna Oceanography Group de la Institución Scripps de Oceanografía, que se efectuó en aguas entre California y el Golfo de Tehuantepec a fines del verano de 1959, (2) nuestro Crucero al Domo de Costa Rica en las aguas de dicho domo y en las vecindades de la Isla del Coco en el otoño de 1959, y (3) el Crucero TO 60-1 del Tuna Oceanography Group

en aguas entre Cabo Corrientes, México, y el sur de Baja California en la primavera de 1960.

Hasta octubre de este año se continuó el estudio de la actividad de desove de los atunes en las vecinades de Cabo Blanco, Costa Rica. Las recolecciones mensuales de larvas de atunes por un período de dos años, a cargo del personal de nuestro Laboratorio en Puntarenas, fueron hechas en aguas entre 5 a 20 millas de Cabo Blanco. El análisis de los datos así obtenidos nos lleva a la conclusión de que el máximo del desove de los atunes aleta amarilla en esa localidad es entre febrero y abril.

A pesar de que en 1960 se acumularon nuevos datos sobre la presencia de larvas de atunes en el Pacífico Oriental, éstos no alteraron apreciablemente nuestras conclusiones en cuanto al tiempo y a las localidades de desove de varias especies, como se indicó en el Informe Anual correspondiente a 1959.

El análisis de los datos de la distribución vertical de las larvas de atún, a base de las pescas logradas por medio de arrastres superficiales oblicuos y con redes para plancton del tipo Clarke-Bumpus, nos lleva a la conclusión de que las larvas están limitadas en su distribución a la capa de mezcla.

Está en preparación un informe de nuestros descubrimientos relativos a las distribuciones geográficas y estacionales de los atunes en sus estados larvales y juveniles dentro del Pacífico Oriental Tropical y de las deducciones basadas en esos descubrimientos sobre las épocas y áreas de desove. Este informe será publicado en uno de los *Boletines* de la Comisión

Estudio de escómbridos jóvenes de otras áreas

Como lo hemos hecho en los últimos años, una pequeña parte de nuestro tiempo se ha dedicado al examen de las recolecciones de atunes jóvenes de otras partes del océano. Este material es proporcionado por instituciones interesadas en la historia natural de los atunes, pero que no están en condiciones de manejar el problema de identificación por falta de personal entrenado en la identificación de escómbridos jóvenes. Esto es muy valioso para nuestra investigación, ya que la biología de los atunes de otros océanos tiene muchos aspectos similares a los de nuestra área de estudio. Nuestros descubrimientos en una de tales recolecciones han sido publicados recientemente en el *Bulletin of Marine science of the Gulf and Caribbean* bajo el título "Larval Tunas from the Florida Current".

En nuestra colección de atunes jóvenes, dentro del proceso de identificación tenemos que separar otros escómbridos muy similares en apariencia a los atunes. Especímenes jóvenes del bonito (*Sarda*) recolectados en el Océano Pacífico Oriental en un período de pocos años, nos suministraron datos suficientes para preparar un trabajo intitulado "Notes on Larvae, Juveniles and Spawning of Bonito (*Sarda*) from the Eastern Pacific Ocean". Este estudio aparecerá en *Pacific Science*.

Para ayudar a otros científicos a mantenerse al día en los recientes descubrimientos de los investigadores que trabajan en las primeras etapas de la historia natural de los atunes, el reciente trabajo de Sun Tsi-Gen intitulado "Larvae and Juveniles of Tunas, Sailfishes, and Swordfishes (Thunidae, Istiophoridae, Xiphiidae) from the Central and Western Part of the Pacific Ocean" fué traducido del ruso. Copias de esta traducción han sido distribuídas entre los especialistas.

Hábitos gregarios

Durante 1960 se continuaron los estudios de los hábitos gregarios de los atunes tropicales, por especies y por tamaños, con la recolección de los informes contenidos en los registros de los cuadernos de bitácora de la flota de barcos rederos y de las observaciones hechas por nuestros científicos durante su trabajo de marcación de atunes a bordo de dichos barcos y de los de carnada. Durante 1960 publicamos en nuestra serie de *Boletines* un estudio de los hábitos gregarios de los atunes aleta amarilla y barrilete basado en los datos obtenidos hasta 1958. En resumen se determinó que:

- 1) Los barcos rederos obtienen 90 por ciento y los barcos de carnada 65 por ciento de sus pescas de cardúmenes constituídos por una sola especie.
- 2) Los atunes aleta amarilla de cardúmenes puros son, en promedio, más grandes que los pescados de cardúmenes de composición mixta. Esta diferencia es más notable en el atun aleta amarilla de las pescas de los barcos rederos
- 3) Los barriletes de cardúmenes puros no parecen ser de mayor tamaño, en promedio, que los pescados de cardúmenes que están mezclados con atunes aleta amarilla.
- 4) Los atunes aleta amarilla y barrilete realmente tienden a agruparse por tamaños, aún cuando ésto es ligeramente modificado por las relaciones de las especies dentro de los cardúmenes.

Tabla 6. Promedio de la pesca por calada con éxito, en toneladas, de atunes aleta amarilla y barrilete capturados por las cuatro clases de tamaño de las barcas rederos en las principales áreas del Pacífico Oriental Tropical, 1958-1960.

Clase de tamaño	Al norte de los 20° N			5° N - 20° N			Al sur de los 5° N		
	1958	1959	1960	1958	1959	1960	1958	1959	1960
2	13.8	14.2	9.6	—	—	17.1	—	—	—
3	14.3	17.2	12.7	12.2	18.4	17.3	7.9	45.8	—
4	14.2	18.9	14.7	—	19.9	20.5	26.8	32.9	23.1
5	—	19.1	14.9	—	21.4	24.4	—	—	—

Hemos computado también, cada año, la pesca por calada con éxito para todas las clases de los barcos rederos, por áreas de cinco grados. En la Tabla 6 presentamos una comparación de estos datos en las tres divisiones del Océano Pacífico Oriental por los años 1958-1960. Es evidente que existen diferencias en la pesca por calada con éxito entre las clases de tamaño de los barcos en cada área y entre las áreas en cada año. En general, las áreas de pesca "locales" o del norte rinden un promedio menor de producción que las centrales y las del sur. También los barcos más grandes capturan más peces por calada, en promedio, que los barcos más pequeños. Proyectamos ampliar la investigación de este asunto, ya que los recientes y rápidos cambios en la composición de la flota de barcos rederos han resultado en cambios en los métodos de captura y en las áreas de pesca que cubre dicha flota.

6. Investigaciones sobre oceanografía física, química y biológica y ecología de los atunes

Los atunes, peces completamente pelágicos en todas las etapas de su vida, están orientados no por la geografía del fondo de los mares sino por las propiedades del agua; están profundamente influenciados por las propiedades físicas, químicas y biológicas de la capa superior del agua de mar en que viven. En consecuencia, para comprender su historia natural, hábitos y las variaciones en su abundancia y su distribución en espacio y tiempo necesitamos un conocimiento considerable sobre la circulación del océano, sus diversas propiedades y procesos y las variaciones que se producen tanto estacionales como otras. El estudio del océano y de sus efectos en los atunes tropicales es, por consiguiente, una fase importante del programa de investigaciones de la Comisión.

La región del mar habitada por las poblaciones de atún que estudiamos es muy extensa, alrededor de un millón de mi-

llas cuadradas. Pero el estudio de esta parte del mar, para que tenga buen éxito, comprende todavía áreas más grandes, ya que cuanto sucede en el Pacífico Oriental Tropical está afectado por lo que acontece en otras partes del océano, como que éste es una sola y continua entidad. Más aún, los fenómenos oceánicos, particularmente en las capas superiores que son las que más nos interesan, deben muchas de sus causas a la atmósfera. Por otra parte necesitamos estudiar con algún detalle los procesos físicos, químicos y biológicos en ciertas pequeñas áreas del mar, ya que éstos son los que determinan la abundancia local y la agrupación de atunes, tanto por influencias físicas directas como por los efectos sobre los organismos que les sirven de alimento.

Afortunadamente, el conocimiento del océano se requiere no solamente para su aplicación en la pesquería del atún sino también para otras pesquerías y, además, es importante para otros propósitos como el pronóstico del tiempo, la navegación y las operaciones militares; de esta manera el esfuerzo empleado en el estudio de los fenómenos y problemas oceanográficos importantes para la pesquería del atún es mucho mayor del que podría ser soportado por nuestra organización por sí sola. Nuestro personal científico trabaja en estrecha cooperación con otros científicos marinos dedicados a la investigación oceanográfica.

