
ANNUAL REPORT

of the

Inter-American Tropical Tuna Commission

1987

INFORME ANUAL

de la

Comisión Interamericana del Atún Tropical

La Jolla, California
1988

CONTENTS—INDICE

ENGLISH VERSION—VERSIÓN EN INGLÉS

	Page
INTRODUCTION	7
COMMISSION MEETING	7
ADMINISTRATION	9
Budget	9
Financial statement	10
INTER-AGENCY COOPERATION	10
FIELD STATIONS	11
PUBLICATIONS AND REPORTS	11
THE FISHERY IN 1987	11
Statistics of catches and landings	12
The eastern Pacific Ocean tuna fleet	14
RESEARCH IN 1987	14
Abundance of tunas and success of fishing	14
Tuna biology	17
Oceanography and tuna ecology	27
Tuna-dolphin investigations	31
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1987 AND OUTLOOK FOR 1988	41
Yellowfin	41
Skipjack	54
Northern bluefin	58
Bigeye	61
Black skipjack	64
FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS	65

VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION	149
REUNION DE LA COMISION	149
ADMINISTRACION	152
Presupuesto	152
Informe financiero	152
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES	152
OFICINAS REGIONALES	153
PUBLICACIONES E INFORMES	154
LA PESCA EN 1987	154
Estadísticas de capturas y desembarcos	154
La flota atunera del Océano Pacífico oriental	156
LA INVESTIGACION EN 1987	157
Abundancia de los túnidos y éxito de la pesca	157
Biología de los túnidos	160
Oceanografía y ecología de los atunes	172
Investigaciones atún-delfín	175
SITUACION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1987 Y PERSPECTIVAS PARA 1988	186
Aleta amarilla	186
Barrilete	201
Aleta azul del norte	205
Patudo	208
Barrilete negro	211
<hr/>	
APPENDIX 1—ANEXO 1	
STAFF—PERSONAL	213
APPENDIX 2—ANEXO 2	
FINANCIAL STATEMENT—DECLARACION FINANCIERA	217
APPENDIX 3—ANEXO 3	
PUBLICATIONS—PUBLICACIONES	221

A fourth edition of **Tuna and Billfish--Fish without a Country**, by James Joseph, Witold Klawe, and Pat Murphy, has recently been published. The book is similar to the previous editions, but contains 11 additional color plates, plus revisions and changes to the text. The book is priced at \$15.75, postpaid, and can be ordered from: Book, IATTC, P.O. Box 271, La Jolla, CA 92038.

The third edition, **Atunes y Peces Espada--Los peces sin patria**, text in Spanish, is still available from the same address, price \$9.95, postpaid.

Se acaba de publicar una cuarta edición de **Tuna and Billfish--Fish without a Country**, de James Joseph, Witold Klawe, y Pat Murphy. El libro es similar a las ediciones anteriores, pero contiene 11 láminas de color adicionales, y se ha revisado y modificado el texto. El precio es US\$15.75, envío comprendido, y se puede encargar de: Book, CIAT, P.O. Box 271, La Jolla, CA 92038, EE.UU.

Se pueden todavía obtener ejemplares de la tercera edición, **Atunes y Peces Espada--Los peces sin patria**, con texto en español, de la misma dirección, precio US\$9.95, envío comprendido.



**ANNUAL REPORT OF THE
INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1987**

INTRODUCTION

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by Costa Rica and the United States. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, and France and Nicaragua in 1973. Ecuador withdrew from the Commission in 1968, Mexico in 1978, Costa Rica in 1979, and Canada in 1984.

The principal duties of the Commission under the convention are (1) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean with a view to determining the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches.

In 1976 the Commission's duties were broadened to include problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "the Commission should strive [1] to maintain a high level of tuna production and also [2] to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement were to be (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies, and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations at sea, in ports where tunas are landed, and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director (Appendix 1), who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 37th year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its Annual Report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Report series and in books, outside scientific journals, and trade journals. All reports have been given worldwide distribution, and thus have been made available for the critical scrutiny of a wide selection of the world's scientific community.

COMMISSION MEETING

The Commission held its 44th meeting in Panama, R.P., on May 5–7, 1987. Mr. Armando R. Martínez V. of Panama served as Chairman. Representatives of all five member governments attended the meeting, as did observers from Canada, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Mexico, Vanuatu, Venezuela, and the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA).

The following agenda was adopted:

1. Opening of meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of current tuna research
4. The 1986 fishing year
5. Status of tuna stocks

6. Review of tuna-dolphin program
7. Recommendations for 1987
8. Recommended research program and budget for 1988-89
9. Update of activities concerning arrangements for tuna management in the eastern Pacific
10. Place and date of next meeting
11. Election of officers
12. Other business
13. Adjournment

The following actions were taken by the Commission:

(1) The Commission staff did not recommend a yellowfin catch quota for 1987. The rationale for this is given in Background Paper 2 prepared for the meeting, which is available from the Commission on request. The following resolution in regard to yellowfin conservation was adopted:

The Inter-American Tropical Tuna Commission, having the responsibility for management of tunas and tuna-like fishes of the eastern Pacific Ocean and having maintained since 1950 a continuing scientific program directed toward the study of such resources,

Notes that the yellowfin tuna resource of the eastern Pacific supports one of the most important surface fisheries of the world, and

Recognizes, based on past experience in the fishery, that this resource can be overexploited by excessive fishing effort;

Recalls that implementation of a successful conservation program from 1966 through 1979 based on annual catch quotas maintained the yellowfin stock at high levels of abundance, and

Notes that, although no mechanism for implementing a conservation program existed from 1980 through 1986, catch quotas were nevertheless recommended by its scientific staff to the Commissioners and in turn such quotas were recommended by the Commissioners to their respective governments;

Observes that, due principally to exceptionally high levels of recruitment during 1984 and 1985 and the favorable size composition of the 1985 and 1986 catches, stock abundance in 1987 is at its highest level in recent years, and

Concludes that at this high level of abundance the stock is capable of supporting catches similar to those taken in 1986.

The Inter-American Tropical Tuna Commission, therefore, does not recommend a yellowfin catch quota for 1987; but

Cautions that the occurrence of two such large year classes as those entering the fishery in 1984 and 1985 is unprecedented and should be expected to occur in the future only infrequently; and

Finally emphasizes that as these abundant year classes grow older and their contribution to the catch diminishes, catch quotas will be necessary to prevent overfishing and at that time quotas will be once again recommended.

(2) The Commission agreed to the following resolution regarding conservation of dolphins:

Noting that certain species of tuna and dolphin occur throughout the tuna fishing regions of the world, but that they occur in close association only in the eastern Pacific Ocean; and

Observing that in the eastern Pacific Ocean purse seine fishermen take advantage of this association to capture tuna and that during this fishing process some dolphin are accidentally killed; and

Recognizing that dolphin mortality associated with purse seine fishing activities in the eastern Pacific Ocean, though reduced substantially from levels observed in earlier years, continues to occur at a significant level; and

Recalling that the objectives of the Commission with regard to this problem are 1) to maintain a high level of tuna production, 2) to maintain dolphin stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, and 3) to ensure that every reasonable effort is made to avoid needless or careless killing of dolphins; and

Noting that scientific studies, including extensive research into gear modifications and development of fishing techniques to reduce dolphin mortality as well as frequent placement of observers on purse seiners to monitor dolphin abundance and mortality, have now provided a solid basis for taking further action to reduce dolphin mortality;

The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties and other interested nations whose flag vessels participate in the eastern Pacific purse seine fishery, that they take appropriate steps to encourage their flag vessels that fish for tunas associated with dolphins to adopt the following measures to reduce dolphin mortality:

1. Each purse seine should incorporate a fine-mesh, double-depth dolphin safety panel either with or without an attached triangular apron to protect and facilitate release of dolphins in the perimeter of the backdown area;

2. All purse seiners should employ the backdown procedure during sets in which dolphins are captured, and backdown should continue until it is no longer possible to release live dolphins by this procedure; following backdown every effort should be made by speedboat and raft occupants to continue hand-rescue procedures until all live dolphins have been released;

3. Purse seiners should carry speedboats equipped to tow on corklines when necessary to prevent dolphin entrapment due to net collapses or canopy formation, and at least one crewman should be deployed in such a speedboat near the apex of the backdown channel to assist in dolphin rescue;

4. Each purse seiner should carry and deploy a one-or two-man raft equipped with facemasks and snorkels or viewboxes to serve as a platform for dolphin rescue during and after backdown, provided conditions do not jeopardize the safety of raft occupants;

5. Each purse seiner should carry high-pressure sodium vapor floodlights of sufficient illumination output to allow observation from the vessel of dolphin rescue and release procedures during sets in which all or part of the backdown procedure is carried out during darkness;

6. Each nation with a purse seine fleet operating in the eastern Pacific Ocean should establish an advisory group of experienced captains and fishing gear experts to improve the performance of their flag vessels and chartered vessels operated under other flags by means of mortality reduction workshops, contact with individual captains, recommendation of trial sets for dolphin safety panel alignment, and other appropriate actions; and

Further advises member nations and other interested nations that detailed gear and equipment specifications and technical assistance necessary to implement the above recommendations are available from the Commission staff and encourages all such nations to request staff assistance whenever needed.

(3) The Commission agreed to a proposed budget of \$3,525,454 for the 1988–1989 fiscal year.

(4) The Commission agreed to hold its next regular meeting in La Jolla, California, on March 8–10, 1988.

(5) The Commission elected Mr. Armando R. Martínez V. of Panama and Mr. Abelino Aróstegui Valladares of Nicaragua as Chairman and Secretary, respectively, of the Commission for 1988.

ADMINISTRATION

BUDGET

At its 42nd meeting, held in La Jolla, California, USA, on October 16–18, 1984, the Commission unanimously approved the budget for the 1986–1987 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$3,149,400. However the final amount received from the member nations during the 1986–1987 fiscal year was \$2,887,134, a shortfall of \$262,266 from the amount which was

recommended and approved. As a consequence the staff cancelled its plans for tagging experiments for that fiscal year.

FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1986–1987 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 2 of this report.

INTER-AGENCY COOPERATION

During 1987 the scientific staff continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on the local, national, and international level. This contact enabled the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The Commission's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for state and federal agencies involved in fisheries, oceanography, and ancillary sciences. This situation provides the staff an excellent opportunity to maintain frequent contact with scientists of these organizations.

The cordial and productive relationships which this Commission has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur, the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), the South Pacific Commission (SPC), and other international bodies continued during 1987. Also during 1985, 1986, and 1987 the Commission worked closely with the United Nations Environmental Programme (UNEP), particularly through its Global Plan of Action for the Conservation, Management, and Utilization of Marine Mammals. The work has centered on expanding the Commission's tuna-dolphin program in Latin America. UNEP funding was provided to facilitate this work.

Also during 1987 the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in many non-member countries in various parts of the world. Since 1977 the IATTC staff has been training scientific technicians for placement aboard tuna vessels to collect data on abundance, mortality, and other aspects of the biology of dolphins. Government organizations, educational institutions, and industry representatives from the various countries involved have cooperated fully in the training and placement of these technicians. Over the years scientists and students from many countries have spent several weeks or months at the Commission's headquarters in La Jolla working on materials and data they have brought with them, using methods shown to them by IATTC scientists. In 1987, for example, an employee of the National Aquatic Resources Agency, Sri Lanka, spent several months in La Jolla, where she was assisted by IATTC staff members in carrying out analyses of the population dynamics of skipjack, using age-structured models, and studies of the maturity and reproduction of that species. Also, IATTC scientists have often rendered assistance with research on fisheries for tunas or other species to scientists of other countries while on duty travel to those countries, and occasionally have travelled to other countries for the specific purpose of assisting with their research programs. In 1987, for example, an IATTC employee spent several weeks in Australia assisting with a sampling program for ascertaining the reproductive condition of yellowfin on the east coast of that country.

The establishment by the Commission of a research facility in Panama, described in the section entitled **Field Stations**, is giving the staff the opportunity to work more closely with

Panamanian fisheries personnel. The presence of Commission scientists at this laboratory has made it possible to provide assistance to local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, e.g. snappers. Considerable progress has been made in the snapper program; this subject is discussed in the section entitled **Achotines laboratory**.

FIELD STATIONS

The Commission maintains field offices in San Pedro, California, Manta, Ecuador, Ensenada, Mexico, Panama, Republic of Panama, Coishco, Peru, Mayaguez, Puerto Rico, and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to get catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and assist with the training and placement of scientific technicians aboard vessels participating in the Commission's tuna-dolphin program. This work is carried out not only in the above-named ports, but also in other ports in Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Panama, Peru, Puerto Rico, and Venezuela, which are visited periodically by these employees. Not all of these tasks are performed by Commission employees in all the above-named countries, however; for example, in 1987 they participated in the tuna-dolphin work only in Ecuador, Mexico, Panama, and Venezuela.

In addition, the Commission maintains a laboratory at Achotines Bay, just west of Punta Mala on the Azuero Peninsula of Panama. The Achotines laboratory is used principally for studies of the early life history of tunas. Such studies are of great importance, as acquisition of knowledge of the life history of tunas prior to recruitment into the fishery would eliminate much of the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The Commission plans to enlarge the laboratory facilities so that there will be adequate space for investigators from other agencies, such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos, the University of Panama, etc.

PUBLICATIONS AND REPORTS

The prompt and complete publication of research results is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings of the IATTC staff. The publication of basic data, methods of analysis, and conclusions afford the opportunity for critical review by other scientists, ensuring the soundness of the conclusions reached by the IATTC staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research. By the end of 1987 the IATTC staff had published 125 Bulletins, 36 Annual Reports, 5 Special Reports, 5 books, and 309 chapters and articles in books and outside journals. The publications by staff members received during 1987 are listed in Appendix 3 of this report.

THE FISHERY IN 1987

During past years catch quotas for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, for the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA, Figure 1) have been recommended by the IATTC staff and variously adopted in Commission resolutions and implemented by the countries participating in the fishery. Quotas for 1966 through 1979 were adopted and implemented. At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; it subsequently agreed to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director, but the quota was not implemented. At the 38th through 43rd meetings the IATTC staff recommended quotas of 160,000 tons for 1981 and 1982,

170,000 tons for 1983, 162,000 tons for 1984, 174,000 tons for 1985, and 175 thousand tons for 1986, with provisions for increases by the Director based on findings of the staff regarding the status of the stock. These quotas were adopted, but not implemented. At the 44th meeting, held in May 1987, the IATTC staff did not recommend a quota for 1987, due to special circumstances which resulted in unusually great abundance of yellowfin in the eastern Pacific, but emphasized that catch quotas would almost certainly be necessary in the future (see the resolution on page 8).

It has not been demonstrated to date that there is a need for conservation measures for the other species of tunas harvested in the eastern Pacific Ocean (EPO) fishery.

STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

Statistical data from the Commission's field stations are continuously being collected and processed. As a result, estimates of fisheries statistics with varying degrees of accuracy and precision are available. Because it may require a year or more to obtain some final information, and because the staff has been checking for errors and updating the data for earlier years, the annual statistics reported here are the most current, and supersede earlier reported statistics. The weights are reported in short tons.