La investigación en estas líneas durante 1960 incluye las siguientes actividades:

Cruceros de investigación

STEP-I

Durante el período entre el 15 de septiembre al 14 de diciembre de 1960 se realizó la Expedición STEP—I a bordo del R/V HORIZON, patrocinada y financiada por el Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, la Comisión Interamericana del Atún Tropical, la National Science Foundation y la Office of Naval Research. El grupo científico consistió principalmente de miembros del personal de la Comisión del Atún y de la Institución Scripps de Oceanografía; participaron también un científico danés, otro peruano y tres chilenos, el primero en toda la expedición y los demás en partes de ella. El propósito de esta expedición al Pacífico Sureste fué:

1. Examinar las características físicas, químicas y biológicas del límite norte de la Corriente del Perú.

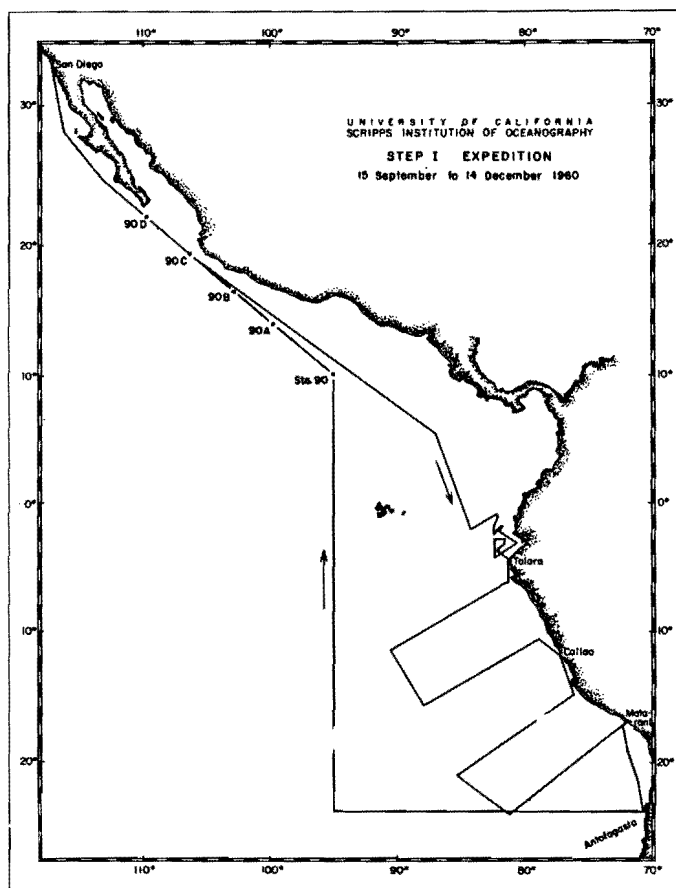


FIGURA 15. Crucero STEP-I. Derrota del barco.

2. Conseguir mayores datos por medio de mediciones oceanográficas frente a la costa occidental de Sudamérica efectuando perfiles mar afuera entre el ecuador y los 24° S., observaciones a grandes profundidades con intervalos de 300 millas aproximadamente y aumentando el número de propiedades medidas y la calidad de estas mediciones.

3. Tratar de localizar la presencia de una subcorriente peruana y de una contracorriente surecuatorial.

4. Examinar la posibilidad de que la Corriente del Perú y la corriente hacia el norte a lo largo de la costa chilena sean circulaciones separadas.

5. Medir la productividad de la región de la Corriente del Perú y examinar cuantitativamente varios eslabones de la cadena alimenticia, desde el fitoplancton hasta las especies de peces comerciales.

6. Obtener mayor cantidad de material para el estudio de los organismos indicadores a fin de identificar las masas de agua.

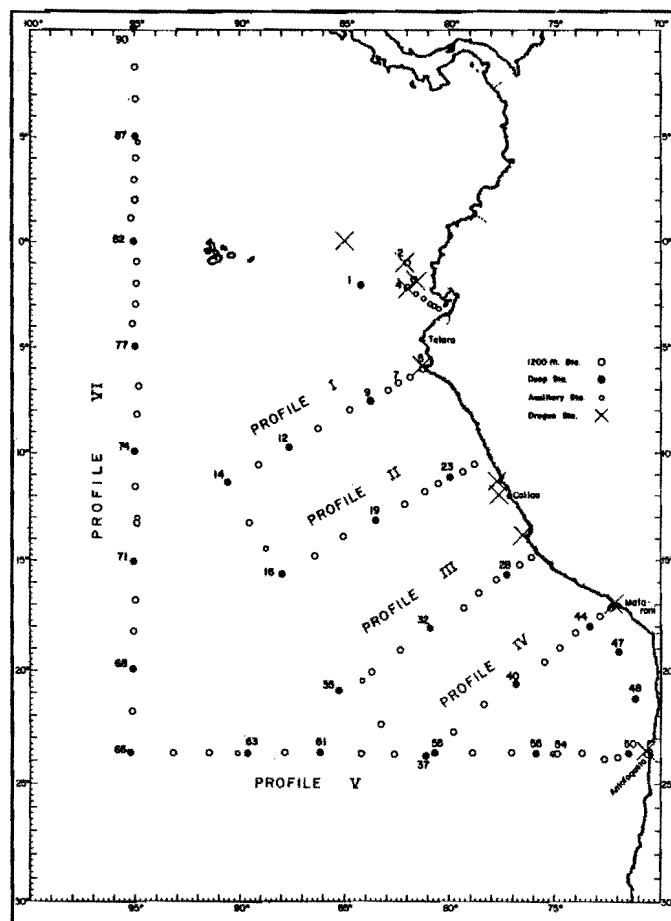


FIGURA 16. Crucero STEP-I.. Posición de las estaciones.

La derrota de la embarcación y el plan de las estaciones se muestran en las Figuras 15 y 16. Se hicieron las siguientes observaciones:

α. Observaciones durante el trayecto

Durante el trayecto, en las estaciones oceanográficas y entre éstas, se registró continuamente la profundidad (con un Registrador de Profundidades de Precisión), la temperatura de la superficie del mar (con el Termógrafo Registrador de Taylor) y la radiación solar incidente (con el Piroheliómetro de Eppley). Se hicieron frecuentes lanzamientos del batitermógrafo

de 900 pies, a intervalos de 10 millas en regiones de particular interés, y de 15 millas en el resto del trayecto. Al mismo tiempo en que se hacían los lanzamientos del batitermógrafo, se tomaba una muestra para la determinación de la salinidad de superficie. También se hicieron observaciones del estado del tiempo en la superficie a intervalos de tres horas. En dos regiones (ver más adelante) se hicieron frecuentes mediciones de las corrientes de superficie con el GEK. También se hicieron recolecciones biológicas y mediciones del fitoplancton y del necton. Tres veces al día, más o menos al amanecer, mediodía local y atardecer, se hicieron rutinariamente determinaciones de la clorofila de superficie. La asimilación de Carbono 14 de la superficie del agua fué medida con botellas arrastradas, así como en una incubadora instalada a bordo simulando las condiciones *in situ*, con muestras tomadas al amanecer y al mediodía local.

b. Mediciones de las corrientes

En la mayor parte del área investigada por la expedición no es posible usar el método geomagnético para medir las corrientes de superficie por la proximidad al ecuador magnético. Sin embargo, en dos regiones —al noroeste de Talara, cerca del límite norte del sistema de la Corriente del Perú y mar afuera frente a Antofagasta— se hicieron numerosas observaciones con el GEK con un cable neutro flotante a base de boyas y siguiendo un patrón de vueltas a la derecha del curso.

En el ecuador, al este de las Islas Galápagos, en dos localidades al norte y en dos al sur del supuesto límite del sistema de la Corriente del Perú, y en seis localidades a lo largo de la costa de Sudamérica de Punta Aguja (en los 4° S.) a Antofagasta (Figura 16), se midieron las corrientes de superficie y subsuperficiales con anclas de libre flotación provistas de paracaídas. De costumbre se colocaron dos anclas a 10 metros, dos a 150 metros y dos a 300 metros (profundidades aproximadas). En donde fué posible, pequeñas islas cerca del límite de la plataforma continental se usaron como puntos de referencia; en otras partes se emplearon anclas de profundidad, a aproximadamente unos 1000 metros. El mástil de superficie de cada ancla fué equipado con un reflector de radar y el radar SPS-5 se usó para determinar su movimiento con relación al punto de referencia. Las anclas fueron seguidas por períodos de 24 a 48 horas. Estos períodos fueron utilizados a menudo para efectuar mediciones de la productividad *in situ* por medio de la técnica del C¹⁴ y, en algunos casos, se corrieron series paralelas en la incubadora de a bordo simuladora de las condiciones *in situ*.

c. Estaciones oceanográficas

En los seis perfiles principales de la expedición se ocuparon estaciones con intervalos de 40 a 100 millas, dependiendo de la proximidad a la costa. Entre los 5° S. y los 5° N. en el Perfil VI, las estaciones se ocuparon en cada grado de latitud. Aproximadamente dos terceras partes de las estaciones fueron muestreadas a 20 niveles hasta una profundidad de unos 1200 metros. En estas estaciones estándar, las once botellas extractoras Nansen del fondo fueron rutinariamente lanzadas a profundidades de 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1200 metros. Las nueve primeras botellas fueron colocadas a profundidades sugeridas por el examen del batitermógrafo de la estación. En una tercera parte de las estaciones a intervalos de 300 millas aproximadamente, se hizo un segundo lanzamiento a la mayor profundidad posible, con botellas a intervalos de 300 metros. En dos estaciones situadas en la Fosa de Sudamérica se alcanzaron profundidades de más de 6000 metros. En cuatro estaciones se usaron botellas Nansen extras para recoger muestras de dos litros a profundidades de 0, 1000 y 4000 metros, a solicitud del Dr. R. Cox del Instituto Nacional de Oceanografía de Inglaterra.

Todas las botellas Nansen fueron manufacturadas en la Institución Scripps y cubiertas internamente con resina de epoxy para reducir al minimum los problemas de contaminación o toma de oxígeno. Las demoras antes y después del lanzamiento de las botellas fueron reducidas escuchando cuando las botellas se invertían usando el ecosonda como un hidrófono.

Las temperaturas fueron medidas con termómetros de inversión dobles protegidos. Once de las 20 botellas en uso también estaban equipadas con termómetros de inversión no protegidos para la medición de la presión. Las determinaciones de la salinidad se hicieron en duplicado con un salinómetro de conductividad UW-PNL. Usualmente sólo se hicieron determinaciones simples de las muestras de superficie durante el trayecto. Todas las muestras de agua de las estaciones oceanográficas fueron analizadas para determinar el oxígeno disuelto, fosfato-fósforo, silicato-silicón y nitrato-nitrógeno. Los residuos de agua en las botellas de estaciones seleccionadas (incluyendo todas las estaciones de profundidad) se refrigeraron en recipientes de poletileno para hacer posteriormente el análisis de nitrato-nitrógeno y del total de fósforo. El oxígeno disuelto fué determinado por el método de Winkler; las determinaciones simples se hicieron rutinariamente. El fosfato y silicato fueron determinados por modificaciones de los métodos estándar tales co-

mo los descritos por Strickland. El nitrito fué determinado por el método de Bendschneider y Robinson. Para estas determinaciones se usó un espectrofotómetro de Beckman, Modelo DU, con células de absorción de 10 centímetros.

Todos los datos sobre propiedades físicas y químicas fueron procesados a bordo. Para la interpolación y computación de los parámetros relacionados se usó un método gráfico desarrollado por Hans Klein de la Institución Scripps. Después de graficar la salinidad como una función de la temperatura, se diseñó una curva de la anomalía termostérica vs. profundidad. La integración numérica de esta curva dió una cantidad $\Delta D'$ relacionada con la anomalía geopotencial. El oxígeno disuelto, el fosfato y el silicato fueron graficados como funciones de la anomalía termostérica; las curvas características fueron diseñadas entonces en relación con las de las estaciones vecinas. Se leyeron las profundidades de los valores estándar y se usaron para construir perfiles de las diversas propiedades.

Después de partir de la Estación 90, se ocuparon cuatro estaciones auxiliares (90 A-D) para estudios de las propiedades químicas (ver Figura 15). No se emplearon termómetros en estos lanzamientos pero las profundidades de 500 a 600 metros que se alcanzaron fueron determinadas por el ángulo del cable.

En casi todas las estaciones se hizo un arrastre oblicuo desde una profundidad de unos 300 metros hasta la superficie con nuestra red de plancton estándar de un metro. En más o menos la mitad de las estaciones se hicieron arrastres horizontales a diferentes profundidades con las redes de Clarke-Bumpus y, en muchas estaciones, arrastres oblicuos con la red para necton de Blackburn.

En las estaciones ocupadas cerca del mediodía local se hicieron mediciones de la transmisión de la luz a varias profundidades mediante el lanzamiento de un electrofotómetro. Se tomaron muestras de agua de profundidades correspondientes a porcentajes especificados de la iluminación de superficie para la determinación de la clorofila; a estas mismas profundidades se hicieron determinaciones de la tasa fotosintética en la incubadora de a bordo simuladora de las condiciones *in situ*, desarrollada por el Tuna Oceanography Research Project de la Institución Scripps. En algunas estaciones también se preservaron muestras de agua para un examen posterior de la composición por especies del fitoplancton.

Se espera confiadamente que el análisis de la gran cantidad de datos acumulados en esta expedición nos llevará a un mejor conocimiento de la oceanografía física, química y

biológica de la región al sur del ecuador frente a la costa de Sudamérica y que ésto contribuirá substancialmente a la comprensión de la ecología de los atunes tropicales en dicha región.

Cruceros del Tuna Oceanography Research Project de Scripps

Los miembros del personal de este proyecto, que es una operación de la Institución Scripps de Oceanografía bajo contrato con el Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, terminaron un crucero durante mayo de 1960 para obtener datos de las propiedades físicas, químicas y biológicas desde Cabo San Lucas hasta las Islas Tres Marías y, mar afuera, hasta los 112° W. de longitud. Ninguno de los miembros de nuestro personal científico participó en este crucero, pero proyectamos usar algunos de los datos en nuestros estudios.

Cruceros del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú

En el M/V BONDY se han efectuado cruceros adicionales frente al Perú. Se nos ha provisto de muestras de plancton así como de datos sobre propiedades físicas y químicas conforme han sido obtenidos, para nuestros estudios de los organismos indicadores y para otras investigaciones.

Investigación sobre el Domo de Costa Rica

El Crucero al Domo de Costa Rica, mencionado en nuestro Informe Anual de 1959, fué proyectado para conseguir información detallada sobre el domo termal que existe a unas 200 millas al oeste de Costa Rica. Durante 1960 se publicó el informe sobre los datos y quedó casi completo el análisis referente a las propiedades físicas y químicas.

Los oceanógrafos generalmente adoptan 1000 metros de profundidad como un nivel al que se considera no hay movimiento; este es un requisito para computar el movimiento geostrofico. Sin embargo, los datos del Domo de Costa Rica indican que el movimiento de remolino ("eddy") de este domo, contrario al de las agujas del reloj, existía a una profundidad mayor de 1000 metros, y la investigación al respecto demostró que 1500 metros era una profundidad más adecuada.

La topografía geopotencial de la superficie del mar (elevación dinámica) definió al Domo como un remolino esencialmente circular de unas 150 millas de diámetro, centralizado

en los 9° N. y 88° W. El resto del flujo de superficie en el área también era con un movimiento contrario al de las agujas del reloj, juntándose al Domo en el suroeste y separándose en el oeste. De este modo una línea de flujo anulada queda en los 8° N., al oeste de los 89° W. La velocidad de la corriente de superficie varió entre 0.5 y 1.5 nudos y fué más alta en el lado este, entre el centro del Domo y Costa Rica.

Para calcular el volumen del transporte del agua que fluye en el Domo, fué necesario primero manipular las ecuaciones del movimiento para que correspondieran con la situación física existente. Las simples ecuaciones para el transporte del volumen geostrófico no podían ser empleadas porque el flujo cambia de latitud en el Domo; ésto, a su vez, impone algunas restricciones no realísticas sobre la naturaleza del volumen del transporte en un remolino. Las ecuaciones del movimiento usadas aquí incluyen los términos de inercia o aceleración del campo que corrientemente son ignorados. Se requirieron tres suposiciones: primera, que se conserva la vorticidad relativa; segunda, que el movimiento es en círculo; y tercera, que no hay divergencia horizontal.

De las tres suposiciones, las dos primeras se consideran razonables. La tercera impide el afloramiento en el centro del Domo, lo que no concuerda con las observaciones. El fosfato inorgánico, relativamente alto y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto observados cerca de la superficie en el centro del Domo sugieren que el afloramiento ocurre ciertamente. Sin embargo, el proceso de afloramiento puede ser debido a la presencia del Domo y a la termoclina de muy poca profundidad asociada con esa característica y no a la circulación de agua alrededor del Domo. Cualquier medio, tal como una mezcla de vientos, que pudiera causar una erosión de la baja termoclina, o calentamiento, que a su vez perturbara el equilibrio de la distribución de la densidad en el Domo, resultaría en el transporte hacia afuera del agua de superficie muy baja en densidad para permanecer en el centro. Esta agua sería reemplazada con la de abajo (afloramiento). Este proceso termohalino proseguiría independientemente del flujo alrededor del Domo, y, en consecuencia, la tercera suposición no sería irreal. Este es asunto de una mayor investigación.

Los cálculos sobre el volumen del transporte definen al Domo como un remolino de movimiento rotatorio de derecha a izquierda cuyo flujo a través de cualquier sección radial es alrededor de $22 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}$ (Figura 17. Este es un transporte bastante grande; equivale de un cuarto a un tercio del flujo

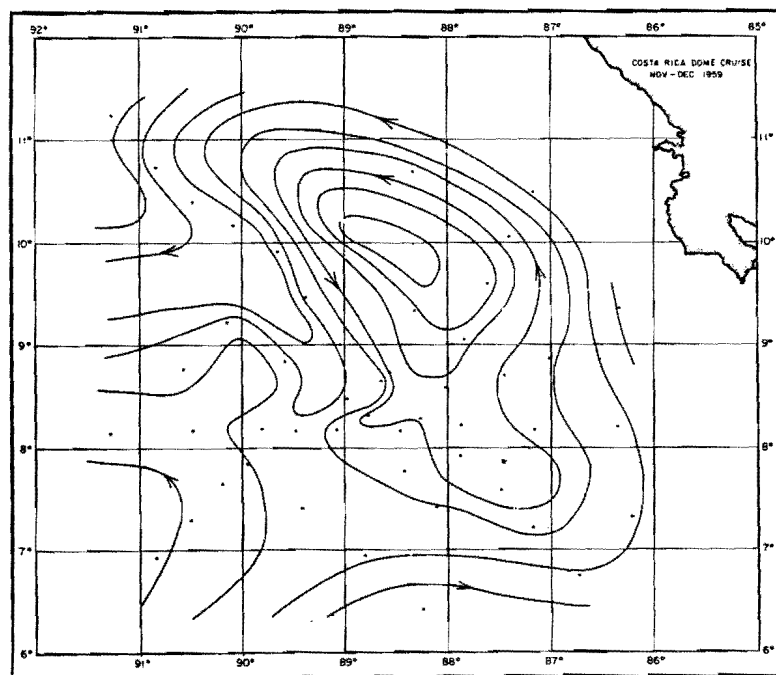


FIGURA 17. Volumen total transportado (0-1500 db) en la región del Domo de Costa Rica. Intervalo del contorno 5×10^6 m³/seg.

de la Corriente del Golfo. Además, un transporte de por lo menos 15×10^6 m³ seg⁻¹, que probablemente procede de la Contracorriente Ecuatorial, se une al Domo en el sur y se aparte de él en el noroeste. En consecuencia, el transporte hacia el norte entre el centro del Domo y Costa Rica es por lo menos de 37×10^6 m³ seg⁻¹. La expresión "por lo menos" debe ser usada porque las observaciones no fueron hechas hasta la costa. El centro del Domo estaba en los 9° N. y 88° W. de acuerdo con las corrientes geostroficadas de superficie y en los 10° N. y 88° W. de acuerdo con los cálculos del transporte, lo que demuestra que el eje del Domo se inclina hacia el norte conforme se profundiza.