Annual catch estimates for the various species of tunas and other fishes landed by vessels fishing at least part of the year in the CYRA for yellowfin, skipjack, *Katsuwonus pelamis*, or bluefin, *Thunnus thynnus*, during the 1961–1987 period are shown in Table 1. This table includes only the catches by surface gear, except that Japanese longline catches of yellowfin in the CYRA are included. The catch data for yellowfin in the CYRA and skipjack and bluefin in the EPO are essentially complete except for insignificant catches made of all three species by the sport and artisanal fisheries and of skipjack and bluefin by the longline fishery. The western Pacific and Atlantic Ocean catch data in Table 1 are not total catch estimates for those waters because data for vessels which had not fished in the CYRA during the year in question are not included. Also, large amounts of bigeye, *Thunnus obesus*, taken by longline in the eastern Pacific are not included in Table 1; they are shown in Table 26, however.

Preliminary estimates indicate that the 1987 harvest of about 305 thousand tons of yellowfin in the EPO will be the greatest on record, exceeding the previous high of 296 thousand tons taken in 1986 by about 9 thousand tons. The CYRA catch of about 279 thousand tons of yellowfin was also the greatest on record, and the harvest from waters between the CYRA and 150°W ("outside" in Table 1) was about 26 thousand tons. During the 1976–1986 period the yellowfin catch in the CYRA averaged about 176 thousand tons (range: 91 to 253 thousand tons) and in the EPO about 191 thousand tons (range 105 to 296 thousand tons). The high 1986 and 1987 catches were partly due to the fact that reduced yellowfin catches in the EPO in 1982 and 1983 (139 and 105 thousand tons, respectively) provided an opportunity for increases in the population size. The low catches of 1982 and 1983 were principally the result of low vulnerability to capture of the fish due to oceanographic conditions, which in turn caused a shift of fishing effort from the eastern to the western Pacific.

The 1987 skipjack catch in the EPO was about 70 thousand tons, which is about 40 percent of the 1978 high of 187 thousand tons. During the 1976–1986 period the skipjack catch in the EPO averaged about 110 thousand tons (range: 54 to 187 thousand tons). Since 1983, however, the harvest of skipjack has ranged from 54 to 70 thousand tons. It is believed that this is due at least in part to a low demand for skipjack and resultant concentration of fishing effort in areas where yellowfin predominate.

The estimated catch of all species in the EPO in 1987 was about 383 thousand tons; this has been exceeded only three times before (1975, 398 thousand tons; 1976, 435 thousand tons; and 1978, 417 thousand tons).

Tuna vessels fishing in the EPO occasionally fish in other areas in the same year. In 1987 some vessels which were part of the EPO fleet also fished in the western Pacific or in the Atlantic and Caribbean. The 1980–1986 average catch by these vessels in the western Pacific was about 23 thousand tons (range: 6 to 84 thousand tons), and in the Atlantic and Caribbean about 11 thousand tons (3 to 17 thousand tons). The maximum catches in these areas by vessels of the EPO fleet were made in 1983, the year of the lowest total catch in the EPO (181 thousand tons) since 1961. Preliminary estimates indicate that the 1987 total catches in these areas by vessels of the EPO fleet were about 6 thousand tons in the western Pacific and 6 thousand tons in the Atlantic and Caribbean.

The 1986 and preliminary 1987 catches by flag, and landings by country, of tunas in the CYRA and the EPO are given in Tables 2-5. The landings are fish unloaded during a calendar year, regardless of the year of catch. The country of landing is that in which the fish were unloaded from the fishing vessel or, in the case of transshipments, the country which received the transshipped fish. Beginning in 1984 the owners of U.S.-flag vessels began chartering their services to companies in Ecuador and Venezuela. The 1986 catches of U.S.-flag vessels include the catches of three vessels under charter to a Venezuelan company, and those for 1987 include the catches of one vessel under charter to a Venezuelan company.

Yellowfin was by far the most important component of the total harvest in both 1986 and 1987, making up about 80 percent of the total catch of all species in the EPO in both years. Of the total 1986 EPO yellowfin catch of 296 thousand tons, 86 percent was harvested in the CYRA. In that year Mexican-flag vessels took about 41 percent of the CYRA catch of yellowfin, followed by U.S.-flag vessels with 28 percent; of the outside catch, U.S.-and Mexican-flag vessels harvested 69 and 31 percent, respectively. In 1987 91 percent of the catch of 305 thousand tons was made in the CYRA. In that year Mexican-and U.S.-flag vessels each took about 35 percent of the CYRA catch; of the outside catch, U.S.-and Mexican-flag vessels harvested 52 and 43 percent, respectively. Together they accounted for about 72 percent of the total EPO catch of yellowfin; they were followed by Venezuela with about 14 percent and Ecuador with about 6 percent of the EPO yellowfin catch.

The tunas caught in the EPO in 1986 and 1987 were landed primarily in Ecuador, Mexico, and the United States, with these three nations accounting for about 75 percent of the landed fish in 1986 and about 83 percent in 1987.

During the 1982–1986 period about 62 percent of the logged EPO catch of yellowfin has been taken between 5°N and 15°N (Tables 6 and 7). Preliminary estimates for 1987 show that about 70 percent of the yellowfin catch was taken in this region. The distribution of the logged purse-seine catch of yellowfin in the eastern Pacific is shown in Figure 2. For skipjack, waters south of 10°N have provided about 76 percent of the logged catch during the 1982–1986 period, with about 17 percent being harvested south of the equator (Tables 6 and 7). Preliminary estimates for 1987 show that about 80 percent of the total EPO logged skipjack harvest was made south of 10°N, but only about 10 percent of this was made south of the equator (Tables 6 and 7). The distribution of the logged purse-seine catch of skipjack in the eastern Pacific is shown in Figure 3.

Under the terms of the convention which established the Inter-American Tropical Tuna Commission, monitoring of the condition of the stocks of tunas and other species taken in the eastern Pacific Ocean by tuna fisheries is the primary objective of the Commission's research. Taking into consideration the migrations of the tunas, the mobility of the vessels of the tuna fleets of various nations, and the international nature of the tuna trade, statistics on the catch and effort from the eastern Pacific must be viewed in the light of global statistics. The IATTC staff routinely estimates the global catches of the tunas and related species. The methodology of obtaining the estimates is described in IATTC Internal Report 11. The estimated global catches of tunas and related species for 1986, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 4 and 5. An

overview of the catches of the principal market species of tunas during 1975–1985 by oceans appears in Figure 6.

THE EASTERN PACIFIC OCEAN TUNA FLEET

The IATTC staff maintains records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels which fish for yellowfin, skipjack, or bluefin in the eastern Pacific Ocean. Records have not been maintained for far east-flag longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes or launches.

The vessels are grouped into the following carrying capacity size classes for reporting purposes: class 1, less than 51 tons; class 2, 51–100 tons; class 3, 101–200 tons; class 4, 201–300 tons; class 5, 301–400 tons; and class 6, more than 400 tons. (These are not to be confused with the eight size groups used for calculation of the catch per ton of carrying capacity in the section entitled **Catch per ton of carrying capacity**.) The landing records of each vessel are reviewed annually, and the carrying capacities are revised when necessary. Owners' and builders' estimates of capacity are used for new vessels. Except far east-flag longliners and miscellaneous small vessels mentioned in the previous paragraph, all vessels which fished in the EPO during the year are included in the annual estimates of the size of the surface fleet. Vessels which changed flag during a year are listed under their new flag if a fishing trip was started under the new flag during the year.

Due to the construction of new, large purse seiners, the fleet capacity increased from about 46,300 tons in 1967 to about 184,600 tons in 1976. During the 1977–1981 period the fleet capacity remained fairly stable, increasing by only about 1,500 tons. During that period the construction of new vessels continued, but that was offset by losses due to sinkings and vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet capacity declined by about 16,000 tons as vessels sank or were deactivated or as they left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific. This trend continued through 1984 as the catch rates in the EPO declined due to the El Niño of 1982–1983. During 1983 the fleet capacity declined by about 29,000 tons, and in 1984 it declined an additional 25,400 tons. The fleet capacity in 1984, about 116,500 tons, was the lowest it had been since 1971. In 1985, however, due primarily to the return of vessels from the western Pacific, the capacity increased to about 129,700 tons, and by 1987 it had increased to about 146,000 tons. Annual estimates of the number and carrying capacity of surface-gear vessels fishing in the EPO each year from 1965 through 1987, and the change in capacity from the previous year, are shown in Table 8.

The 1986 and preliminary 1987 data for numbers and carrying capacities of surface-gear vessels in the EPO fleet are shown in Tables 9 and 10 by flag, gear, and size class. The 1986 fleet size was about 5,200 tons less than that of 1985, and the 1987 fleet size was about 21,500 tons greater than that of 1986. Of the total 1987 fleet size of about 146,000 tons, about 143,800 tons were purse-seine vessels and the remaining 2,200 tons were baitboats. All the jig boats in the 1985 fleet left the fishery before 1986. In 1987 vessels from 9 nations were included in the EPO surface gear fishery, with about 64 percent of the 206 vessels operating under Mexican and U.S. flags, 66 and 65 vessels respectively. These 131 vessels accounted for about 96,000 tons capacity.

RESEARCH IN 1987

ABUNDANCE OF TUNAS AND SUCCESS OF FISHING

Annual trends in catch per unit of effort (CPUE)

Catch per days fishing (CPDF) and catch per standard days fishing (CPSDF) are used by the IATTC staff as indices of apparent abundance and as general measures of fishing success. The data

are obtained from logbook records supplied by most of the vessels which fish for tunas in the eastern Pacific Ocean. The data which do not meet certain criteria for species composition and accuracy are eliminated from consideration before proceeding with the calculations. During the 1950s, when most of the catch was taken by baitboats, catch and CPDF data for baitboats of different size classes were standardized to calculate the CPSDF for Class-4 baitboats (vessels with capacities of 201–300 short tons of frozen tuna). Later, when most of the baitboats were converted to purse seiners, the catch and CPDF data for purse seiners were standardized to calculate the CPSDF for Class-3 purse seiners (vessels with capacities of 101 to 200 short tons). The next steps, as smaller vessels were replaced by larger ones, were calculation of the CPSDF for Class-6 purse seiners (vessels with capacities of more than 400 short tons) and finally calculation of the CPDF for Class-6 purse seiners, ignoring the data for the smaller vessels. The CPDF and CPSDF may be influenced by such factors as spatial and temporal changes in fishing strategy, distribution of effort, and vulnerability of the fish to capture. Some of these changes have been estimated and adjusted for, and others, such as those due to environmental conditions, are assumed to average out over the long term.

CPUE data for 1959–1987 for yellowfin and skipjack combined are shown in the upper panel of Figure 7. The data for 1968–1987 are CPDF data for Class-6 purse seiners. Those for 1959–1967 are CPSDF data for Class-4 baitboats, multiplied by 2.82 to adjust for the fact that Class-6 purse seiners are about 2.82 times as efficient as Class-4 baitboats. The adjustment factor of 2.82 was calculated from CPDF data for yellowfin and skipjack combined for Class-6 purse seiners and Class-4 baitboats fishing in the same area-time strata during the 1965–1974 period, when there were sufficient numbers of both types of vessels in the fishery. Because the 1968–1987 data are CPDF data for Class-6 vessels and those for 1959–1967 are adjusted to the equivalent of CPDF for Class-6 vessels, they will henceforth be referred to as CPDF data.

The total catches of yellowfin and skipjack east of 150°W combined for each year were divided by the CPDF for both species for unregulated trips to estimate the total effort in Class-6 purse-seine days. These estimates of total effort were divided into the total catches of yellowfin and of skipjack to obtain the CPDFs for each species separately. These are shown in the middle and lower panels of Figure 7.

Yellowfin

The preliminary CPDF value of 14.0 tons per day for 1987 is the fourth greatest on record, exceeded only by those of 1960, 1968, and 1986 (14.2, 14.3, and 16.3 tons per day, respectively). During the 1959–1972 period the CPDF ranged from about 9 to 14 tons per day, with lows in 1959, 1962, and 1971 and highs in 1960, 1968, and 1969. Beginning in 1973, the CPDF declined to a low of 4.9 tons in 1982. Since then there has been a remarkable recovery. The fishery has changed considerably since the 1960s, however, so caution should be used in comparing the data for the earlier years with those for the more recent ones. The principal problem is caused by the fact that the baitboat fishery operates relatively near shore and almost entirely north of 15°N, whereas the purse-seine fishery operates also far offshore and as far south as about 20°S. The values in Figure 7 differ somewhat from weighted averages of the CYRA and outside the CYRA CPDF values in Table 22 because the values in the figure were obtained from data on the total catches of yellowfin and skipjack, whereas those in the table were obtained from data for yellowfin catches only.

Skipjack

During the 1959–1968 period the CPDF for skipjack averaged about 10.0 tons per day, with a high of 16.0 tons in 1967 and a low of 5.5 tons in 1960. During the late 1960s many small purse seiners were replaced by larger ones which found it more profitable to fish in areas where yellowfin were more abundant and skipjack less so, which resulted in lower CPDF values for skipjack. During the 1969–1987 period the average CPDF was 4.1 tons per day, with a high of 7.5 tons in 1978 and lows of 2.4 tons in 1972 and 1973. As is the case for yellowfin, caution should be used in comparing the data

for earlier and later years. In addition to the probable bias caused by the fact that the effort was directed more toward yellowfin and less toward skipjack during the more recent years, there is the problem caused by the restricted range of the baitboat fishery mentioned in the yellowfin section above.

Catch per ton of carrying capacity

The EPO fleet's total catch per ton of carrying capacity (CPTCC) provides an index of trends in annual relative gross income for vessel size groups. To provide more detail in this index than would be available if the Commission's historical six classes of vessel capacity classification were used, the following size groups have been identified: 1, <301 tons; 2, 301–400 tons; 3, 401–600 tons; 4, 601–800 tons; 5, 801–1000 tons; 6, 1001–1200 tons; 7, 1201–1400 tons; and 8, >1400 tons.

CPTCC estimates for the 1974–1987 period are presented in Table 11 for the EPO and for all ocean fishing areas from which EPO fleet vessels harvested fish, by size group, area, and species. For the larger vessels yellowfin and skipjack contribute the most to the CPTCC, while other species, which includes other tunas as well as miscellaneous fishes, make up an important part of the CPTCC of the smaller vessels in many years. In earlier years, and in years when the majority of the EPO fleet exerts most of its fishing effort in the EPO, the CPTCCs for the EPO and all ocean fishing areas are nearly the same. During the 1974–1986 period the pooled CPTCC in the EPO for all vessels and all species averaged 2.1 tons of fish per ton of carrying capacity, with a range of 1.2 to 3.0; for yellowfin it averaged 1.4 tons, with a range of 0.7 to 2.4, and for skipjack it averaged 0.6 tons, with a range of 0.4 to 1.0. The preliminary estimates for 1987 are 2.6, 2.1, and 0.4 tons for all species, yellowfin, and skipjack, respectively.

Standardization of yellowfin catch rates

An alternative to catch per day's fishing (CPDF) as an index of relative annual yellowfin abundance is described in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 3. With the alternative index, each observation of catch rate is defined as the tons caught in a set divided by the hours of searching since the last set. In order to estimate the average abundance over the entire year and the entire eastern Pacific Ocean the data are weighted such that each 5-degree quadrangle-month receives a weight proportional to the surface area of ocean in it and each hour of searching receives equal weight within a 5-degree quadrangle-month. Then a generalized linear model is used to estimate the annual variation in the catch rates independent of trends in vessel efficiency, environmental conditions, and modes of fishing.

Data exist for many factors which could conceivably influence the yellowfin catch rates. The following factors were investigated, using data from 1970–1987: vessel speed and capacity, whether the vessel had a helicopter, whether it had sonar, net length and depth, skipper, sea-surface temperature, wind speed and direction, location and time of fishing, set type (school, dolphin, or floating object), and whether skipjack were also caught. Complete data for 1987 are not yet available, so the estimates are provisional. After the factors which did not have important effects were eliminated the model included the effects of year, vessel speed, search classification, season-area, and the interaction between search classification and season-area. Search classification (Table 12) is a combination of set type and skipjack effects. Season-area is described in Figure 8. The year effects are the annual differences in catch rates not attributable to the other variables in the model. They serve as indices of abundance standardized by the other variables.

As shown in Figure 9, the trend of the indices has both differences from and similarities to CPDF. The indices from the linear model do not have the large fluctuations during 1970–1974 that CPDF has; however, they both show a sharp decline in 1975 and a sharp recovery in 1976. Both the decline in 1976–1982 and the increase during 1983–1986 are more gradual for the indices from the linear model. It appears that when the fishery switches from dolphin-set fishing to floating-object-

set fishing, as it did during 1973–1982, CPDF underestimates yellowfin abundance, and when the fishery switches back to dolphin-set fishing, as it did during 1984–1987, that CPDF overestimates the abundance.

TUNA BIOLOGY

Size composition of the catch

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bluefin, bigeye, and black skipjack, *Euthynnus lineatus*, from purse-seine and baitboat catches made in the eastern Pacific Ocean are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, Peru, the USA (California and Puerto Rico), and Venezuela. The catches of yellowfin and skipjack were first sampled by the IATTC staff in 1954, and sampling has continued to the present. Information obtained from length-frequency samples has been used for the staff's estimates of growth, mortality, yield per recruit, and year-class abundance. The results of these studies have been reported in several IATTC Bulletins and in all its Annual Reports since 1954.

The staff collected and processed 911 yellowfin, 359 skipjack, 15 bluefin, 13 bigeye, and 23 black skipjack samples from the 1987 catches in the eastern Pacific. Most of these were 50-fish samples. For both yellowfin and skipjack, the length-frequency samples are stratified by market measurement areas (Figure 10), months, and gear. Sampling within each stratum is done in two stages, with a boat "unit" (usually a well or pair of wells) as the first stage and individual fish as the second stage. The units within strata are sampled randomly and fish selected randomly from each sampled unit are individually measured. The total number of fish in each length group in a sampled unit is estimated by dividing the total catch in weight in the unit by the average weight of the sampled fish in the unit and then multiplying this quotient by the fraction of the sampled fish in that length group. The stratum totals, in numbers of fish, for each length group are obtained by summing the totals for each sampled unit and then multiplying this total by the ratio of the weight of the logged catch of the stratum to the sum of weights of the sampled units. The quarterly and annual totals are obtained by summing the data for all the sampled strata for the quarter or year in question. The quarterly and annual average weights are obtained by summing over all the length groups in the quarterly or annual estimates and dividing the sum into the sum of the weights of the catches for all the sampled strata.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, based on logged catches, for the market measurement areas of the CYRA (Figure 10) in 1987 are shown in Figure 11. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. Most of the catch in Area 1 consisted of fish less than 70 cm in length. In Area 8 the fish in the catch ranged from about 40 to 140 cm. There were modes at 48, 68, and 90 cm. In Area 2 most of the fish caught ranged between about 50 and 160 cm. In Area 4 the fish in the catch ranged from about 40 to 160 cm. There appear to have been several overlapping modal groups, with the most prominent centered at about 94–98 cm. There are indications of modes at about 50, 76, and 126 cm. In Area 5 the size range of the fish in the catch was about the same as in Area 4. There appear to have been several modal groups, the most prominent of which were at about 104 and 124 cm. In Area 6 the size range was from about 30 to 150 cm. There are major modes at about 62 and 126–128 cm and several lesser modes. In Area 7 the fish caught ranged from about 40 to 160 cm. The catch in this area was low compared to those in most other areas, and there appear to be several modes, none of which is very prominent. Most of the fish caught in Area 13 were between about 120 and 150 cm in length. The most prominent mode was centered at about 140 cm.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, based on logged catches, in the entire CYRA for each year of the 1982–1987 period are shown in Figure 12. The

preliminary estimate of the average weight for 1987, 22.0 pounds (10.0 kg) is less than the average weights for 1985 and 1986, but it exceeds those of 1982–1984.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught by 2-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean between the CYRA boundary and 150°W for each year of the 1982–1987 period are shown in Figure 13. In 1987 most of the catch ranged from about 70 to 160 cm. Only about 3.8 percent of the catch, by weight, consisted of fish less than 100 cm in length. The average weight for 1987, 83.1 pounds (37.7 kg), is the greatest ever recorded for this area.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught by 1-cm intervals, based on logged catches, for selected market measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1987 are shown in Figure 14. Areas 2 and 4 and Areas 7 and 13 have been combined, and Area 8 and the area between the CYRA boundary and 150°W are not shown because only small amounts of skipjack were caught in these areas, and, consequently, few length-frequency samples were taken there. In Area 1 most of the fish caught were between about 35 and 65 cm. There are two prominent modes, one at about 43 cm and the other at about 55 cm. For Areas 2 and 4 combined the fish caught ranged from about 35 to 65 cm. In Area 5 most of the fish caught were between about 40 and 70 cm in length. These fish, and those of Areas 6 and 7 plus 13, were distinctly larger than those of Areas 1 and 2 plus 4. In Area 6 most of the fish caught were between about 35 and 70 cm. There is a prominent mode at approximately 60 cm and a less distinct one at about 45 cm. For Areas 7 and 13 combined most of the catch was between about 40 and 75 cm. The most prominent mode occurs at 64 cm.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught by 1-cm intervals, based on logged catches, in the eastern Pacific Ocean for each year of the 1982–1987 period are shown in Figure 15. The preliminary estimate of the average weight for 1987, 7.1 pounds (3.2 kg) is less than the average weights for 1985 and 1986, but greater than those for 1982–1984.

Northern bluefin are caught off California and Baja California from about 23°N to 35°N. Most of the catch is taken during May through October. Histograms showing the estimated tons of bluefin caught by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean for each year of the 1982–1987 period are shown in Figure 16. The 1987 size distribution is similar to those of 1985 and 1986 in that the bulk of the catch consisted of fish between about 70 and 90 cm in length.

The surface catch of bigeye is incidental to that of yellowfin and skipjack and the total catch (Table 1) and, therefore, the number of length-frequency samples was much less than those for yellowfin and skipjack. Accurate estimates of the weight of bigeye in the sampling units is often lacking; therefore individual samples have not been weighted by the estimated numbers of fish in the units sampled. Histograms showing the estimated tons of surface-caught bigeye by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean for each year of the 1982–1987 period are shown in Figure 17. The preliminary estimate of the 1987 bigeye catch is 828 tons, which is the lowest since 1969, and only 13 length-frequency samples were collected.

Length-frequency data for black skipjack caught during 1978–1987 are shown in Figure 18. There is considerable variability from year to year in the sizes of the fish.

Tagging

The following return of a tag from a yellowfin tagged and released in 1981 was received during 1987:

Release			Recapture			Days free	Net distance (nm)
Date	Location	Length	Date	Location	Length		
May 11, 1981	10°17'N- 109°12'W	55 cm	May 14, 1987	6°53'N- 81°11'W	163.8 cm	2,194	1,638

At that time it was the greatest time at liberty recorded for a yellowfin. The record was quickly broken, however, by a yellowfin tagged and released by the South Pacific Commission on August 11, 1980, and recaptured on August 14, 1987, after 2,558 days at liberty.

The tagging program described in the IATTC Annual Report for 1986, for which large yellowfin captured by long-range sport-fishing vessels are tagged and injected with tetracycline, was extended into 1987. An additional vessel, the *Polaris Supreme*, has joined the *Royal Star*, *Royal Polaris*, and *Qualifier 105* as a participant in the program. Three yellowfin, with estimated weights of 120, 160 and 170 pounds (54, 73, and 77 kg), were tagged in 1987. Tagging aboard sport-fishing vessels will continue on an opportunistic basis until a sufficient number of otoliths from previously tagged and injected fish has been obtained.

Morphometrics of yellowfin

It is important for assessment purposes to know if the population in question consists of one or more than one stock and, if the latter is the case, the distribution of the various stocks in space and time. Morphological characters, that is, measurements which describe body form, provide information useful for description of and differentiation among fish stocks. Multivariate statistical analysis of morphometric characters for investigating geographic and temporal variation can provide data complementary to those obtained from life history, physiological, and biochemical studies.

During 1987 analyses have been carried out on the yellowfin morphometric data which were collected during 1974–1976 from freshly-killed fish in the eastern Pacific. In that data base there is heterogeneity in size among the samples, even though the experimental design called for sampling over a fairly restricted size range. Since heterogeneity in size among samples will result in heterogeneity in shape, differences in shape can be the spurious result of size variation. Thus it is necessary to perform a transformation to separate size and shape variation, so the comparative analysis of samples is in terms of shape variates free from the effects of size.

Although several univariate transformations have been proposed for removing size-induced bias from morphometric data, allometric adjustment to a standard size is preferred because it makes possible complete removal of the effects of size variation. Size heterogeneity was tested by a single analysis of variance design on the raw measurements, with the geographical regions of northern (15°–25°N), central (5°–15°N), and southern (5°S–5°N) treated as the grouping criterion. Significant heterogeneity ($P < 0.001$) was noted in the mean size for all morphometric variables across the regions. Therefore, so the shape variates from the data would not be artificially heterogeneous, the analysis proceeded toward allometric adjustment to a standard size. The allometric coefficients for these data derived for the northern, central, and southern regions are given separately in Table 13. All the variables were positively correlated with the total length (TL), which indicates that size variation would be a serious problem. Furthermore, since absolute size is reasonably construed as a univariate phenomenon, and the number of dependent variables is small, the univariate allometric method of transformation using TL as a standard size variable for adjustment is reasonable. Analysis of covariance was used to test for differences in the coefficients among the regions. There was a significant difference ($P < 0.0005$) among allometric coefficients for the three regions for each of the seven relationships listed in Table 13. In order to use the total variance-covariance matrix of the pooled sample it was thus necessary to calculate the common within-groups slope or coefficient to be used to adjust for size. It should be noted that the regression coefficients for the southern area tend to indicate a faster relative growth of the respective morphometric characters and show differences in these characters from the other two regions at any given standard length. Also, although the coefficients of allometry (β_1) in Table 13 are close to 1.0, which would indicate isometry, they are all significantly different from 1.0, and this small degree of allometry in the data must be adjusted for in the transformation of the data.

The edited raw data were transformed to logarithms and the individual measurements were adjusted to those expected for a mean TL of 639 mm by allometric formulae in which the common within-groups allometric coefficients were used for each of the morphometric measurements. The transformed data were then subjected to a principal components analysis (PCA) operating on the total variance-covariance matrix. PCA is a multivariate technique useful for examining relationships among several variables such as linear measurements. The PCA successfully provided an overall view of the data. The calculated eigenvalues indicate that the first two or three components provide a good summary of the data. The first, first two, and first three components explain 58, 71, and 81 percent of the total sample variance, respectively. The first component is a measure of overall shape. The first eigenvector has high positive values for all seven variables, and thus the first principal component appears to be essentially an average of these variables. However, SAF, SSD, and FDFAF, in that order, appear to have the greatest discriminatory powers. (The measurements are described in Table 13.) The second principal component appears to be a contrast of the SFD, SSD, and HL, and FDSD, FDFAF, and SDAF. The interpretation of the third component is not obvious.

Cluster analyses have been performed on the adjusted data to assign the fish to groups on a geographical basis as suggested by the data, rather than doing so on an *a priori* basis. Eleven different methods of the agglomerative hierarchical clustering procedure were applied to the data. The number of population clusters for each clustering method was assessed, using three criteria which have been found to perform best: a pseudo F statistic, a pseudo t^2 statistic, and the cubic clustering criteria. Since each of the clustering methods is biased to some extent (but in different ways), a consensus of the results of the 11 methods with respect to the number of clusters and the composition within clusters was utilized. In summary, seven of the clustering methods indicate two clusters, one indicates three, two indicate four, and one indicates five. There is some agreement of the composition of the clusters at the two-cluster level, with a north-south dimension. The cluster which forms the northern component contains mainly samples from north of 18°N, and that which forms the southern component contains primarily samples from south of 18°N.

Forward stepwise discriminant analyses were used to classify individual fish into groups, employing the jackknife-validation procedure. The results from the cluster analyses indicating geographical groups were used as the grouping identification variables in the discriminant analyses. A cross-validation procedure was employed in which the observations within a group can be randomly subdivided into two separate groups; then the classification function is estimated from the first group, and the second group is classified according to the function. The proportion of correct classification for fish from the second group provides an empirical measure of the success of the discrimination. The results of the stepwise discriminant analyses are given in Table 14. The percent-correct classification for the data without any subsampling for cross validation was a total of 76.7 percent, with 72.0 percent for the northern group and 78.7 percent for the southern group. The discriminant function analysis revealed that six of the seven morphometric characters investigated contributed significantly to the multivariate discrimination between the northern and southern groups of fish. These were, in order of importance, SDAF, SFD, FDSD, SAF, FDFAF, and HL. The F value computed from the Mahalanobis D^2 statistic testing for equality of group means showed a significant difference between the northern and southern groups ($F_{0.05,(6,2467)} = 153.87, P < 0.0005$).

In order to evaluate possible annual variation, two-way analyses of variance (ANOVAs) were conducted for each character with area (north and south) and year (1974, 1975, and 1976) as the grouping variables. These two-way ANOVAs indicated that the morphometric characters, adjusted for size independence, exhibited significant variation between areas ($P < 0.001$) and significant annual variation within areas ($P < 0.001$). In addition, significant interactions between area and year were found for each of the morphometric characters ($P < 0.001$). Newman-Keuls multiple range tests for area and year indicate that there was a significant difference for each of the seven morphometric characters between areas for each of the years. The significant difference among years is attributed

to a difference in the northern area for each of the morphometric characters, with 1975 being different than 1974 and 1976. This was also the source of the significant interaction between area and year. There was no significant difference among years in the southern area.

Otolith studies

Eastern Pacific yellowfin

In 1976 the Commission staff initiated a tagging and tetracycline injection experiment on yellowfin and skipjack tunas to determine whether the microscopic increments on their otoliths could be used to estimate their ages. If the otoliths are to be suitable as an ageing structure, the rate at which increments are being deposited on them must show a consistent and quantifiable relationship to time. Since the tetracycline mark appears in the otoliths of these species within a day of injection, the desired relationship can be measured by counting the number of increments between the mark and the actively growing edge of the otolith and comparing it with the elapsed time between injection and recapture.