Avanzado el año 1961 se espera publicar en nuestra serie de *Boletines* un estudio que comprende los resultados de estas observaciones.

Circulación en las cercanías de las islas

La Island Current Survey de 1957 fué efectuada para examinar los cambios que las islas y cimas submarinas producen en la circulación física y en el ciclo bioquímico, lo que da como resultado un mayor aprovisionamiento de alimento para los atunes en su ambiente inmediato. El resultado de esta investi-

gación, hecha principalmente en las Islas Revillagigedo, fué de que el arremolinamiento y el afloramiento debidos a la presencia de una isla, aunque no en una forma claramente determinada, fueron considerados insuficientes como para alterar el ambiente hasta el grado requerido para explicar la acumulación de atunes. Se llegó a la conclusión de que los atunes pueden ser mantenidos por herbívoros o por organismos que se alimentan de detritus, los cuales dependen del fitoplancton que se presenta en las vecindades de las islas, gran parte del cual puede acumularse en el fondo, o tal vez de plantas sedentarias que crecen en el declive de las islas.

El Crucero al Domo de Costa Rica durante 1959 proporcionó la oportunidad de hacer observaciones cerca de la Isla del Coco (ver Informe de 1959). Aunque tampoco en esta oportunidad se observaron perturbaciones del ciclo bioquímico, los datos obtenidos, junto con algunas observaciones hechas en la Isla Clarion durante la Island Current Survey, sugieren que existe un patrón general de circulación en las cercanías de islas remotas. Está casi listo para ser publicado un estudio referente a este patrón de la circulación en una forma cualitativa.

Los dos factores que determinan las perturbaciones del flujo por causa de una isla se considera que son la divergencia horizontal y la fricción límite. Ambos conducen a la creación de vorticidad que, a su vez, puede llevar a desviar la trayectoria de la corriente, establecer el deslizamiento horizontal en la velocidad de la corriente, o profundizar la corriente. En el caso de un océano de dos capas en cuya capa inferior no hay movimiento y si una corriente hacia el este en la capa superior la cual toca con una isla remota, solamente habrá un aumento de la capa superior frente al lado suroeste de la isla, mientras que frente al lado noreste puede ocurrir cualquiera de los tres efectos. Las observaciones actuales sugieren que tanto la desviación de la trayectoria de la corriente como el aumento de la capa superior resultan. En consecuencia, una partícula de agua que pase al sur de la isla no experimentará deflexión alguna, mientras que la que pase al norte de la isla volteará detrás de la misma. Las observaciones tanto en la Isla Clarion como en la Isla del Coco concuerdan con el argumento cualitativo.

Análisis isentrópico de los datos de Eastropic

Están por terminarse las cartas isentrópicas ilustrando la circulación general de la superficie del Océano Pacífico Oriental Tropical (ver Informe de 1959). Estas formarán un atlas

de 63 cartas que será publicado probablemente en 1961. Además de las cartas mencionadas en el Informe de 1959, se incluirán otras ilustrativas de la concentración de fosfato inorgánico en las superficies isentrópicas, del porcentaje del oxígeno disuelto en la superficie del mar y cartas de las corrientes de superficie medidas con el electrocinetógrafo geomagnético (GEK).

Relación oxígeno-fosfato

La relación oxígeno-fosfato que relaciona el aumento de la concentración de fosfato inorgánico con la disminución del contenido de oxígeno disuelto en una columna de agua que no está en contacto con la atmósfera fué tratada en el Informe de 1959. Hasta muy avanzado el año 1960 no hubo más investigaciones sobre este asunto. Fué entonces cuando una cuarta parte de las determinaciones de fosfato de la Expedición Eastropic que anteriormente habían sido descartadas por causa de una inesperada respuesta no lineal de un fotómetro fueron examinadas nuevamente y consideradas de utilidad. En particular, los valores del fosfato fueron usados para las estaciones ocupadas frente a la costa occidental de México, en aquella región en donde hay un contenido muy bajo de oxígeno disuelto en, y debajo de, la termoclina, alcanzando profundidades tan grandes como 800 metros. En estas estaciones se encontró que la proporción de un mole de PO_4 producida a expensas de 117.5 moles de O_2 se mantuvo solamente para el contenido de oxígeno disuelto que excedía de alrededor de 0.3 ml L^{-1} . Debajo de esa concentración hubo siempre un exceso de fosfato, sugiriendo que, bajo condiciones casi aneróbicas, alguna otra causa, tal como la bacteria reductora de sulfato, entra en el proceso de descomposición. Se proyecta una mayor investigación sobre este asunto.

Topografía de la termoclina

Se encuentra en proceso la reducción de datos batitermográficos para proporcionar cartas por estaciones de la topografía de la termoclina para el área que se extiende desde el ecuador hasta dentro de los 25° S. , y desde los 120° W. hasta la costa sudamericana. Además, son objeto de consideración el gradiente de temperatura en la termoclina y la temperatura en la parte superior de ésta. Estas cartas, que se espera sean publicadas en 1961, serán el complemento de las que fueron preparadas por Townsend Cromwell y publicadas en nuestra serie de *Boletines*.

Los resultados preliminares sugieren que en la costa del Perú y Chile la profundidad de la termoclina es esencialmen-

te invariable durante el año; que al sur de los 15° S. y al oeste de los 85° W. (bajo la célula de alta presión del Pacífico Oriental del Sur) existe una termoclina profunda y permanente a profundidades de por lo menos 150 metros y a veces hasta de 250 metros; y que existen áreas en las que no hay termoclina durante dos o más estaciones del año.

Disposición de las aguas de la Corriente de Cromwell

Como la Corriente de Cromwell (Subcorriente del Pacífico Ecuatorial) fluye en la región de nuestro interés, durante 1960 se comenzó una investigación de la influencia de esta corriente en la distribución de las propiedades en el Océano Pacífico Oriental Tropical. Las altas concentraciones de oxígeno disuelto y bajas de fosfato inorgánico están identificadas con esta subcorriente. La Figura 18 muestra la distribución del oxígeno disuelto en una superficie isentrópica que en el ecuador aparece en la subcorriente, pero a unos 60 metros debajo del máximo de la corriente. Esta distribución del oxígeno, determinada principalmente por los datos de la Expedición Eastropic, sugieren fuertemente que, a lo largo de una sección que se extiende por varios cientos de millas hacia el oeste de las Islas Galápagos, hay una dispersión de las aguas de la subcorriente hacia los dos hemisferios. Además, las lenguas de contenido de oxígeno disuelto relativamente alto indican que: del área de dispersión hay un flujo hacia el sureste con rumbo a la costa del Perú, po-

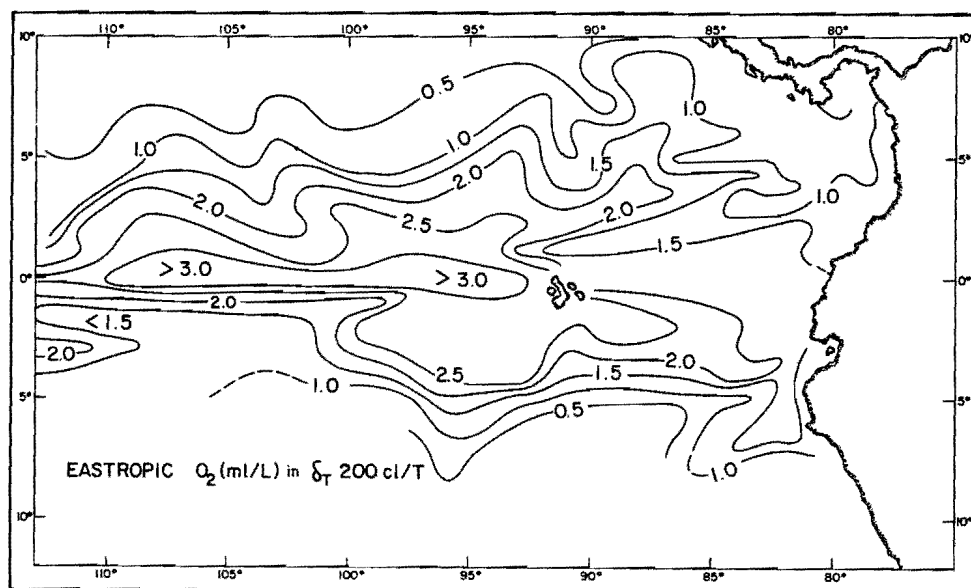


FIGURA 18. Distribución del oxígeno disuelto ($ml L^{-1}$) en la superficie de la anomalía termostérica $200 \text{ cl } T^{-1}$.

siblemente para balancear el afloramiento costero allí; alguna contribución al flujo horizontal en el sistema de corrientes del Domo de Costa Rica; y un flujo hacia el este con rumbo a la Bahía de Panamá.