The results showed that for yellowfin 40 to 110 cm in length (tip of snout to fork of tail) increments were deposited daily at the anterior and posterior edges of their otoliths. Based on the present understanding of the rate of increment formation during early growth in other species, it is believed unlikely that the deposition rate in yellowfin is other than daily during growth up to 40 cm.

There is evidence to support a daily rate of increment formation for fish 110 to 180 cm in length, but it is circumstantial. Consequently, three additional experiments with larger fish were initiated during 1980 and 1981 to explore the deposition rate for fish greater than 110 cm in length.

It is possible that as the size of yellowfin increases the rate of increment formation may depart from the expected value of one per day. Using the data from the 1980–1981 experiments and a simple linear model, this hypothesis was tested by regressing increment (I) counts on both days at liberty (d) and the recaptured length of the fish. For each sex the relationship between I and d was independent of length. Covariance analysis also indicated that the slopes and elevations of the regressions of I on d for each sex did not differ significantly. Consequently, the data for males, females, and fish of indeterminate sex were pooled to generate the equation:

$$I = -2.78 + 1.01d \quad (n = 74)$$

The standard error (0.005) of the regression coefficient is quite small, and the deposition rate of 1.01 increments per day is significantly greater than 1, i.e., $t_{0.05(72)} = 2.92^*$. However, the practical consequence of assuming that each increment was equivalent to 1 day would introduce only a negligible error (1.4 percent) in age estimates. As a result of these experiments, the maximum length for which it is reasonable to assume daily deposition has been extended from 110 to 148 cm.

In analysis of tagging experiments, the growth rate of a fish can be estimated directly by dividing the difference between the length at recapture (l_2) and length at release (l_1) by the elapsed time, i.e., $(l_2 - l_1)/d = \Delta l/d$. The difficulty with this relationship is that it may involve two standards of measurement: live fish for l_1 and usually frozen or frozen and thawed fish for l_2 . The difficulties in handling live fish can cause errors or biases in the l_1 values, and shrinkage and/or stretching and handling can do the same to the values of l_2 . These conditions can lead to erroneous or biased values of Δl . (If the errors or biases are sufficiently large some of the values for Δl can even be negative. If the data for these fish were eliminated a bias would be introduced, since errors or biases in the opposite direction cannot be detected.) The net result is that the variance of growth rates based on tagging (G_i) may be too large, and this would be particularly noticeable in fish which had been at liberty for short periods of time. Under certain conditions, however, it is possible to obtain a more realistic measure of this variance.

An independent estimate of the growth in length, G_i , can be obtained from yellowfin which have been injected with tetracycline in addition to being tagged. By using the distance from the

otolith primordium, or point of original growth, to the mark, and from the mark to the edge of the otolith, the lengths at tagging and at recapture can be estimated from a growth curve relating the otolith length to the length of the fish. For each fish, the corresponding values of otolith growth rate (G_o) and G_i can be estimated from these measurements. The benefits of estimating growth rates of the fish by this procedure are: (1) errors associated with measuring live fish are avoided, (2) the values of G_i are based on a consistent standard of measurement (frozen and thawed fish) via the otolith length-fish length relationship, and (3) all values of G_i are obliged to positive because G_o cannot be negative. Under these conditions, the variance of G_i should be smaller and more reliable than the corresponding variance of G_t prepared from tagging data. This statement is supported by comparisons derived from the 1976 and 1980–1981 experiments listed in Table 15. Negative values of G_t are not included in this table.

Eastern Pacific skipjack

In contrast to the daily deposition rate of increments in yellowfin, the 1976 experiment showed that skipjack deposited, on the average, only 0.76 I/d . Originally it was thought that this departure from what was expected may have been due to the onset of maturity of the females, and to explore this possibility further the sexes of the fish recovered from the 1980–1981 experiments were identified by gross examination of their gonads. A preliminary analysis indicates that the deposition rates for the sexes are similar and still less than 1 I/d , *i.e.*, males: 0.73 I/d ($n = 14$); females: 0.70 I/d ($n = 23$). These rates are based on the maximum increment count obtained from three different counting positions. Initially, the counts were made on the distal surfaces of the anterior otolith projections, as in the 1976 experiment. Subsequently counts were also obtained from the distal surface of projections in the ventral-anterior quadrant, and from both surfaces of the centrally-located posterior projections. Frequently, the counts from these three positions did not agree, and the possibility exists that some increments may be too small to discern with a light microscope (1200x). Otolith sections are therefore being prepared for examination at increased levels of magnification, using a scanning electron microscope.

Eastern Atlantic yellowfin

The experience gained in identifying and counting increments in the above experiments was applied to a small sample of otoliths from eastern Atlantic yellowfin. The fish were injected and recaptured during 1979–1983, and their otoliths were sent to the Commission by the Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, Ivory Coast. The number of increments from the mark to the otolith edge could be counted reliably on only five fish. In the relationship between increments and time, *i.e.*,

$$I = -6.95 + 1.05d \quad (n = 5)$$

The coefficient $1.05 (\pm 0.15)$ does not differ significantly from 1.0. Therefore, yellowfin in the eastern Atlantic may also deposit increments daily, or at least the sample size is too small to reject this hypothesis. This result is encouraging, despite the small sample size.

Reproductive biology of yellowfin

Knowledge of the reproductive biology of yellowfin tuna is important for understanding of the population dynamics of this species. Various aspects of the reproductive biology of yellowfin, including locations and times of spawning, size and age at maturity, and spawning frequency, are still not well understood. There is also a need to determine whether there is diversity with respect to reproductive characteristics of fish in different parts of the eastern Pacific. Research on yellowfin reproductive biology should contribute to an understanding of the link between spawning and recruitment and make it possible to evaluate the effect of fishing on the reproductive potential of the population.

In September 1987 a large-scale sampling program designed to obtain gonads (both ovaries and testes) from yellowfin at sea was initiated. This program is being conducted to obtain information on age-specific reproductive characteristics of yellowfin throughout the eastern Pacific. Scientific technicians of the IATTC who are placed aboard purse seiners to collect data on dolphins will also be collecting gonad samples for at least 2 years. Sampling at sea is necessary for histological analysis of yellowfin gonads because the tissue must be put into a fixative before the fish is frozen. This program is designed to obtain samples from males and females by length class-month-area strata. The length classes range from 50–150 cm in 10-cm intervals. The area strata include north of 20°N, 10°N–20°N, 0°–10°N, and south of 0°. The cooperation of managing owners and captains of purse-seine vessels is critical to the success of this program, and so far it has been excellent.

Because it is expected that only small numbers of samples from fish caught in the northern area of the eastern Pacific will be obtained from the at-sea sampling, gonad samples from fish captured north of 17°N will be collected from fish at the time of unloading or processing in Ensenada, Mexico, and Terminal Island, California. These will be used only for determining the fecundity and the time of the year that spawning occurs.

On May 3–7, 1987, samples of ovaries were collected at Clipperton Island at various times of the day and night from 23 yellowfin ranging in length from 88 to 122 cm. The histological analysis has been completed for the ovaries of these fish. The objectives of this sampling and analysis were to provide confirmation of the results of the analysis of the material collected during the 1986 sampling at Clipperton Island (IATTC Annual Report for 1986: 25) and to furnish additional information with regard to defining the spawning time of yellowfin and the rates of absorption of the postovulatory follicles.

Spawning apparently occurs between 8:00 p.m. and midnight. This estimate is based upon the fact that ovaries collected in 1987 between 3:00 p.m. and 7:00 p.m. were in the early to late migratory nucleus stage (which precedes spawning) and the fact that females collected between 10:30 p.m. and 3:30 a.m. had postovulatory follicles classified as only a few hours old. Although the time between the migratory nucleus stage and actual spawning, as well as the ageing of the postovulatory follicles, is probably realistic, laboratory studies with captive yellowfin should be conducted in the future to validate the interpretation of these histological structures from wild fish.

Direct evidence of daily spawning in yellowfin, as reported in the IATTC Annual Report for 1986, was provided again from the samples collected in 1987. Each of the six fish collected between 3:00 p.m. and 7:00 p.m. which had oocytes in the early to late migratory nucleus stage also had postovulatory follicles present (Figure 19). Assuming that the postovulatory follicles are not detectable for more than 24 hours in yellowfin, this evidence indicates that spawning occurred within the past 24 hours and would occur again within several hours. An estimate of the frequency of spawning for yellowfin during the five days of sampling at Clipperton Island was derived from the incidence of females with postovulatory follicles. Eighteen of the twenty-three fish had postovulatory follicles in various stages of degeneration that were detected in the histological analysis. Thus, about 78 percent of the females had spawned within the past 24 hours. This indicates the mean interval between spawnings was about 1.3 days for this sample, which means that spawning occurred nearly every day. This result is essentially identical to the estimate of the frequency of spawning for the samples collected during 1986.

Modeling

The period between spawning and recruitment of young fish into the fishery is an important part of the life cycle because of the high and greatly-variable mortalities which occur during this period. There is considerable knowledge of the development, habitat, position in the food web, etc., for some species during this period, but the factors affecting survival are not well understood for any species. Each adult female yellowfin tuna produces hundreds of thousands of eggs each year. On the

average, however, if there is a 1:1 ratio of sexes produced, only 2 of all the eggs produced in a lifetime will survive to maturity, and perhaps only about 5 or 10 will survive to recruitment into the fishery. It is difficult to monitor the changes in the abundance of larval and juvenile fishes of any species directly by sampling in the ocean, and to do this for yellowfin over its entire range would be totally impracticable. Therefore fisheries scientists try to find statistical relationships between recruits and the spawners which produced them. These efforts are not usually very successful, as the residual variance after the statistical model has been fitted is in most cases so large that the results cannot be used to predict recruitment. Instead the relative abundance of the recruits is estimated from fishery data, and the fishery is managed on that basis. This is how the IATTC staff uses cohort analyses to assess the condition of the yellowfin stock in the eastern Pacific and make recommendations for its management.

Density-dependent mechanisms must operate at some level of abundance for any species, so that at levels less than the natural carrying capacity a population must be more likely to increase than to decrease, and at levels greater than the natural carrying capacity the opposite must be the case. These mechanisms ameliorate an otherwise stochastic environment: when the population is reduced the chances of survival for each individual are improved, which reduces the probability that the population will become extinct; similarly, at high population levels the growth of the population is curtailed so that it is unlikely to increase further. Density dependence is usually most apparent in the fertility of the adults or the survival of the young. Adults may forego or reduce reproduction when the density is great, while the young tend to have fewer reserves to buffer them against the environment. When populations of animals are modeled mathematically it is often found that density dependence, particularly when associated with delays which are inherent in reproduction, can cause cycles in their abundance. This has been most clearly demonstrated for insect populations.

Fish populations, in most cases, are relatively stable because several year classes are important contributors to egg production. (Pacific salmon, however, spawn only once, and then die, and the populations of these are subject to wide fluctuations and persistent cycles.) It might be expected that, since the mortality rates of fish are generally high, the youngest age group of mature fish would contribute by far the greatest numbers of eggs, and when the abundance of that age group was especially low or especially high the production of eggs, and subsequently of recruits, would be reduced or increased. Fish, however, unlike most animals which have been studied, continue to grow after they reach maturity. Since the fecundity is approximately proportional to the weight of the fish, the older fish have much greater fecundities than the younger ones. If over several years the loss of individuals to a cohort roughly equals the gain in weight of the individuals which survive the production of eggs of that cohort remains roughly constant over that period. This results in more stable recruitment than would be the case if the fish ceased to grow after reaching maturity. The estimated biomasses of yellowfin of the various ages which are caught by the fishery are shown in Figure 32. Age-1, -2, and -3 fish contributed the greatest biomasses in 14, 5, and 2 cases, respectively, and age-4 and -5 fish are significant contributors in many years. Reproduction is thus not almost exclusively dependent on the abundance of a single age group, which might create instabilities, and the population is stable enough that any relationship between stock and recruitment is masked by other factors which are not yet understood.

If spawner-recruit studies are to be useful a long series of data on the total weights of spawners and the resulting numbers of recruits must first be assembled to obtain an understanding of density dependence. Then, after an adequate understanding of the spawner-recruit relationship has been obtained, the amount of recruitment can be predicted from the total weight of spawners, provided the relationship is not highly variable. It is necessary for spawner-recruit studies, of course, to have reasonably accurate estimates of the total weight of spawners and of the numbers of recruits produced. These can be obtained from catch-per-unit-of-effort data, provided catch per unit of effort provides a suitable measure of abundance and maturity occurs after recruitment. If, however, the

fish of the youngest age group are only partially recruited, and the portion recruited varies from year to year, the strength of a year class cannot be estimated reliably when it first appears in the catch. For most fisheries, including that for yellowfin, catch per unit of effort does not provide a reliable index of abundance, so cohort analysis is used instead. With this method the investigator guesses the abundance of one of the age groups of the older fish and then compares the numbers of that cohort which were caught in earlier periods, at earlier ages. The estimate is improved for each earlier year class as a function of the total fishing mortality which has been imposed upon the cohort in the interval between the two age estimates. Accordingly, if cohort analysis is to be useful for gauging the adult population the older age classes must continue to be subject to significant fishing pressure after they have ceased to be a significant part of the age-frequency distribution. This procedure provides more accurate estimates for the younger age groups, but only after those young fish have aged.

This delay imposed by the estimation procedure can make the relationship between stock and recruitment less useful for prediction. One could conceivably even have an estimate of the abundance of the recruited fish from cohort analysis before the same procedure could give a reliable estimate of the spawners which produced them.

Electrophoretic identification of early juvenile yellowfin tuna

A method of separation of early juvenile tunas by species on the basis of morphological or meristic characters has so far not been found for yellowfin and bigeye. Yellowfin and bigeye adults can be distinguished by the electrophoretic pattern of the muscle isozyme glycerol-3-phosphate dehydrogenase (alpha glycerol phosphate). Given the importance of the identification of early juveniles of these two species for early life history studies, it was logical to investigate electrophoretic techniques for this purpose. Accordingly, the IATTC staff began a cooperative project with scientists from the University of San Diego to address this problem.

Early juvenile tunas 10 to 21 mm in length were collected near Clipperton Island on May 8, 1986, between 9:00 p.m. and midnight, from the long-range sport-fishing boat *Royal Polaris*. The specimens were collected underneath floodlights at a depth of about 1 meter, using a long-handled, fine-mesh nylon dip net. Approximately 100 specimens were collected, most of which were quickly frozen in seawater. It was possible, based upon external characteristics of morphology and pigmentation, to identify the specimens as members of the yellowfin-bigeye complex.

Adult specimens of yellowfin and bigeye were collected by hook and line off southern and northern Baja California, Mexico, respectively. White muscle tissue samples (about 500 g) were removed from the freshly-caught specimens and quickly frozen.

In the laboratory the early juvenile specimens were thawed, measured to the nearest millimeter, and examined for caudal pigmentation pattern. The heads were removed and placed in 95-percent ethanol for otolith studies. The remaining body musculature for each individual was homogenized, centrifuged, and stored on ice for electrophoresis. Tissue from the adult yellowfin and bigeye was homogenized and centrifuged, and the supernatant was removed and stored on ice for electrophoresis.

Seventy-seven early juveniles, ranging in length from 10 to 21 mm, were processed. The glycerol-3-phosphate dehydrogenase activity was scored in 68 individuals. All the early juveniles which were scored displayed a muscle-type glycerol-3-phosphate dehydrogenase band of low-anodal mobility, identical to that of the yellowfin adults. No individuals with the adult bigeye band were encountered.

This study has provided a simple method for unambiguously identifying yellowfin larvae and early juveniles. With this technique it may be possible to find a morphological character which will allow rapid identification of early juveniles of these two species.

Achotines laboratory***Early life-history studies***

For many years fisheries scientists have believed that year-class strength is determined principally during the early life history (egg, larval, and juvenile) stages. Little is known about the early life histories of tunas, so the Achotines laboratory was established to study this aspect of their biology.

Achotines Bay is located on the southern tip of the Azuero Peninsula in the Los Santos Province of Panama. This location borders the tropical eastern Pacific Ocean at a point where tuna spawning is seasonally intense and where the 100-fathom (183-m) depth contour is as close as 6.5 nautical miles (12 km) from shore, thereby providing ready access to oceanic waters where juvenile yellowfin tuna are known to occur. Achotines Bay provides a sheltered anchorage for small vessels and access to clean ocean water with year-round temperatures between approximately 22° and 28°C (72° and 82°F).

Ten hectares (24.7 acres) of land were purchased in 1983, and the facility was gradually developed to the point described in the IATTC Annual Report for 1986. Further expansion was begun in 1987. The major additions included a second apartment block, new fuel storage tanks, a seawater reservoir tank, and a complete water recirculation system for the laboratory, including biofiltration to remove toxic metabolites from the water. The new semi-open water system is considered the best for holding marine fishes in aquaria, and will provide added control of key water quality parameters during future experiments.

The IATTC's research program at Achotines is based on a combination of laboratory and field studies. Laboratory experiments on tunas depend on holding delicate young tunas for lengthy periods in aquaria. To this end, most work carried out to date has concentrated on the development of methods for capturing, transferring, and maintaining live scombrids in captivity. Early juvenile scombrids are attracted to a bright underwater light at night (nightlighting) and collected by dipnet for live transfer to the laboratory. The success of nightlighting operations is seasonally variable due to weather conditions and spawning variability. The best sampling in 1987 took place in the fourth quarter. During the fourth quarter, about 135 scombrids were captured and held in shipboard transfer containers. Black skipjack, *Euthynnus lineatus*, were about twice as abundant in the samples as frigate or bullet tunas, *Auxis* sp., and *Auxis* sp. were about three times as numerous as yellowfin or bigeye, *Thunnus* sp., early juveniles. Sierra, *Scomberomorus sierra*, and a small billfish, probably sailfish, *Istiophorus platypterus*, were also collected. The occurrence of large numbers of early juvenile tunas off Achotines in the fourth quarter corresponds with previous observations that peak spawning typically begins in December off Central America and lasts at least through the first quarter of the following year.

The first recorded early juvenile yellowfin or bigeye to be captured in the waters off Achotines were taken near the 100-fathom isobath in 1987. Sixteen individuals were captured; the ones that could be measured ranged from 9 to 16 mm in standard length (Figure 20). There is no known way to separate these two species at this size using external or internal anatomical characteristics or skin pigmentation. *Thunnus* sp. are the most desirable tuna species for study from the point of view of the Tuna Commission, but these have been rare in nearshore samples.

The survival of specimens from the time of capture by nightlighting until the fish are well established in laboratory aquaria has improved during 1987. This is likely due to improved transfer procedures at sea. Aeration and a new polymer substance called PVP are now being used routinely in conjunction with large plastic bags for fish transfer. PVP is used in human surgery for bathing the organs to reduce electrolyte loss from damaged tissues. It is now being used by fish culturists to help maintain the mucous covering on the skin during handling, which aids in osmoregulation. Mortality of captive fish at Achotines is caused by damage from contact with the tank walls, starvation when

they refuse to feed, cannibalism, and predation by crab megalops larvae which are sometimes inadvertently caught with the scombrids in dipnets.

The Commission's research program at Achotines is designed to provide simultaneously specimens for laboratory rearing efforts and *in situ* studies of growth, starvation, and feeding ecology. The individuals that die in the process of capture and transfer are preserved by different methods for subsequent analysis. Some specimens are placed in buffered ethyl alcohol to preserve their otoliths for studies of growth. The stomach contents of these specimens will also be examined. Other specimens are preserved in Bouin's fixative for histological analysis of tissue degradation indicative of malnourishment and impending starvation. Also, the stomachs of piscivorous fishes caught in the area are being collected to examine for indications of scombrid predation.

The research program is presently being amplified in keeping with a commitment to conduct mutually supportive studies of early life histories of tunas by a combination of laboratory and field studies. Preparations are being made for ichthyoplankton sampling with towed nets in conjunction with oceanographic studies of the physical environment. Oceanographic equipment, including a conductivity, temperature, depth, and oxygen profiling system, is being prepared for long-term, systematic monitoring of key environmental variables which may influence the growth and survival of larval and juvenile tunas. A pilot program is being designed to define the time and space scales of environmental variation in the waters off the Azuero Peninsula and extending into the Gulf of Panama. The pilot program will provide a data base to specify the optimum frequency, extent, and pattern of observations for long-term monitoring of ocean variation. Concurrent sampling of the physical environment and scombrid larvae with bongo nets will supply data on the seasonality of spawning in the region and the relationships between oceanographic and meteorological variability and the occurrence, growth, food variability, and mortality of tuna early life history stages.

Snapper resource studies

The IATTC staff is conducting a cooperative project with scientists from Panama's Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) to study some commercially-important coastal fishes in the Los Santos Province of Panama. The purpose of the project is to provide some fundamental information on the biology and potential catches of these species. Recent industrialization, principally through improved processing and export of catches, and the possible entry of larger commercial vessels into the fishery make estimates of the potential yields desirable. A sampling program was implemented in 1986 with the objective to survey and assess the resources of snappers, family Lutjanidae, and other coastal fishes. Catch, effort, length, and weight data are being collected daily by a DGRM biologist. These basic data will provide information on species composition, size composition, condition factors, catch *versus* effort using alternative gear configurations, and seasonal variability of the above. The fishery lands primarily *Lutjanus jordani*. Other species caught in smaller quantities include *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. novemfasciatus*, *Hoplopagrus guntheri*, *Rabirubia inermis*, and *Epinephelus* sp.

OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY

Yellowfin recruitment

The degree of mixing in the upper layers of the ocean is proportional to the cube of the wind speed, called the wind-mixing index (WMI). The degree of mixing in the spawning areas of yellowfin and skipjack caught in the eastern Pacific Ocean may affect the concentration of organisms eaten by the tuna larvae, affecting their survival, and ultimately the recruitment to the fishery. Skipjack recruitment in the eastern Pacific has been found to be significantly and inversely correlated with

the WMI in the skipjack spawning areas of the central Pacific 18 months earlier. Yellowfin recruitment in the eastern Pacific could also be correlated with the WMI during the spawning period.

Yellowfin larvae are found across the entire Pacific in waters where the surface temperatures are 26°C and above. Data on the distribution of yellowfin larvae in a Japanese publication show that, in the Pacific Ocean east of 120°W, virtually none are found south of the equator. The following concentrations of yellowfin larvae, in numbers captured per 1,000 cubic meters of water filtered, were calculated for five areas of the Pacific from data in the same publication:

between the equator and 30°N from 80°W to 120°W	0.012
between 20°S and 30°N	
from 120°W to 150°W	0.031
from 150°W to 180°	0.036
from 180° to 150°E	0.122
from 150°E to 120°E	0.204

Assuming that the yellowfin caught in the eastern Pacific fishery are spawned north of the equator and east of 120°W, the estimated number of yellowfin recruits may be tested for correlation with the WMI in this area at the estimated time of spawning. Yellowfin recruits during the first quarter that they enter the fishery are estimated to weigh 4.0 pounds (1.8 kg) (IATTC Annual Report for 1985, page 66). The age at this weight is about ¾ yr. The estimated recruitment of yellowfin in their first quarter in the fishery for the X and Y cohorts for the 1967–1985 period is given in the IATTC Annual Report for 1985, Table 11. Fish of the X cohort are recruited into the fishery during the first quarter of the year, and those of the Y cohort during the third quarter. Because the recruits are approximately ¾ yr old, the numbers can be tested against the WMI three quarters earlier, at the time they are estimated to have been spawned.

Mean quarterly values of the WMI for the entire yellowfin spawning area north of the equator and east of 120°W have not been calculated. They are available, however, for nine 5-degree skipjack areas in the central part of the skipjack fishery between 5°N and 15°N. This area comprises about half of the yellowfin spawning area, and the values of the WMI for the nine 5-degree skipjack areas are judged to be representative of the yellowfin spawning area. The correlations between these WMI values and the recruitment of yellowfin were calculated, with the following results: X-cohort yellowfin recruits in the first quarter and WMI in the second quarter of the previous year, $r_s = 0.498$ ($P < 0.05$) and $r = 0.336$ (not significant); Y-cohort yellowfin recruits in the third quarter and WMI in the fourth quarter of the previous year, $r_s = 0.173$ (not significant) and $r = 0.032$ (not significant); sum of X-and Y-cohort recruits and mean WMI, $r_s = 0.324$ (not significant) and $r = 0.265$ (not significant). All of the correlation coefficients are positive, including the one significant one, while negative coefficients were expected because of the inverse correlations of skipjack recruits and the WMIs. There is no indication, therefore, that the wind-mixing index in the yellowfin spawning area has a consistent effect on recruitment of yellowfin.

Another El Niño in the CYRA

For more than a quarter of a century the IATTC staff has monitored sea-surface temperatures (SSTs) and other oceanographic and meteorological data to assist in assessment of the condition of the various stocks of tunas in the eastern Pacific Ocean. El Niño events, characterized by above-normal SSTs, above-normal sea levels, deeper-than-normal thermoclines, modification in the strengths of the surface winds and ocean currents, and decreases in the nutrient content of the upper layer of the ocean, have been of particular interest because of their apparent adverse effects on the tuna fishery, especially off Central and South America. During the 1960s there were no significant El

Niño developments, except in 1969, in the eastern tropical Pacific (ETP). This was a period of rapid expansion of the purse-seine fleet. Since 1969 there have been five El Niño events which have had impacts on the tuna fishery of the tropical Pacific. This compares with the 1920s and 1930s, when there were six consecutive years, 1925–1930, when the SSTs in the ETP were markedly above normal. The most extensive and intense El Niño of this century, that of 1982–1983, greatly disrupted tuna fishing in the ETP in those years, and less than 5 years after that another El Niño event developed off the coast of South America during the austral (southern hemisphere) summer of 1986–1987. During the austral summers of 1975–1976 and 1985–1986 incipient El Niño conditions set in off the coasts of Ecuador and Peru, but the SSTs returned to normal before the following austral winters of 1976 and 1986 began. In both of these cases an El Niño of moderate intensity began again during the following austral summer and remained for about a year. If the atmospheric and oceanic circulations in the tropical Pacific become and remain abnormal for 6 months or more an El Niño will usually intensify and persist. If the ocean-atmosphere circulations return toward normal by midyear, however, as occurred during 1976 and 1986, the El Niño does not develop until later, if the SSTs are above normal at that time.

An El Niño of weak to moderate intensity developed slowly in the ETP during the fourth quarter of 1986. During the first quarter of 1987 the SSTs were only 1° to 3°C above normal along the equator and offshore from the coasts of Ecuador and Peru. During the second quarter the El Niño reached maximum intensity. The extent of the warm water during April 1987 is shown in Figure 21. The anomaly pattern of SSTs (departures of monthly mean SSTs from long-term mean SSTs) in Figure 21 is characteristic of other months in 1987, except that the greatest anomalies occurred during the second quarter. These were found off the coasts of Ecuador and Peru and along the equator east of 130°W. Manta, Ecuador, which had had below-normal SSTs from mid-1984 through late 1986, began experiencing above-normal SSTs in January 1987 (Figure 22). The greatest anomaly was reached in April 1987. After April the SSTs at Manta and other coastal stations of Ecuador and Peru began to return slowly to normal. By the end of the second quarter the warm water associated with the El Niño had not extended northward beyond 10°N.

In the third quarter of 1987 most of the water with SSTs more than 1°C above normal was confined to the ETP south of 10°N and east of 90°W. In the area north of 10°N the SSTs were below normal due to the high frequency of tropical storms, accompanied by strong winds and heavy cloud cover. At the beginning of the fourth quarter the tropical storm activity ended, and the SSTs north of 10°N warmed up rapidly as a result of local heating and light wind conditions. During the transition period between summer and winter monsoon wind circulations strong surface heating of the ocean surface usually occurs in the northern part of the CYRA. This heating off the coasts of Mexico and Central America was not indicative of a northward expansion of the El Niño during the fourth quarter of 1987. As the year ended the abnormal oceanic and atmospheric conditions which caused the El Niño to develop during the austral summer of 1986–1987 were returning to normal. The SSTs had been 1° to 2°C above normal during most of 1987 over a large part of the tropics south of 5°N, however, and as a result of seasonal heating the large tropical region of warmer-than-normal SSTs remained even though the El Niño had weakened.

Data on SST anomalies for the coast of Ecuador and on thermocline depths obtained from vertical temperature profiles collected aboard commercial ships in the area east of 100°W between 5°N and 5°S are shown in Figure 23. The SST data indicate that the El Niño had not set in along the coast until the end of 1986, even though a warming trend began and then disappeared during the 1985–1986 austral summer. Early in 1986 the thermocline began to deepen, but it rose again during the southern winter. After September 1986 and during all of 1987, however, the thermocline was deeper than normal. The deepening thermocline was confirmed also from preliminary results based on bathythermograph data recorded during several summer and fall dolphin survey cruises in 1986 and 1987. During these cruises the thermocline was located, on an average, more than 20 meters (66

feet) below the normal depth for the equatorial area between 2°S and 5°N, east of 130°W, and also along the coast of Ecuador (personal communications from D. W. Behringer, Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory, U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration, Miami, Florida).

In July 1986, before the thermocline began to deepen, the sea level started to rise. In Figure 24A are shown data on the sea-level anomalies (departures from the normal mean sea level) based on data averaged for three coastal stations from Colombia to northern Peru. After June 1986 the sea level along the west coast of South America remained above normal except for a brief interval in December 1986 when it was slightly below normal. By February 1987 the sea level had risen to 10 cm (4 inches) above normal. Thereafter, it slowly lowered, reaching normal by the end of 1987. In May 1987, 3 months after the sea level reached its maximum, the SSTs reached their peak of 3°C above normal, and then leveled off at about 1° to 2°C above normal through the end of the year (Figure 24A).