Aspectos de la naturaleza de la circulación en el Pacífico Oriental Tropical

Los movimientos horizontales a que se refiere la sección precedente fueron deducidos por la distribución del oxígeno disuelto; el hecho de que existen movimientos geostroficó concurren en la superficie isentrópica se demuestra en la Figura 19 preparada de acuerdo con el mismo juego de datos.

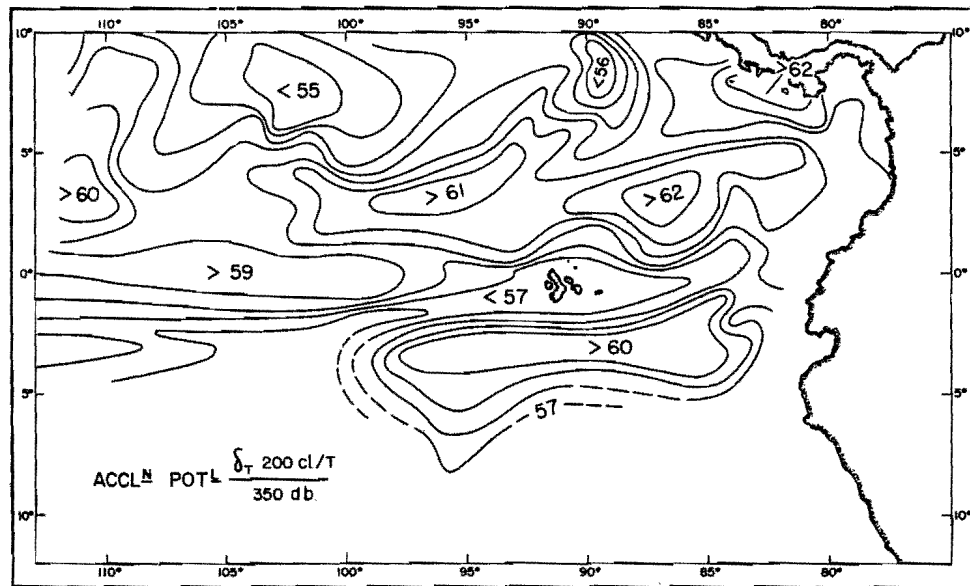


FIGURA 19. Aceleración potencial (cm. din.) en la superficie de la anomalía termostérico 200 cl T^{-1} , relacionada con una supuesta superficie equipotencial a 350 db.

Sin embargo, el aspecto más interesante de la Figura 19 no es el de que los indicados movimientos concuerdan con los de la Figura 18, sino que no aparece el cuadro clásico del sistema de la corriente ecuatorial, o sea el flujo hacia el este de la Contracorriente Ecuatorial limitada por las Corrientes Ecuatoriales Norte y Sur fluyendo al oeste. En cambio, a lo largo de lo que sería el límite entre la Corriente Ecuatorial Norte y la Contracorriente Ecuatorial hay remolinos de rotación contraria al movimiento del reloj (domos), y a lo largo del límite entre la Contracorriente Ecuatorial y la Corriente Ecuatorial Sur hay remolinos de rotación inversa (depresiones). Como los remolinos tien-

den a estar colocados asimétricamente, tienden a satisfacer un criterio de estabilidad para los dos movimientos dimensionales a que nos hemos referido. Las siguientes son las importantes implicaciones de lo anteriormente expuesto:

a) El movimiento vertical en la densidad de la superficie es insignificante. Esto soporta una investigación isentrópica de la circulación.

b) En las ecuaciones de movimiento para esta área, el movimiento vertical puede descuidarse por lo expresado en a), pero los términos de inercia o de aceleración del campo deben incluirse. Esto significa que la ecuación geostrófica es insuficiente para describir el flujo en esta región.

c) Como el sistema de remolinos antes descrito puede ser producido por una fuerza estable, el origen de este sistema (y consecuentemente del Domo de Costa Rica) puede ser debido a los vientos alisios, agentes responsables del sistema de corrientes ecuatoriales. Este asunto será investigado detalladamente durante 1961.

El fenómeno de "El Niño"

La consideración de los requisitos meteorológicos previos para el fenómeno oceánico de "El Niño", un proyecto llevado a cabo por el Departamento de Meteorología de la Universidad de California en Los Angeles, patrocinado por la Comisión del Atún, fué completada durante el año de nuestro informe cuando el Profesor J. Bjerknes presentó un borrador del manuscrito final, cuya publicación esperamos hacer en los primeros meses de 1961 en nuestra serie de *Boletines*.

Bjerknes describió tres mecanismos que producen el fenómeno de "El Niño". Generalmente se debe a una perturbación de un ciclo estacional. Las cartas de las temperaturas medias mensuales de la superficie del mar han demostrado que en cada otoño del norte se opera un transporte transecuatorial de agua de superficie al hemisferio sur al este de las Islas Galápagos. El primer requisito para "El Niño" es un debilitamiento en todo el océano de los vientos alisios del Pacífico Norte, que resulta en una termoclina relativamente profunda frente a la costa americana al norte del ecuador. Esto permite un transporte transecuatorial anormalmente grande de agua de superficie. Un segundo requisito son los vientos alisios del sureste más débiles que lo normal al sur del ecuador, lo que permite que el agua cálida de superficie, de baja salinidad, se vuelva hacia la costa de Sudamérica por la fuerza de Coriolis, hasta llegar a una latitud sur relativamente mucho más alta.

Dos fenómenos de "El Niño" debidamente documentados fueron de diferente naturaleza. En 1891, los vientos alisios del sureste del hemisferio sur pueden haber sido débiles hasta un grado jamás experimentado desde entonces. Esto pudo permitir, como los registros indican que ocurrió, un transporte de agua cálida de superficie del oeste, al sur del ecuador. "El Niño" de 1925 se ha atribuido a los vientos anómalos del noroeste, más bien que del norte, sobre la Bahía de Panamá. El arrastre por el viento de agua cálida de superficie de baja salinidad fué en consecuencia hacia el sur, a lo largo de la costa de Colombia y a través del ecuador.

El Profesor Bjerknes continuará bajo nuestros auspicios sus estudios sobre los efectos de los fenómenos meteorológicos en el Océano Pacífico Oriental.

Organismos indicadores

El estudio de los datos obtenidos de las muestras de zooplancton tomadas con el muestreador agrandado de Clarke-Bumpus durante uno de los cruceros del Tuna Oceanography Project de Scripps en 1959 y en el Crucero al Domo de Costa Rica ha demostrado que ciertas especies de Quetognatos pueden ser potencialmente usadas como indicadores de los movimientos de los cuerpos de agua. Tenemos en prensa un trabajo sobre los resultados de esta investigación que será publicado en nuestra serie de *Boletines*.

En vista de los prometedores resultados obtenidos del estudio que acabamos de mencionar, se ha comenzado una investigación similar en aguas del Perú para probar el uso de las especies indicadoras en esa área. Se dará particular atención a la posibilidad de usar indicadores biológicos para estudiar la cuestión del origen del agua de "El Niño". Los datos hidrográficos y las muestras de zooplancton recolectados por el personal del Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas durante 1958, 1959 y 1960 han sido recibidos y parcialmente analizados. Estos datos se emplean para desarrollar un cuadro de las distribuciones estacionales de la temperatura, la salinidad y los Quetognatos y de cómo éstos están relacionados. También servirán como antecedentes para el análisis de los datos hidrográficos y del zooplancton obtenidos durante la Expedición SETEP-I. Estos últimos, como se dijo anteriormente, consisten de numerosas series de arrastres estratificados hechos con el muestreador agrandado de Clarke-Bumpus, y de características hidrográficas tales como temperatura, salinidad y oxígeno.

Temperaturas de la superficie del mar

Para vigilar los cambios en el régimen general de la capa de superficie del Océano Pacífico Oriental, hemos encontrado que las cartas sinópticas mensuales de la temperatura de la superficie del mar son muy útiles. En enero de 1960, el Laboratorio Biológico del Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos en San Diego, comenzó la preparación de esas cartas al final de cada mes, sobre la base de las temperaturas suministradas por los barcos atuneros, estaciones costeras y buques mercantes (estos últimos datos han sido obtenidos gracias a la cooperación del Weather Bureau de los Estados Unidos).

Desafortunadamente en estas cartas hay lo que casi puede considerarse como una falla en la región al sur del ecuador, ya que regularmente no se reciben informes de parte de los barcos mercantes con respecto a esa zona. Ya se han hecho arreglos para que la Estación Naval de Radio en Balboa, Zona del Canal, reciba estos informes a fin de que los transmita por medio del circuito de comunicaciones del Weather Bureau en los Estados Unidos; sin embargo, no se han hecho arreglos todavía en el sentido de encontrar medios para lograr que los barcos transmitan los informes a Balboa. Se espera poder conseguir esto en un futuro próximo, ya que si esos datos se recibieran corrientemente serían de gran utilidad para la predicción de buenos resultados en la pesca de atún frente a la parte norte de Sudamérica.