As an El Niño develops there is a decrease in the strength of the easterly trade winds across the South Pacific, especially off the coast of South America south of 15°S. This results in weaker-than-normal wind mixing, which is needed to maintain strong upwelling in the coastal part of the Peru Current. A weakening of the wind circulation in the South Pacific is related to large-scale changes in the atmospheric circulations which are usually represented by the Southern Oscillation Index (SOI), indicated as a difference in sea-level pressures between Darwin, Australia, and an average of Easter Island and Tahiti. The differences for individual years or months are compared to long-term mean pressure differences to calculate anomalies of the SOI. Negative anomalies represent weaker-than-normal surface winds and lower surface pressures in the ETP south of the equator, and positive anomalies represent the reverse. Data on the variations in the SOI for 1986 and 1987 are given in Figure 24B. During most of 1986 the SOI oscillated about the zero line, but after October it became negative and remained so until November 1987. Thus by the end of 1987 the lowering of the sea level along the coast of South America and the trend of the SOI to move back toward normal suggested the El Niño was weakening in the ETP. However, the SSTs were still above normal and the thermocline remained deeper than normal (Figure 23). This indicates that residual effects of the El Niño will remain through the austral summer of 1987–1988.

This El Niño is not expected to regenerate after the end of the austral summer of 1987–1988.

El Niño and low catch rates

Significant El Niño events occur in the ETP every 4 to 6 years, on an average. The intensity and extent of these events differ markedly, however. Tunas apparently react to El Niño events by moving away from the area or deeper into the mixed layer, possibly in search of food, and thereby become less available or vulnerable to capture by purse seiners.

The El Niño of 1986–1987, described in the previous section, was of moderate intensity, but its effect on the ocean environment in the ETP was not widespread. It was restricted during most of 1986–1987 to the ETP south of 5°N, where the catches per unit of effort (CPUEs) were very poor during 1986 and 1987, especially in the coastal area off Ecuador and northern Peru. In contrast, fishing was quite successful during those two years in the ETP north of 5°N, where the effects of the El Niño appear to have been minimal. One of the regions most often affected by El Niño events is the heavily-fished area outside the Gulf of Guayaquil, bounded by the equator, 5°S, 85°W, and the coasts of Ecuador and Peru. During 1986 and 1987 the catches of skipjack and yellowfin were generally below the mean annual catch for the same area between 1965 and 1984. (It should be pointed out, however, that there has been a downward trend in the catches of these two species during the 1961–1984 period.)

Data on the fishing effort and CPUEs for skipjack and yellowfin for 1986 and 1987 and for 1965–1984 for the 5-degree area described above are presented in Figure 25. Throughout 1986 the fishing effort (Figure 25A) was less than the 1965–1984 mean. In 1987 the fishing effort was below the

1965–1984 mean during the first half of the year, and so low during February–May that the CPUE data for these months are probably meaningless. The effort increased sharply during the third quarter as fishing improved. During the fourth quarter of 1987 the fishing effort decreased again as the El Niño persisted and the austral summer arrived. The CPUEs for skipjack in 1986, except for that of December, were well below the 1965–1984 mean (Figure 25B). During January 1987 the CPUE for skipjack was less than in 1986. In August 1987 the CPUE exceeded 5 tons of skipjack per day's fishing, but the CPUEs were below the 1965–1984 mean for the other months. The CPUEs for yellowfin (Figure 25C) were low for January of both years. In June, as the effort increased, the fishermen began catching more yellowfin, as indicated by the sharp increase in CPUEs from June to August of 1986 and June to July of 1987. Yellowfin apparently moved into the coastal area or became more vulnerable to the fishery in mid–1986 before the El Niño began and again during mid–1987 when the El Niño was beginning to weaken. High CPUEs of yellowfin southeast of the Galapagos Islands were also reported at this time. During the fourth quarters of 1986 and 1987 the CPUEs for yellowfin fell below the 1965–1984 mean values again. The average annual catch of yellowfin and skipjack south of 5°N during 1986 and 1987 was 26.4 percent less than the average annual catch south of 5°N during 1982–1983, which corresponded to the most intense El Niño of this century. It is difficult to understand the prolonged period of very poor tuna catches during 1986 and 1987 south of 5°N. It is possible, however, that after 1985 weak surface winds and ocean circulation in the ETP and reduced upwelling may have caused less-than-normal amounts of nutrient enrichment, and subsequently decreased food production.

TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS

The Commission's responsibilities include investigation of the problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean, as described on page 7.

Data collection

The IATTC staff places scientific technicians aboard purse seiners of cooperating nations which fish for tunas associated with dolphins in the eastern Pacific Ocean. The technicians collect data on incidental dolphin mortality, marine mammal abundance, and fishing effort. The IATTC staff attempts to obtain a representative sample of all fishing trips so as to minimize the variances of the estimates of dolphin abundance and mortality. Purse seiners flying the flags of Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Mexico, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela carried IATTC technicians in 1987. United States vessels also carried observers from the U.S. dolphin program conducted by the National Marine Fisheries Service (NMFS).

For the international fleet the sample coverage of departures during 1987 by the two programs was about 42 percent. The estimated sample coverage of 1987 fleet trips with dolphin sets, including trips which began in 1986 and carried over into 1987 and those which began in 1987 and carried over into 1988, was about 48 percent. The coverage of international fleet trips with dolphin sets and tons of tunas caught in dolphin sets during 1987 is summarized in Table 16. The two programs sampled a total of 214 trips during the year, 134 by the IATTC and 80 by the NMFS. This total sample represents a 77-percent increase over the 1986 sample (121 trips), due mainly to heavy sampling of the U.S. fleet during 1987.

In 1987, as in 1986, the selection of trips on which sampling was to take place was different for U.S. and non-U.S. vessels. At the beginning of the year the NMFS initiated a 100-percent first-trip sampling program for U.S. vessels, with a planned 50-percent sampling program to go into effect after the first fishing trips. This was done to obtain data to test the methodology of dolphin mortality estimation and sampling designs and to evaluate better the performance of individual vessel captains. All first-trip sampling was to be carried out by the NMFS, with the NMFS and IATTC

equally sharing the 50-percent coverage to be initiated after the vessels' first trips. In February, however, the NMFS extended the 100-percent sampling program for the entire year, with the NMFS and IATTC sharing equally the 100-percent coverage for the rest of the year. Several vessels had already begun their second trips before the extension of 100-percent sampling took effect, and thus did not carry a NMFS observer or IATTC technician on those trips.

The sampling coverage of U.S. fleet departures during 1987 by the IATTC and NMFS programs combined was about 96 percent. The estimated coverage of U.S. vessel trips which had dolphin sets in 1987, including carryover trips, was about 92 percent (Table 16).

For non-U.S. vessels, including one U.S. vessel operating out of Venezuela on charter, the IATTC staff attempted to maintain a 33-percent sampling coverage of departures during the year. The exception to this attempted coverage was the Ecuadorian-flag purse-seine fleet. The Ecuadorian purse seiners which the staff considers large enough to fish for dolphin-associated tunas make a great majority of their trips entirely on schoolfish and log fish near the coast, so the staff has not attempted to sample those vessels as often as the farther-ranging seiners of other registry that are based in Ecuador.

The sampling coverage of non-U.S. fleet departures in 1987 was about 23 percent. The estimated coverage of non-U.S. vessel trips with dolphin sets, including carryover trips, was about 28 percent (Table 16).

Technician training

Five courses to train scientific technicians in the collection of tuna-dolphin data aboard purse seiners were held during the year. Three were held for U.S. NMFS technician trainees, two in San Diego on March 4–10 and May 27–June 2, and one in La Jolla on August 17–21. The U.S. technicians received instruction on IATTC data collection procedures and marine mammal herd size estimation, supplemental to the training they had received from the NMFS.

Two courses were held for Mexican technicians, one in Mexico City on March 9–20, and one in Ensenada on November 23–30. The attendees received training in marine mammal and tuna identification, data collection requirements and procedures, marine mammal herd size estimation, tuna fishing gear and operations, and shipboard protocol and safety.

Gear program

Work directed toward reduction of the mortality of dolphins in tuna purse seines continues to be an important part of the tuna-dolphin program. Some of the projects, such as deployment of anchored rafts on the high seas to attract large tunas, have been unsuccessful. Others, such as the development of lighting systems to reduce the mortality of dolphins during after-dark sets, have succeeded in reducing dolphin mortality. U.S. vessels are now required to use high-intensity floodlights during backing down at night, and many non-U.S. vessels also employ them. The IATTC owns a number of these floodlights for lending to non-U.S. vessels which do not have them; 12 of these were loaned to vessels during 1987.

The staff participated in four dolphin safety panel alignments during 1987, two on Mexican-flag vessels, one on a Vanuatuan-flag vessel, and one on a Venezuelan-flag vessel. This involves a practice set in local waters to align the dolphin safety panel in the backdown channel for efficient dolphin release.

Incidental mortality of dolphins

The data collected by IATTC scientific technicians and U.S. NMFS observers are used, among other things, to obtain estimates of the incidental mortality of dolphins. The record number of trips from which data were collected in 1987 makes it possible to consider additional stratification schemes to improve the estimates. A review carried out in 1984 of the data available for the 1979–

1983 period suggested that the data should be stratified according to the species or stocks in question and the locations where the sets occurred, to deal better with the main heterogeneities observed. Other possible sources of heterogeneity could not be addressed at the time, because of sample size constraints. Some of those sources, such as flag or vessel capacity, could be dealt with by selection of sampling designs that would eliminate these possible biases. The objective is to achieve a sampling level which is both adequate for the estimation process and well distributed among fleets and capacity classes. In recent years considerable progress has been made in approaching this objective, but the U.S. NMFS decision in 1987 to raise the sample coverage for U.S.-flag vessels to 100 percent, to test the sampling designs and better evaluate the performance of individual vessel captains, resulted in much greater coverage for the U.S. fleet than for other fleets. This would create biased results if the performances differed among fleets, so it was decided to stratify the 1987 data also by flag. Accordingly, the estimates of the mortality were made by summing the estimates for the U.S. and non-U.S. fleets, rather than calculating them from the pooled data.

The mortality data for 1987 were also estimated by stock to make them more useful for management purposes; in previous years only some of the stocks were recognized in the estimates. Two other modifications were introduced in 1987 to make the data base more fully compatible with the regulations of the various countries involved in the fishery. First, both mortality per ton and tons of tuna caught with dolphins now refer only to yellowfin tuna. In the past the staff has used total tuna, including skipjack but, as the amount of skipjack is usually small in dolphin sets, the change is not very significant. Second, only vessels with capacities of 400 or more tons are sampled and included in the estimates; sampling smaller boats has resulted in many observed trips during which sets on dolphins were not made (11 in 1987), and more data could be obtained if trips were made only on larger vessels. It is the staff's intention to revise the previous estimates, incorporating these changes wherever possible to provide a consistent series of estimates following the standards set by the regulations concerning this fishery.

The results for 1987 are shown in Table 17. The number of sets made on dolphins was greater in 1987 than in any previous year. The estimate of more than 12,500 sets indicates an increase of almost 20 percent with respect to 1986, when more than 10,500 sets were made on dolphins. The mortalities were less than in 1986, however—98,383 in 1987 *versus* 129,459 in 1986, using the mortality-per-set ratio and 111,933 in 1987 *versus* 124,597 in 1986, using the mortality-per-ton ratio. The mortalities per set were substantially reduced—8.2 per set in 1987 *versus* 12.3 in 1986—while the mortalities per ton decreased by about 5 percent—0.575 in 1987 *versus* 0.610 in 1986. Some of the factors contributing to the lower mortality rates were:

1. Lesser average catches of tunas in dolphin sets during 1987 (16.13 tons) than in 1986 (20.75 tons).
2. Shorter average set times in 1987 (2.77 hours) than in 1986 (2.97 hours).
3. Lower proportion of sets on common dolphins in 1987 (5.2 percent) than in 1986 (7.2 percent).
4. Lower proportion of night sets in 1987 (11.0 percent) than in 1986 (12.5 percent).
5. Higher proportion of sets with zero mortality in 1987 (45.7 percent) than in 1986 (38.1 percent). Also, the proportion of sets with very high mortalities (>50 animals) declined from 5.7 to 3.2 percent.
6. Fewer dolphins left in the net after backdown in both day sets (4.1 in 1987 *versus* 5.2 in 1986) and night sets (6.9 in 1987 *versus* 12.8 in 1986).
7. Smaller average group sizes encircled in 1987 (407 animals) than in 1986 (483 animals).

Estimation of dolphin abundance

Work on estimation of the abundance of the various stocks of dolphins involved with the tuna fishery continued during 1987. As the methods used have been discussed already in previous Annual

Reports of the IATTC, only a brief outline is given here, with emphasis on new developments.

Abundance is estimated from information on sightings and searching effort collected by IATTC and NMFS scientific technicians aboard tuna vessels. Line transect methodology is used to obtain abundance estimates from these data. The line transect method, in theory, is straightforward, but numerous problems are encountered in its application, so the staff must devote considerable time and effort to overcoming these problems, to the extent that this is possible. Some of the problems which the staff has had to deal with are described below.

Because neither the dolphins nor the fishing effort are uniformly distributed in the eastern Pacific Ocean, it was stratified into geographic regions, each representing approximately the ranges of the stocks of interest. Within each region, when there are sufficient data, further stratification is carried out. A smoothed encounter rate is calculated for each 1-degree quadrangle, and then quadrangles with similar estimates are combined in the same strata. Within each stratum the distribution of dolphin herds is roughly uniform, thus making it possible to assume random distribution of herds within the stratum. Ideally, further stratification would be carried out, for example to separate the data by season or fishing mode. For most stocks, however, the data are insufficient to do this, but it is believed that the most important stratification factors are those designed to offset the effects of non-random searching. Some problems can still arise; for example, if local concentrations of herds occur and the fishermen are successful in locating these, the density will be overestimated.

Helicopter sightings arise from a very different searching process. The helicopter does not stay on the trackline of the vessel, and if the perpendicular distances from the trackline of sightings detected by the helicopter are examined, the shoulder of the detection curve is seen to extend many miles beyond the trackline. These sightings cannot be ignored, since it is not possible to know which herds would have been detected by the vessel if the helicopter had not found them first. Therefore the helicopter and crew sightings are combined. Conceptually, the helicopter is considered by this approach as a mechanism to increase the probability of detection of a herd away from the trackline. Since the perpendicular distances are truncated at 5 nautical miles (nm), a distance at which the target herds are likely to be detected from the vessel in the absence of a helicopter, the few additional herds that are detected by the helicopter that would have otherwise have escaped notice will have little impact on the analyses. Analyses of the data tend to confirm this, for although helicopter use increased from virtually zero in 1975 to most of the fleet in 1986, it is not possible to detect a trend over time in the estimates of effective track width.

In poor sighting conditions, lower encounter rates and narrower effective track widths are expected. Analyses indicate that there is a reduction in encounter rate when data collected during periods when the wind exceeded Beaufort force 3 (7 to 10 knots) are included in the analyses, but no effect of wind on the effective track width is discernible. As the density would be underestimated if all the data are used, sightings and searching effort data when the wind exceeded Beaufort force 3 are not included in the analyses.

There are periods during most days of a fishing trip when the vessel is searching but the observer is not on duty, for example during lunch breaks or while he is collecting samples. Because some sightings made during these periods are not reported to the technician by the crew, use of the data for these periods would reduce the encounter rate. Accordingly, to prevent negative biases in the density estimates, these data are not used.

If the perpendicular distance of a herd from the trackline is to be estimated accurately the observer must accurately record both the sighting distance and the sighting angle before the herd reacts to the vessel. Unfortunately, the distances and angles are sometimes not recorded until the vessel has already turned toward the herd, resulting in an average sighting angle for the trip that is less than expected. A low average sighting angle suggests that either the herds were not reported to the technician when first detected or that the technician failed to record accurately the angles and

distances. After analysis of the data it was decided not to use the data for the trips with average sighting angles less than 20 degrees.

Data on sightings of herds first seen by the technician are not used, as these herds had probably already reacted to the vessel when sighted. Deletion of the data for these observations causes underestimation of the density of herds, but this effect is minimal for target stocks.

If the distance and angle estimates are unbiased measurement errors are unlikely to cause serious difficulties, except when the angle is recorded as zero. There is a tendency to round small angles to zero, and this creates an artificially high proportion of perpendicular distances recorded as zero. A "smearing" technique is applied to reduce this effect.

Herd size estimation is an important part of the overall estimation procedure. Adjustment factors based on the sightings made in the best conditions have been calculated and applied to sightings for which only less reliable size estimates are available. Biases in the average herd size estimates can arise if the probability of detection decreases with herd size. As little evidence is found of a change in herd size with distance within the truncation point of 5 nm from the trackline, this distance was selected as a truncation point for both the average herd size estimation and the effective track width estimation.

Fourier series, Hermite polynomial series, and hazard-rate models were considered for use in the line transect estimations of the abundances of dolphins because of the good results obtained with these in simulation studies. The series models (Fourier and Hermite polynomial) did not always perform well with actual data however, so the hazard-rate model was selected.

The assumptions required to obtain unbiased variances by analytical methods are not met, so bootstrap variances were calculated, designating each vessel trip as a sampling unit.

Improvements in the procedures for estimation of dolphin abundance are currently being developed. If it is possible to estimate, for a random point in each region, the expected encounter rate, effective track width, and average herd size (which will not be the average size of all herds in the area, since it is for a random point, not a random herd), these estimates can be combined to provide an estimate of the abundance. Use of bootstrap variances overcomes the problem of correlations between the components, especially between encounter rate and effective track width. The encounter rate stratification described above may be used to obtain an estimate of expected encounter rate, and a stratification by herd size should yield an estimate with relatively low bias of the expected herd size at a random point. The effective track width is estimated for each year, using variables such as average wind speed, average temperature, percentage of sets made on dolphins, etc., by 1-degree quadrangle, smoothed in a manner similar to that used for the encounter rates. An ordination may then make it possible to combine the data for "similar" quadrangles, which will then provide the stratification. This approach is expected to increase the reliability of the procedures for estimating relative abundance, by taking account of variability in herd size with location and the effects of factors such as wind speed, temperature, fishing mode, etc., on the effective track width.

Tunas, logs, and dolphins

A project to study the associations between tunas and dolphins and between tunas and logs was begun in 1987. A new form was added to those furnished to the scientific technicians to record information on the distribution and characteristics of floating objects. The new form, Flotsam Information Record, provides spaces for recording data on the floating objects sighted, including date, position, time of day, water conditions (turbidity, currents, temperature), weather conditions (Beaufort index, cloud cover), description of floating object (type, shape, dimensions), flora and fauna attached to object, fauna under object, and (if a set is made) tonnage of each species caught and weight range of the individual fish. This information, and drawings of the floating objects, are beginning to be received, and a data base will be designed to handle the information. In the first

records examined, it was apparent that a wealth of information will become available concerning the drift pattern of logs and the fishing operations on them. To illustrate the point, two cases for which a floating object was used as a source of tunas for periods of 12 and 19 days, respectively, are shown in Figure 26. The catches obtained on consecutive days indicate that there is a constant renewal of the fish found under a log.

Most of the logs of natural origin seem to enter the oceans from the mouths of tropical rivers. Their drift patterns are important because they may be the clues used by tunas to remain within productive waters. For the purpose of obtaining some information on these patterns, it was decided to identify some logs with tags and request that the crews of all vessels navigating near the release areas provide data on sightings of these tags. The locations selected for the first operations were the Pacific coast of Colombia, between Tumaco and Bahia Solano, and near the mouth of the Guayas River, in Ecuador. These two areas are important for log fishing, and probably among the main entry points for floating objects into the ocean.

From September 25 to October 14 the IATTC chartered the Colombian-flag baitboat *Santa Catalina II* to tag logs and tunas off the Pacific coast of Colombia. Since it is the rainy season in Colombia at that time of year, much debris is carried into the ocean by Colombia's many rivers. Prior to the cruise a small airplane was chartered to survey the coast for large concentrations of logs, which were found off Buenaventura, Cabo Corrientes, and Bahia Solano. Much of the tagging took place in these areas, 5 to 20 miles offshore.

A total of 249 drifting objects, mostly large tree parts, were tagged with numbered, floating, 24-by 24-by 3/16-inch (61-by 61-by 0.5-cm) PVC-plastic squares. These tags were tethered to each object with vinyl-coated stainless steel cable. Two smaller secondary plastic tags, 3 inches by 6 inches (7.6 cm by 15.2 cm) were also attached directly to each object. Strips of reflective mylar were attached to branches of tree parts that extended above the surface to increase their chances of being seen by passing vessels. Approximately 20 percent of the tagged objects appeared to have been handled in some way by man, as they had axe or machete marks on them or had obviously been through a sawmill. The rest of the objects had no visible man-made marks, and probably had reached the ocean without man's intervention.

Fishing and other vessels were notified (Figure 27) of the tagging project, and the vessel crews were requested to record any sightings of the logs in their logbooks, along with any information concerning tunas seen or caught in association with the logs. As of December 31 no sightings of tagged logs had been reported.

Another objective of the cruise was to tag tunas associated with the logs that were tagged. No tunas were tagged, however, as none were encountered during the charter trip.

Thanks is expressed to Drs. Orlando Mora and Rafael Negret, Instituto de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA), Bogotá, Colombia, for their assistance with the project.

A similar tagging cruise is planned for 1988 in the Gulf of Guayaquil.

Courses on marine mammals

The overall objectives of the tuna-dolphin program are to evaluate the effects of tuna fishing on dolphins and to reduce the mortalities caused by the fishery. The scientific methodology developed at the Commission for the study of dolphins and the experience gained by the staff in this type of work has broad applicability to the study of marine mammals in general. It is the belief of the staff that through the wide dissemination of this knowledge and experience among scientists of the nations of the region there will develop a greater capability for studying the marine mammal populations, particularly dolphins, of the region and the impact of man's activities on them. This idea is shared by the United Nations Environmental Programme, and that organization has given the Commission financial support for its technical training of scientists in Latin America.

Three IATTC staff members, Drs. Stephen T. Buckland and Martin A. Hall and Lic. Alejandro Anganuzzi, and three instructors from the University of Washington, Ana Parma, Miguel Pascual, and Silvia Vega, conducted a course entitled "Estimation of Abundance of Marine Mammals" at La Paz, Baja California, Mexico, on August 3-15, 1987. The course was organized by the IATTC, in cooperation with the Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABC) and the Sociedad Mexicana para el Estudio de los Mamíferos Marinos (SOMEMMA). Lic. Anganuzzi coordinated the activities. The program was similar to that summarized below for the course given at Cabo Polonio, Uruguay. The following students participated in the course:

Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California (UABC),
Ensenada—Antonio Almanza, Horacio de Anda, Arturo Sandoval
Escuela Superior de Ciencias, UABC, Ensenada—Gorgonio Ruiz
Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada—Bruno
Castrezana, Gabriela Montaño, Angélica Ramírez
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Ensenada—Ana María
Padilla
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Sede Guaymas—Gerardo
Alvarez, Ana Luisa Figueroa, Jesús Maldonado, Daniel Revilla, Robert de la Rosa
Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F.—
Juan Pablo Gallo Reynoso
Laboratorio de Vertebrados, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.—Carlos Alvarez, Luis
Bourillon, Benjamín Morales, Mario Salinas
Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP), La Paz—Sergio Flores, Arturo López
García, Esperanza Michel, Manuel Olguín, Jorge Ramírez
CRIP, Ensenada—José Ramón González, José González Avilés, Amado Villaseñor
Area de Ciencias del Mar, UABC, La Paz—Gerardo Aceves, Oscar Arizpe, Roberto Carmona,
Juan Gabriel Díaz, John Elorduy, Alejandro Hinojosa, Eduardo Palacios, Silvia
Ramírez, Sergio Ruiz, Jorge Urbán
Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz—Tania Zenteno
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz—Francisco Alejandres, Ofelia García,
Carlos Gómez, Casimiro Quiñones, Mauricio Ramírez, Arturo Tripp
Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida—Lorenzo Rojas
Instituto Nicaragüense de la Pesca, Managua, Nicaragua—Rodolfo Sánchez
IATTC, Ensenada—Ernesto Altamirano

The IATTC staff wishes to acknowledge the cooperation and assistance provided by Dr. H. Ceseña Montaño, Director of the UABC, M.S. Jesús Druck and Dr. Juan Guzmán Póo from the Ciencias Marinas section of the University, and Admiral G. López Lira and Lic. C. de Alba, current and previous presidents of SOMEMMA.

Two additional courses on marine mammals, organized by the IATTC and local participating organizations, were conducted in South America during 1987. Funding was obtained from the United Nations Environmental Programme. The courses were intended for graduate students and for scientists working on marine mammals in Argentina, Brazil, and Uruguay. A description of the courses follows:

COURSE 1: Biology and Ecology of Marine Mammals

Location: Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Ushuaia, Argentina
Dates: November 9–20, 1987 (including a field trip to Peninsula Valdes on November 19 and 20)
Coordinators: Lic. Alejandro Anganuzzi and Michael Scott (IATTC)
Instructors: Michael Scott (IATTC), Dr. Alex Aguilar (Universidad de Barcelona), Aleta Hohn and Dr.

William Perrin (U.S. NMFS), Carolyn Heath (University of California at Santa Cruz), Ing. Omar Vidal (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Sede Guaymas)

Program:

- Introduction to marine mammals: general characteristics of cetaceans, pinnipeds, and sirenians.
- Laboratory techniques for the study of marine mammals.
- Dissection of cetaceans and pinnipeds.
- Collection and preservation of specimens.
- Reproductive biology: anatomy, physiology, and analyses.
- Age estimation: preparation of pinniped and dolphin teeth and whale ear plugs.
- Interpretation and analyses.
- Field techniques for marine mammals.
- Handling of strandings.
- Handling of incidental takes.
- Uses of photoidentification.
- Tagging studies: techniques to study movements, behavior, social structure, and reproduction.
- Telemetry systems: radio, sonar, and satellite.
- Behavioral observations at sea or in rookeries.
- Photogrammetry and acoustics.
- Conservation and management of marine mammals.
- Fisheries interactions.
- International research and management organizations.

COURSE 2: Estimation of Abundance of Marine Mammals

Location: Industria Lobera y Pesquera del Estado (ILPE), Cabo Polonio, Uruguay

Dates: November 23–December 5, 1987

Coordinators: Drs. Martin Hall (IATTC) and Isaías Ximénez (ILPE)

Instructors: Lic. Alejandro Anganuzzi, Dr. Stephen Buckland, and Dr. Martin Hall (IATTC), Lic. Ana Parma (University of Washington), Dr. Anne York (U.S. NMFS)

Program:

- Problems for the conservation and management of marine mammals.
- Interaction with man: direct fisheries and incidental take.
- Models used to manage marine mammals: maximum sustainable yield and variations, assumptions, deficiencies, and results of their use.
- Monitoring marine mammals as an alternative approach to modelling for management and conservation.
- What is estimation? Bias, precision, absolute and relative abundance, and trends.
- Sampling design for marine mammal populations.
- Estimation of variances: analytical and non-parametric methods.
- Methods used to estimate abundance.
 - Line and strip transects: models and assumptions.
 - Surveys: shore, aerial, and vessel. Design and comparison.
 - Counts: practical problems and limitations.
 - Mark-recapture studies: assumptions, models (closed and open populations).
 - Catch-per-unit-of-effort methods: Leslie, DeLury, and use of tagging or photoidentification as ways of “catching.”
 - Change-in-ratio methods: Kelker, Chapman, and Paulik-Robson.

The use of simulation to assess bias and precision of methods.
 Estimation of incidental mortality.
 Systems modelling as a tool for management: simulating the behavior of dynamic systems.

Students (for the courses given in Argentina and Uruguay):

ILPE—Luis Mario Batalles, Mauricio Lima, Alejandro Malek, Enrique Páez, Alberto Ponce de León
 Instituto Nacional de Pesca, Uruguay—Omar Defeo, Oscar Pin
 Museo Argentino de Ciencias Naturales—Luis Capozzo
 Universidad Nacional de Buenos Aires—Javier Corcuera, Guillermo Díaz, Marcela Klein,
 Florencia Monzón, Graciela Pérez Macri, Sandra Vivequin
 Universidad Nacional de La Plata, Argentina—Mario Cozzuol, María Pía Heras
 Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Argentina—Ana Roux
 CADIC—Margarita Godoy, Patricia Hansen, Adrián Schiavini
 Centro Nacional Patagónico, Argentina—Enrique Crespo, Alejandro Purgue
 Fundação Universidade do Rio Grande, Brazil—Fernando Rosas
 Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, Brazil—Lucienne Andrade, Barbara
 Fiori, Liliane Lodi, Claudio Nunes, Salvatore Siciliano
 Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas, Brazil—Elton Pinto Colares, Vera Da Silva
 Projeto Peixe-Boi Marinho, Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Forestal, Brazil—José
 Delgado

Distribution and herd size of bottlenose dolphins

It is difficult to study variation in herd size of dolphins in coastal and pelagic environments, due to the logistical problems involved in making observations on these animals in the open ocean. Previous hypotheses have suggested that the combined effects of intense predation pressure and patchier prey in the pelagic environment may result in larger group sizes for protection and more efficient foraging. For a species that is found over a broad range of habitats, one therefore might expect to find larger herds with increased distance offshore.

A test of this hypothesis was conducted on the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, by IATTC and U.S. NMFS staff members. This species is particularly appropriate for such a study because it ranges from coastal bays and shores to far offshore. It also is not greatly affected by the tuna purse-seine fishery, and thus is not subject to fishery effects on herd size, as appears to be the case for other dolphin species. Also, comparative data are available from studies of coastal populations of bottlenose dolphins in other areas. The results can then be examined for patterns that may be common to other dolphin species in the region, such as spotter and spinner dolphins, *Stenella*, and common dolphins, *Delphinus*.

Two sources of sightings data were used to examine these hypotheses. Most of the data were obtained from dolphin observations made during 1,018 cruises by IATTC and NMFS scientific technicians aboard tuna purse seiners from 1971 through mid-1986. Additional data were obtained from sightings records made during 24 NMFS research cruises conducted from 1974 through 1985. Sightings between 35°N and 20°S latitudes, and from the coast of the Americas west to 160°W longitude were included.

Distribution

Bottlenose dolphins are widely distributed in offshore waters of the eastern Pacific Ocean (Figure 28). Due to the pelagic nature of the fishery, occurrences of animals near the coastline are probably under-represented in the figure. The area inhabited by bottlenose dolphins is shown to be

surrounded by an area with at least moderate search effort in which there have been few sightings (Figure 29). This indicates that sightings of pelagic bottlenose dolphins outside the area searched are likely to be rare.