Como se anotó en el último Informe Anual, las temperaturas del mar en casi todo el Pacífico Este, después de estar muy por encima del promedio a largo término, desde 1957, comenzaron a manifestarse más frías a mediados de 1959. Durante casi todo el año 1960, el régimen de temperaturas estuvo cerca del promedio a largo término y actualmente está por debajo del promedio en gran parte de la región. En consecuencia, la pesca de atunes, especialmente la de atún aleta amarilla, se mantiene pobre frente al Perú. No obstante, el éxito en la pesca de atún aleta amarilla en todo el Pacífico Oriental Tropical ha mejorado por la mayor disponibilidad encontrada en el centro de la región de la pesquería. Es de esperar, pues, que durante el primer semestre de 1961, por lo menos, habrá pesca escasa frente al Perú pero se obtendrán mejores resultados más hacia el norte, especialmente frente a la América Central.

7. Investigación sobre la biología, ecología, e historia natural de los peces de carnada

Los estudios de los peces de carnada durante 1960 se extendieron dentro de una amplia variedad de investigaciones

concernientes en su mayor parte a la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), aunque se logró progresar en los estudios de la historia natural del arenque de hebra (*Opisthonema*) y de un pequeño engráulido (*Anchoa naso*) usado como carnada cerca de Manta, Ecuador.

El análisis de la edad, crecimiento, madurez sexual y desove del arenque de hebra (*Opisthonema*) del Golfo de Nicoya se comenzó durante el año en nuestro laboratorio principal, una vez terminadas las recolecciones necesarias. La investigación preliminar demostró la presencia en la población de peces tanto sexualmente maduros como en edad juvenil más pequeños que 60 mm., en todos los meses del año; hubo clara evidencia de que el desove se operaba continuamente. Cuando se graficaron las distribuciones de la frecuencia de las longitudes, en los grupos modales no se hizo aparente el aumento con el tiempo en la longitud promedio de los peces; en consecuencia, un estudio de estas distribuciones no podría ser utilizado para determinar la edad y la tasa de crecimiento.

En un posterior intento de elucidar la biología del arenque de hebra, se hicieron recolecciones en el Golfo de Panamá y se llevó a cabo un estudio de las escamas de peces de dicha especie procedentes de ambas áreas. Aunque las escamas presentaban los anillos carecterísticos, no se encontró una clara relación entre las marcas de las escamas y la edad y la tasa de crecimiento.

Sin embargo, durante el examen de las marcas de las escamas se notó que las escamas de los especímenes de las dos recolecciones del Golfo de Panamá eran más pequeñas que las de cualquier otro arenque de hebra de un tamaño comparable recolectado allí. Las subsecuentes medidas morfométricas y cómputos de estos arenques de hebra del Golfo de Panamá y de algunos de la costa del Pacífico Oriental de varias localidades desde el Perú hasta México demostraron la presencia de tres especies separadas de arenques de hebra en vez de la única que previamente se consideraba existente (*O. libertate*). La separación de estas tres especies es más aparente cuando se grafica el número de branquispinas en la sección ceratobranquial del arco branquial contra la longitud estándar de los peces. La Figura 20 presenta la amplitud provisional del número de branquispinas ceratobranquiales de las tres especies. En el arenque de hebra de una longitud mayor de 70 mm., *O. libertate* tiene el número más alto de branquispinas; (*O. bulleri*) tiene el número menor (alrededor de un tercio de las de *O. libertate*); y la tercera especie, no descrita previamente, tiene un número de

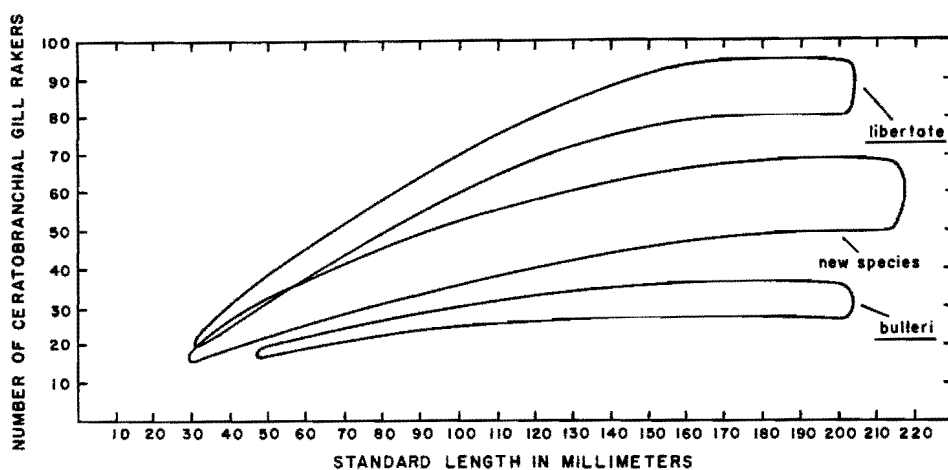


FIGURA 20. Amplitud provisional del número de branquispinos ceratobranquiales correspondientes a las especies *Opisthonema libertate*, *O. bulleri*, y *O. sp.*

branquispinas intermedio entre una y otra especie. También se encontraron otras diferencias morfológicas. Las tres especies están distribuidas en la misma área geográfica; las recolecciones de una sola localidad ocasionalmente contienen ejemplares de las tres. Al presente se hacen otras mediciones y cómputos de arenques de hebra de varias recolecciones hechas a lo largo de la costa, labor en la que coopera un miembro del personal del Laboratorio Biológico que tiene en La Jolla el Bureau of Commercial Fisheries de los Estados Unidos, antes de proceder a la publicación detallada de los resultados.

Como el estudio previo de la historia natural de estos peces se basó en que aparentemente hay tres especies y no una sola de arenques de hebra, será necesario examinar nuevamente el material. Es posible que la clasificación de las recolecciones sobre la base de las tres especies nos lleve a comprender más claramente la biología de estos peces de carnada.

Durante 1960 se comenzó también un estudio de la fecundidad de la anchoveta del Golfo de Panamá. Han sido examinadas aproximadamente 85 hembras con una longitud que oscila entre 115 y 162 milímetros.

El procedimiento usado consistió en pesar y medir los pescados, pesar los ovarios y las muestras de éstos en una balanza de precisión, montar cada muestra en glicerina entre dos placas de cristal separadas por hebras de hilo y contar los huevos por las microproyecciones. Sin embargo, antes del cómputo

to se midieron de 100 a 200 huevos para determinar la distribución del tamaño modal mayor (desove) con relación al tamaño modal de los huevos más pequeños.

Aunque no se ha comenzado todavía el análisis detallado de los datos, parece que la relación longitud-frecuencia es lineal. Hembras de 115 mm. de longitud tienen aproximadamente 15,000 huevos en el tamaño modal más grande y hembras de 150 mm. tienen aproximadamente 50,000.

También se efectuaron estudios sobre la posibilidad de determinar la edad de las anchovetas de Guaymas y del Golfo de Panamá por medio de las marcas de las escamas. Para esta investigación se escogieron los especímenes de manera tal que el mayor número posible de meses del año tuviera representación. De cada pescado del área se extrajeron seis escamas de exactamente el extremo posterior de la aleta pectoral y se montaron en seco entre dos placas de cristal. Las escamas fueron examinadas por medio de microproyecciones.

Aunque las escamas de las anchovetas de Panamá más grandes que unos 115 mm. presentan a menudo una o dos marcas definidas parecidas a los anillos de otros clupeidos, el análisis demostró que esas marcas no servían para la determinación de la edad.

El análisis de las escamas de Guaymas no fué concluyente porque sólo un número muy pequeño de especímenes tenía escamas con marcas y faltó material de muchos meses del año. Además de que para completar el estudio se necesitarían muestras más numerosas y distribuidas más uniformemente en el año, no pensamos continuar el trabajo en este proyecto, al menos por el momento, a causa de ser relativamente sin importancia.

Durante 1960 se continuó el trabajo de identificación de los estados larvales de la anchoveta usando especímenes aclarados y coloreados recolectados en Panamá durante el período 1956-57. El problema es enormemente complicado por el hecho de que en las mismas aguas se encuentran otras diez especies de engráulidos muy similares. Las anchovetas adultas y juveniles fácilmente se distinguen de las otras especies gracias a sus caracteres numéricos y morfológicos, pero en especímenes de menos de unos 25 mm. de longitud estas distinciones ya no existen.

Se hicieron estudios detallados para encontrar diferencias en la pigmentación, anatomía, cómputos merísticos y pro-

porciones del cuerpo. Se encontró que las larvas de engráulidos sólo están pigmentadas en forma esparcida y no hubo evidencia de patrones de pigmentación visibles; más aún, después de un cuidadoso estudio de la anatomía de las partes blandas, no se encontró tampoco diferencia alguna.

Se encontró que los cómputos merísticos son de un valor limitado. Por ejemplo, usando una combinación del cómputo del número de vértebras y de los radios de la aleta anal de las larvas más grandes fué posible simplificar el problema a distinguir la anchoveta de las otras cuatro especies solamente. Sin embargo en las larvas de menos de 15 mm; los complementos de los radios de la aleta no están desarrollados y el problema regresa a su anterior complejidad.

Se dió considerable atención a un estudio detallado de la estructura del esqueleto y a la secuencia de la osificación. Aproximadamente 3000 larvas seleccionadas de 20 muestras se tiñeron con alizarina roja y fueron cuidadosamente comparadas. Se encontró que la faja pectoral de la anchoveta es distintiva por su forma y posición pero sólo en especímenes de más de 22-23 mm. de longitud. No se hallaron diferencias de este tipo que pudieran considerarse de utilidad para distinguir las larvas más pequeñas.

Se hizo también un estudio de las medidas morfométricas de las larvas incluyendo la longitud del cuerpo, longitud de la cabeza, diámetro del ojo, altura del cuerpo y distancias del hocico al nacimiento de las aletas anales y dorsales. Estos intentos para resolver el problema tampoco dieron resultado.

Al presente se estudia la posibilidad de usar técnicas serológicas para distinguir las larvas de anchoveta de las de otras especies de engráulidos.

Investigaciones en el Golfo de Panamá

Las actividades en nuestro laboratorio de Panamá durante 1960 se dedicaron casi exclusivamente a varios aspectos de la marcación de anchovetas. Se hicieron nuevos ensayos en viveros durante mayo y junio, seguidos de un experimento de marcación a gran escala dentro del Golfo durante el periodo de junio a septiembre.

Los experimentos de 1959 efectuados en viveros demostraron la posibilidad de marcar anchovetas con marcas internas. En 1960 se hicieron más experimentos en viveros con el ob-

jeto de investigar las posibilidades de mejorar la técnica mediante el uso de anestésicos para tranquilizar a los peces y de antibióticos para prevenir la infección de las incisiones por donde se insertan las marcas.

Se probaron tres anestésicos: MS-222 (tricaina metano sulfonato), Dormison (pentinol metílico) y alcohol amílico terciario. Los peces anestesiados con Dormison y con alcohol amílico terciario experimentaron una mortalidad algo más alta que los peces de control y, además, la acción de estos anestésicos fué demasiado lenta para su uso práctico en el campo. El MS-222, en la proporción de 0.4 gramos por galón, también demostró ser ligeramente dañino para los peces; pero rebajada la proporción a 0.2 gramos por galón no hubo evidencia de efectos dañinos y además redujo suficientemente el movimiento de lucha del pez y de esta manera la operación de colocar la marca fué considerablemente más fácil.

Los antibióticos fueron suministrados a los peces en tres formas. Se mezcló terramicina líquida en el agua en que los peces eran anestesiados; las marcas fueron sumergidas en una mezcla de terramicina líquida y penicilina antes de ser insertadas; y los bisturíes con los que se hicieron las incisiones fueron sumergidos en una mezcla similar.

Se esperaba que el tratamiento antibiótico resultara en una disminución de la mortalidad de los peces marcados al reducir la incidencia de la infección letal de las incisiones hechas para insertar las marcas. Las observaciones de los peces marcados y mantenidos en viveros en 1959 habían demostrado que muchas de las incisiones, en vez de sanar apropiadamente, se agrandaban, presumiblemente como consecuencia de la infección. Como estas heridas agrandadas, aún cuando no letales, causan probablemente la pérdida de las marcas insertadas, se esperaba también que el tratamiento antibiótico redujera su incidencia y de esta manera disminuyera la pérdida de marcas.

La mortalidad de los peces marcados se efectuaba principalmente durante los tres primeros días siguientes a la marcación y es probable que en la mayor parte de los casos fuera el resultado del choque producido por la captura, manejo, marcación y confinamiento en los viveros, más que de la infección. No hay evidencia de que los antibióticos ayudaran a reducir la mortalidad de los peces que sobrevivieron más de tres días después de la marcación. Sin embargo, el uso de antibióticos puede haber reducido la pérdida de las marcas de más o menos 35 a 25 por ciento.

En 1960 se llevó a cabo el primer programa de marcación de anchovetas con buen éxito. Casi todos los peces fueron capturados con atarrayas, aunque algunos se obtuvieron de los barcos rederos en unas pocas ocasiones. La marcación se realizó a bordo del barco para investigaciones que posee la Comisión, *Saint Jude*, y los pescados se liberaron en cardúmenes cerca del área de captura. Se usaron marcas internas y se aplicó el tratamiento con el anestésico MS-222 y con los antibióticos a que nos hemos referido.

Se marcaron peces en las principales áreas de pesca del Golfo de Panamá, excepto en la Bahía Parita y en la Isla Maje. El total de peces marcados ascendió a 53,380, como sigue: 15,370 cerca de la Isla Verde (incluyendo el área de Punta Chame a Vique), 11,721 cerca de Panamá Viejo, 2,192 cerca de Río Pacora, 10,882 cerca de la Isla Chepillo, 6,629 cerca de Punta Mangle y 6,586 en la Bahía de San Miguel. La marcación comenzó el 21 de junio y continuó hasta el 30 de septiembre.

Con la cooperación de los empresarios, en las dos plantas de reducción se instalaron magnetos para el recobro de las marcas. Se efectuaron pruebas en cada planta a intervalos de dos semanas aproximadamente para determinar el porcentaje de marcas recobradas y el tiempo requerido para que éstas lleguen a los magnetos. Cada de estas pruebas consistió en la marcación de 100 pescados que se distribuyeron en los depósitos de la planta como si hubieran sido descargados de uno de los barcos. Los porcentajes de marcas recobradas fueron bastante consistentes, de 82 a 93 por ciento en una planta y de 84 a 96 por ciento en la otra. La gran mayoría de las marcas fué recobrada después de que el grupo de peces en donde se encontraban los marcados y el siguiente grupo fueron procesados.

Se logró un total de 622 recobros hasta el final del año. De éstos, 618 fueron marcados y recobrados cerca de la Isla Verde, dos fueron marcados y recobrados cerca de Panamá Viejo, uno fué marcado cerca de Panamá Viejo y recobrado cerca de la Isla Verde y uno fué marcado cerca de la Isla Chepillo y recobrado cerca de la Isla Verde. Sin embargo, el método para el recobro de marcas no permite absoluta certeza en cuanto al lugar particular en que el pez marcado fué capturado porque la pesca se hizo en más de un área y algunas veces las marcas toman varios días para hacer su recorrido en las plantas hasta los magnetos. No obstante, las interpretaciones que se hicieron son indudablemente correctas en la gran mayoría de los casos.

El hecho de que haya muy poca pesca para la fabricación de harina de pescado, excepto en el área de la Isla Verde, impide determinar la extensión de los movimientos migratorios de los peces de esta área. Como se marcaron grandes cantidades de peces en áreas fuera de la zona de la Isla Verde y solamente dos de estas marcas fueron recobradas allí, parece que hubo muy poca migración dentro del área de la Isla Verde durante el período de nuestras pruebas. Sin embargo, recobros posteriores pueden mostrar una migración hacia el área durante otra estación. Por la falta aparente de peces en otras áreas durante el tiempo de desove, se sospecha que pueden ocurrir migraciones de desove; sin embargo, no hay todavía evidencia de este tipo de migraciones, a juzgar por los recobros de marcas.

Es evidente que hay considerables variaciones en los porcentajes de los recobros de peces marcados en la Isla Verde en diferentes fechas. Lo siguientes son los porcentajes de los recobros de peces marcados en esa área: 21 de junio, 3.15; 10 de julio, 4.44; 12-13 de julio, 0.43; 4-6 de agosto, 3.99; 10-12 de agosto, 4.92; 20-21 de septiembre, 4.66; 29-30 de septiembre, 4.82. Naturalmente, si todas las cosas fueran iguales, el total de recobros debería ser más alto para los peces marcados al principio de la estación.

A pesar de que los peces marcados fueron liberados en cardúmenes, éstos se desbandaron a los pocos días y los peces marcados se mezclaron con los de otros cardúmenes. Esto es evidente por el hecho de que las marcas de peces liberados en los mismos cardúmenes fueron recobradas en muchos días diferentes y el número de marcas recuperadas por 100,000 libras de peces procesados por cada liberación de marcas fué notoriamente consistente de una semana a otra, excepto por una merma en la tasa de recobro durante el primer mes después de la marcación debida a la pérdida de algunas de las marcas.

La pesca de anchovetas que se hizo durante 1960 en el Golfo de Panamá para su reducción a harina de pescado y fabricación de aceite fué considerablemente menor que la de 1959. La baja en el precio de la harina de pescado ocasionada por la intensa producción en el Perú hizo que no fuera provechosa, casi, la exportación del producto de Panamá. Sin embargo, hay demanda para la harina de pescado en Panamá, lo que hace todavía provechosa la producción en una escala limitada. Los empresarios de las dos plantas reductoras esperan que au-

mente la demanda de harina de pescado en Panamá y también esperan que su producción de harina de pescado y aceite sea suficientemente eficiente para poder venderla en el mercado mundial. Siendo ésto así, es probable que la pesca en 1961 lleque a ser mayor que en 1960.

La pesquería en 1960 tuvo lugar casi enteramente en el área de Punta Chame a Vique; esta área es la más cercana a las plantas de reducción. Como los experimentos de marcación han demostrado que hay muy poco intercambio de peces adultos entre las diferentes áreas, por lo menos durante el período que comprenden estos estudios, es evidente que se está ejerciendo una presión desigual en la pesca sobre los stocks de varias áreas dentro del Golfo de Panamá. A pesar de que la anchoveta era la especie principal en la pesquería destinada a la fabricación de harina y aceite durante la mayor parte del año, el arenque de hebra fué el componente mayor de la pesca desde mediados de octubre hasta diciembre.

El estudio de los hábitos alimentarios de la anchoveta en el Golfo de Panamá, que se inició en 1959, fué continuado en escala limitada.

El examen de los estómagos de peces juveniles en su estado pelágico y con una longitud de hasta unos 90 mm. mostró que habían consumido casi solamente diátomos; pero unos pocos crustáceos muy pequeños, probablemente larvas de copépodos, estuvieron también en evidencia. La cantidad de alimento en los estómagos de estos peces era sorprendentemente pequeña, aún tomando en cuenta su tamaño diminuto. El volumen y la apariencia del alimento en los estómagos de peces de la misma muestra eran bastante similares, pero a menudo se encontraron diferencias considerables entre diferentes muestras.

Los peces grandes, con una longitud mayor de 90 mm; en su fase de vida cerca del fondo se alimentan de diátomos, dinoflagelados y foraminíferos filtrados del fango. No se sabe qué parte juega en la nutrición de la anchoveta el detritus orgánico y los organismos indeterminables tales como protozoos no protegidos y bacterias. La anchoveta comparte este método de alimentación con solamente otros pocos peces, especialmente lizas, sábalos (*Chanos chanos*) y peces del género *Dorosoma*. Todos éstos, incluyendo la anchoveta, tienen una bolsa receptora de alimentos parecida a la molleja y varias otras características anatómicas en común.

Productividad en el Golfo de Panamá

Se continuó el análisis de los datos meteorológicos, hidrográficos y biológicos del Golfo de Panamá recolectados dos veces por semana por un período de cuatro años y medio.

Se comprobó que la opacidad del agua tiene relación con la producción permanente de fitoplancton en los 25 metros superiores: los coeficientes de extinción estaban significativamente relacionados con las concentraciones de clorofila "α" por unidad de superficie del mar. El coeficiente de correlación fué de 0.38 que, aunque bajo, es altamente significativo. La siguiente expresión define la relación promedio:

$$\text{extinción (k)} = .10 + .0031 (\text{mg.chl.} \alpha / \text{m}^2)$$

La eficiencia de la fotosíntesis para la columna de agua, sobre la base de la luz fotosintéticamente activa incidente en la superficie fué alrededor de 0.2 por ciento durante la época de no afloramiento y alrededor de 0.3 por ciento durante la época de afloramiento.

En doce ocasiones, cuando estaban hechas todas las determinaciones necesarias en la localidad en que se hicieron los experimentos sobre la productividad *in situ* cerca de la Isla Taboga, fué determinada la relación del carbono fijado por unidad de clorofila "α" por unidad de energía radiante ("eficiencia relativa" de la fotosíntesis) con la cantidad de energía radiante en cada una de cuatro profundidades. Los datos fueron primero transformados a logaritmos para simplificar el análisis. Los coeficientes de regresión fueron estadísticamente idénticos en todas las ocasiones, pero los valores medios ajustados de aquella variable, la "eficiencia relativa" de la fotosíntesis, fueron significativamente diferentes. El coeficiente de correlación común fué de -0.90 que es altamente significativo, y el coeficiente de regresión de la muestra común fué de -0.81. De este modo, el logaritmo de la "eficiencia relativa" aumentó linealmente conforme decreció el logaritmo de la energía radiante, por lo menos en el medio de la amplitud de la luz.

Los valores medios ajustados de la "eficiencia relativa" de la fotosíntesis de estas doce ocasiones estaban relacionados con algunas variables hidrográficas y meteorológicas. No se pudo encontrar una relación entre la concentración de fósforo inorgánico y la "eficiencia relativa", pero se obtuvieron significativas correlaciones tanto entre la temperatura y la salinidad y la "eficiencia relativa". Estos, indudablemente, no son

factores causales por sí mismos pero sí índices del afloramiento que refleja disponibilidad de sales nutritivas. Estas correlaciones sólo se consideraron buenas en cuanto a las mediciones hidrográficas hechas a 37 m., cerca del fondo, ya que la influencia externa es mínima a la profundidad máxima. Parece que los cambios hidrográficos cerca del fondo son buenos índices de afloramiento; también se encontró que estos cambios están relacionados con las velocidades precedentes de los vientos del norte. La temperatura a 37 m., estuvo bien correlacionada con la media neta de los vientos del norte en los períodos entre uno y diez días previos a la medición de la temperatura, siendo la mejor correlación para los valores medios de los períodos de tres y cuatro días. De la misma manera, la salinidad a 37 m., estuvo bien correlacionada con período de viento de tres días. La "eficiencia relativa" estuvo significativamente correlacionada con el viento en períodos de dos y tres días. Se puede inferir que los vientos del norte durante los tres días precedentes tuvieron el mayor efecto sobre la hidrografía y la productividad del Golfo.

Prácticamente no se encontraron relaciones significativas entre el fitoplancton y el zooplancton, aún cuando los datos fueron agrupados de varias maneras en un intento de eliminar las variaciones por estaciones y por años. La reserva de fitoplancton fué estimada tanto por las concentraciones de clorofila "a" como por los arrastres con redes. Las únicas correlaciones significativas entre el zooplancton y el fitoplancton obtenido por medio de redes fueron cuando todos los datos se analizaron como una muestra y cuando los datos de las estaciones en las que no hubo afloramiento solamente se analizaron como una muestra. Ambas correlaciones fueron positivas. No se encontró relación cuando se incluyó una demora de dos semanas para un cambio en el zooplancton, ya fuera usada la clorofila "a" o el fitoplancton obtenido por medio de redes. Las transformaciones logarítmicas de ambas variables fueron usadas en todos estos análisis.

Para eliminar algo de la variación, a fin de hacer más aparente cualquier tendencia en las series de tiempo, se calcularon y graficaron promedios movibles de cinco puntos de las series de tiempo de las mediciones de zooplancton y de fitoplancton. Con respecto a los datos de la clorofila "a" y del zooplancton, las pendientes mostraron la tendencia a ser positivas durante la época de afloramiento y negativas durante la época de no afloramiento. Una situación similar ha sido encontrada por otros científicos en el Atlántico Norte, en donde la relación

fitoplancton-zooplancton fué directa en la primavera, época de rápido crecimiento de las plantas, e inversa posteriormente. No se encontraron tendencias claras en el Golfo de Panamá por este método cuando el fitoplancton obtenido por medio de redes fué usado como una medida de la reserva permanente.

Se espera completar estos estudios para su publicación en nuestra serie de *Boletines* en 1961.

Investigaciones en el Golfo de Nicoya

En el curso de 1960 se continuaron en nuestro laboratorio regional de Puntarenas las investigaciones iniciadas anteriormente, incluyendo extensas observaciones y recolecciones para vigilar la muy pequeña población de anchovetas allí existente y la recolección de datos hidrográficos para determinar las variaciones en el ambiente.

La abundancia aparente de anchovetas en el Golfo durante 1960 se mantuvo más o menos en el mismo bajo nivel de los años anteriores. Con redes de arrastre para camarones se capturaron pequeñas cantidades de especímenes adultos, tanto en la parte interior como en la exterior del Golfo y varios cientos de anchovetas juveniles (25 a 35 mm. de longitud) se obtuvieron con una red de playa en la vecindad de la Isla Cedros durante la estación seca.

Además de las observaciones rutinarias mensuales de la distribución vertical de la temperatura, la salinidad y el oxígeno en dos estaciones en el Golfo, se hicieron observaciones de la temperatura y la salinidad en 16 estaciones hidrográficas durante abril y nuevamente en octubre para obtener mayor información sobre la distribución transversal de estas propiedades. Tomando en consideración las extensas variaciones de un año a otro en estas propiedades, será necesario hacer observaciones durante varios años antes de proceder al análisis.

Los viajes mensuales se iniciaron en 1958 para recoger larvas de atún en el área de Cabo Blanco y se terminaron en octubre de 1960.

Estudios de la Anchoa naso en el Ecuador

Durante 1960 se continuaron los estudios de la anchoa *A. naso*, el más importante pez de carnada en Manta, Ecuador, basados en las muestras recolectadas en esa área desde principios de 1959. Tenemos a la mano muestras correspondientes a 21 meses consecutivos.

El examen de las gónadas indica que especímenes en estado de avanzada madurez sexual se presentan durante un

largo período, de agosto a febrero, siendo la época del máximo desove probablemente en septiembre y octubre. Las hembras probablemente desovan sólo una camada de huevos por estación, ya que no hay evidencia de una segunda camada de huevos en maduración durante el proceso de desarrollo de la camada que se aproxima al tamaño apto para el desove.

Los reclutas entran a la pesca con un tamaño modal de unos 40 mm. y los grupos modales ocurren hasta un tamaño de alrededor de 70 mm. Durante el período de marzo a noviembre apareció solamente una serie modal que se ha creído es un sólo grupo de edad. Sin embargo, entre noviembre de 1959 y noviembre de 1960 hubo evidencia de la entrada a la pesca de por lo menos dos y quizás tres grupos de tamaños. Parece, entonces, que estos peces producen más de una clase de edad cada año, o que el stock en Manta está formado por varios componentes diferentes de origen distinto, que tal vez entran y salen del área de pesca en movimientos migratorios.