Herd size

The median herd size of bottlenose dolphins in the eastern Pacific is 10 animals (mean = 57), although some herds have been estimated to contain as many as 10,000 bottlenose dolphins (Figure 30). There are potential biases, however, in the estimates of herd size. The number of small herds may be underestimated, particularly for sightings from tuna boats, because such groups are typically more difficult to see than large groups and because the fishermen search preferentially for large dolphin herds, since they are thought to be associated with the largest schools of yellowfin tuna. This bias may be counterbalanced, however, by the tendency of bottlenose dolphins to approach the boats to ride the bow wave or stern wake.

The sightings were stratified into the following areas to examine the effect of distance from shore on herd size: (1) "coastal area"—1-degree quadrangles which contain portions of the coastline, (2) "near-coastal area"—1-degree quadrangles adjacent to the coastal quadrangles, (3) "island areas"—1-degree quadrangles containing offshore islands, (4) "offshore area"—the remaining areas east of 128°W longitude and north of 18°N latitude or east of 120°W longitude and south of 18°N latitude, and (5) "far-western area"—the area west of 120°W longitude and south of 18°N latitude (Figure 31). This somewhat-arbitrary stratification scheme attempts to partition the areas by increasing distance offshore, while incorporating features of the ocean's physiography and the dolphins' distribution. Thus, the "coastal" area roughly corresponds to waters inside the 1000-fathom contour, while the "near-coastal" area covers the band of pelagic waters generally just offshore of this contour. "Island" areas were separated from the surrounding "offshore" area. The "far-western" area is the furthest from shore and is separated from the "offshore" areas by a apparent hiatus in the distribution of bottlenose dolphins. Such a hiatus occurs in other dolphin species in the region as well.

There are significant differences among the above areas in the sizes of bottlenose dolphin herds. The mean herd sizes are clearly greater in the first three areas, but this trend is not so evident in the median herd sizes (Table 18). The IATTC staff favors the use of the median over the mean herd size in this study because of the heavily-skewed distribution of the pelagic herd sizes; the presence of a relatively few, very large herds can greatly inflate the mean herd size. Thus, while the mean more accurately reflects the greater percentages of large herds in the coastal and island areas, the median offers a better representation of what a "typical" herd is like.

Conclusions

The initial hypothesis that pelagic groups are larger than groups closer to the coast was not borne out by the data. Although the mean herd sizes of pelagic bottlenose dolphins in the eastern Pacific are considerably larger than those reported for littoral populations that live in bays and along the surfline, an increasing trend in herd size with distance offshore was not observed. The large majority of the pelagic herds are no larger than the littoral herds, and the median herd size of the pelagic herds (10) is within the range of herd sizes typical of littoral populations, and showed little change among the different areas defined in this study. Nevertheless the range of estimated sizes of bottlenose dolphin herds in the eastern Pacific (from 1 to over 10,000) is much broader than that of any other population studied. It thus appears that in the pelagic waters of the eastern Pacific small herds are still the norm; it is the occasional occurrence of very large herds, sometimes containing thousands of animals, that distinguishes the pelagic from the littoral populations.

STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1987 AND OUTLOOK FOR 1988

It is the responsibility of the IATTC staff to monitor the fluctuations in abundance of the tropical tunas of the eastern Pacific Ocean and to assess the effects of man's activities and natural factors on their abundance. Each year scientific information gathered by the staff is used to make recommendations for the management of these species. This is accomplished by presenting information in background documents and orally at the meetings of the Commission. To disseminate this information to the general public it is summarized in this annual report.

YELLOWFIN

The status of yellowfin in the eastern Pacific Ocean has been assessed by the employment of age-structured models and production models with data collected by the IATTC staff. These results will be summarized, followed by a discussion of the condition of the resource in 1987 and considerations for 1988.

Age-structured models

Age-structured models make use of data on recruitment and on the growth and mortality of individual fish. Estimates of these parameters are obtained from analyses of data on the length-frequency distributions of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The IATTC staff has collected data on the size composition of the catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951–1954 by the California Department of Fish and Game.

Biomass analyses

Age-structured biomass analyses performed by the IATTC staff have produced information concerning the abundance and mortality of fish of individual year classes which has been highly useful for stock assessment. As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the first half of 1968 and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y68 cohort, which first entered the fishery in small numbers during the second half of 1967 and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1968.) The recruitments to the X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same (Table 19). Then estimates are made of the numbers of the fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. These numbers are converted to weights from data on the average weights of fish of different sizes to calculate the biomass estimates. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. These are called the "initiating" rates of fishing mortality. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency and length-weight data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be easily distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8

for the instantaneous annual rate of natural mortality is used, but it is suspected that this rate varies with age, being higher for younger fish and lower for older ones. Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Age-structured biomass analyses have been conducted for 1964 through 1987. Quarterly estimates of the average numbers of fish by age group for 1968 through 1987 are given in Table 20, and estimates of the annual average biomasses of fish by age group for 1968 through 1987 are given in Figure 32. Different initiating rates of fishing mortality were estimated for the quarters during which different cohorts were last exploited, dependent on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates higher and lower than those considered to be the best estimates.

The estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, can be obtained from Table 20. For the X68 cohort, for example, there was an average of 24,724,000 1-year-olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 20.2, 16.4, and 13.2 million fish, respectively (1968 rows, I column). In 1969 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 10.4, 8.0, 6.3, and 5.1 million fish, respectively (1969 rows, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year-olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 24.7 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968, first row). The table is read the same way for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 20 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was estimated indirectly from catch data and mortality estimates of younger fish. It is assumed that half of these belong to the X cohorts and half to the Y cohorts.

Estimates of the numbers of recruits for each cohort for 1967–1987 (*i.e.*, the average numbers for the initial quarters) are listed in Table 19. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same, 26 million for the Y cohort and 24 million for the X cohort. The variability among years is roughly the same for the Y cohort (3.6) and the X cohort (2.3), and that for the combined data (2.9) is between the two. The recruitment has been variable, but the average for 1977–1987 has exceeded that for 1967–1976. There is no evident trend in recruitment within the 1977–1987 period, except that it appears to have been less variable during the last five years.

The average weights of the fish during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery, were estimated to be:

Average Weight			Average Weight			Average Weight		
Quarter	Pounds	Kg	Quarter	Pounds	Kg	Quarter	Pounds	Kg
1	4.0	1.8	7	27.0	12.2	13	98.0	44.5
2	5.6	2.5	8	36.1	16.4	14	111.1	50.4
3	8.0	3.6	9	45.0	20.4	15	122.0	55.3
4	10.2	4.6	10	55.1	25.0	16	130.0	59.0
5	13.5	6.1	11	67.0	30.4	17	134.0	60.8
6	18.9	8.6	12	83.0	37.6	18	136.0	61.7
						19+	157.0	71.2

These values were multiplied by the corresponding values in Table 20 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 32. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For

example, the X83 and Y83 cohorts (diagonal lines), which were both relatively strong, were not fished heavily until 1985, when they were in age-group 3 and their biomass was high. The Y73 cohort, on the other hand, was only average, and after having been fished heavily as age group-1 fish in 1973 its biomass was low in the succeeding years.

In Figure 33 are shown the average quarterly and annual biomass estimates for 1968 through 1987 for all fish regardless of age and for "large fish" (all Y-cohort fish which had been in the fishery more than six quarters plus all X-cohort fish which had been in the fishery more than eight quarters). The data for 1964–1967 are not shown because during that period the area of fishing in the CYRA was still expanding and the cohort biomass estimates for those years are biased downward. During 1968–1971 the total biomass averaged about 350 thousand tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from the fish of the above-average 1966 and 1967 recruitments which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969–1972, resulted in a decline in the biomass during 1972 and 1973 of both the younger and older fish. The lower biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1974 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in late 1975, all of 1976, and early 1977. The fourth-largest catch of yellowfin inside the CYRA in the history of the fishery was made during 1976. Below-average recruitment during 1976 and 1977, coupled with heavy exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing in 1982 to the lowest level observed. Although the 1978 and 1979 recruitments were high, the former exceeded only by that of 1974, so many of the fish were captured as 1-and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was average in 1980, slightly above average in 1981 and 1983, below average in 1982, and well above average in 1984, 1985, and 1986. Not only were the 1984–1986 recruitments high, but together they produced the greatest combined recruitment on record (about 25 percent greater than the average combination of three years for the 1967–1987 period). The biomass increased in 1983 (Figure 33), due primarily to lesser fishing effort, and greatly increased in 1984 and 1985 due to good recruitment and reduced fishing on young fish. The benefits from the 1984–1986 recruitment continued into 1987, in spite of the large increase in the catch. Preliminary estimates of the 1987 recruitment indicate that it was above average.

The annual catches, in short tons, of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during 1968–1987 are shown in Figures 34 and 35. In Figure 34 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 35 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

Comparison of Figures 32 (annual estimates of the biomass of the X and Y groups), 33 (quarterly and annual estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 34 and 35 (catches during each year by age and cohort) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970s, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The total contributions of each X and Y cohort to the fishery have been estimated for the 1968 through 1983 cohorts, using the data in Table 20, and these are shown in Figure 35. They ranged from 121 thousand tons for the 1970 cohort to 268 thousand tons for that of 1974, with an average for the 16 groups of 161 thousand tons. If the Y74 cohort had not been fished so heavily in its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these cohort catches (1968–1983) by the corresponding estimates of recruitment (values in Table 19B adjusted to the initial numbers) gives yield-per-recruit estimates which varied from 4.2 to 7.6 pounds, (1.9 to 3.4 kg). The initial recruitment varied from 32 million to 92 million fish, averaging 54 million fish, and produced an average yield per recruit of 5.9 pounds (2.7 kg).

Yield-per-recruit model

In addition to age-structured biomass analyses, the yield-per-recruit model has been used by the IATTC staff. If there exists a group of young fish which reaches catchable size at the same time (a cohort) at first its total weight first increases because the growth in weight of the individual fish is rapid, while the losses to the cohort due to natural mortality are moderate. Later, as the fish grow older, their growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be about the same. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish (assuming, for this discussion, that this is the object of management) would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the survivors at the age or size at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth (the "critical age" or "critical size"). This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing effort on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.

Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age of the smallest fish caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high an age at entry only slightly below the critical age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age and size, and the yield would be almost as great as under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably below the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the age at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the age at entry is greater than the critical age unlimited effort can be permitted, but if the age at entry is less than the critical age restriction of the effort may increase the yield.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent years would be reduced. Therefore a fishing strategy designed to produce the maximum yield per recruit will not necessarily produce the maximum yield. If the fishing pattern has an impact on the future recruitment, the maximum yield will be obtained by controlling the fishing to optimize the cohort size and yield per recruit simultaneously. This will be discussed in more detail later. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as this does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model, as described here, does not take into account the possibility of changes in recruitment, but this is an integral part of production models, which will be discussed later.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower, or the natural mortality may be higher, when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical age

and size will vary according to population density. This is another complication not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is automatically compensated for in production models.

Proceeding now to yellowfin in the eastern Pacific Ocean, the estimates of growth and natural mortality obtained by the IATTC staff are not as reliable as desired, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds or 28 kg). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably smaller than this. As most of the tuna fleet converted from bait to purse-seine fishing in the late 1950s and early 1960s the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin increased considerably during the period after the conversion to purse seining, averaging about 103 thousand tons for 1961–1970, as compared to 83 thousand tons for 1951–1960. The offshore expansion of the fishery during the mid-and late 1960s was an important factor in these greater catches, but the increase in the average size of the fish caught was also partially responsible for the increased catches.

The objective of management specified by the IATTC convention is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY). The maximum yield per recruit is equivalent to the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners, as discussed above. The estimated yields per recruit produced by different combinations of size at entry and fishing effort for two different time periods are shown in Figure 36. (Fishing effort will be discussed in more detail in the section entitled **Production models**.) Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon a coefficient of natural mortality of 0.8 (about 55 percent per year if there were no fishing mortality), the growth-in-weight data shown on page 42, and coefficients of fishing mortality (Table 21) obtained from the biomass estimates described in the previous section. (The X and Y groups were defined in the section entitled **Biomass analyses**.) During the 1977–1981 period the fishing effort was directed more or less equally toward small, medium, and large fish, whereas during the 1985–1987 period the effort was directed most toward large fish and least toward small ones. The effects of this shift can be seen in the length-frequency histograms in Figures 12 and 13 and the age-frequency histograms in Figure 34. The values on the horizontal scale of Figure 36 are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.* 0.2, 1.0, and 2.0 represent values about one fifth of, equal to, and twice the average effort values for the respective time periods. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds (28 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 8.3 pounds (3.8 kg). The sizes at entry which would produce the maximum yields per recruit for various multiples of fishing effort are shown in Figure 36 as dashed lines. These are called eumetric fishing curves. For the 1977–1981 case, it can be seen in Figure 36 that if the effort were to increase to about 1.5 times the 1977–1981 level and the size at entry to about 30 pounds (13.6 kg) the yield per recruit would increase to about 7.5 pounds (3.4 kg). For the 1985–1987 case the yield per recruit would increase to about 7.8 pounds (3.5 kg).

The above description contains the implicit assumption that alteration of the age at entry does not change the areal distribution of the fishing effort. This assumption would be justified if the fishery operated as follows. At first, when the age at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the age at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is believed that if for any reason the age at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing a preponderance of small fish and more in those containing a preponderance of large fish, so the fishing effort on the large fish would most likely increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit more than indicated in Figure 36. It appears that this has happened in recent years.

Utilizing the results of these analyses of yield per recruit and making certain assumptions about recruitment and fishing mortality, it is possible to estimate the total yield. For example, if from Figure 36, top panel, the age-specific fishing mortality equivalent to a multiplier of 1 is selected the yield per recruit, determined from the lower edge of the figure, is 5.5 pounds, and if the recruitment is assumed to be 62 million fish, which is the average for the 1977–1987 period, the total yield would be 170 thousand short tons. If the lower panel is used the yield per recruit would be 6.8 pounds and the yield 211 thousand tons. In other words, with the same recruitment and the same amount of effort, a size-specific fishing mortality pattern like that of 1985–1987, rather than that of 1977–1981, would increase the yield by about 24 percent.

These estimates of yield per recruit can be compared with observed estimates derived from the biomass analyses discussed in the previous section. In both cases it was assumed that recruitment occurred at 40 cm (2.8 pounds or 1.3 kg). In the first case (Figure 36, upper panel), using a size composition similar to that of 1977–1981 when more smaller fish were caught, the maximum yield per recruit is estimated to be 5.5 pounds. For the second case (Figure 36, lower panel), using a size composition of catch similar to that of 1985–1987 when more larger fish were caught, the maximum yield per recruit is estimated to be 6.8 pounds. The maximum yield per recruit of 5.5 pounds is less than the observed average value of 5.9 pounds because the fishing was more dependent on smaller fish, whereas the maximum yield per recruit of 6.8 pounds is greater than the observed value because in this case the fishing in 1985–1987 was more dependent on larger fish. This demonstrates that for the same level of recruitment a 24-percent increase in yield can be realized by catching fish corresponding to the larger sizes caught in 1985–1987, rather than corresponding to the smaller sizes caught in 1977–1981. The estimated average initial recruitment for 1977–1981 was 62 million fish, which produced about 168 thousand tons per cohort at a yield per recruit of 5.4 pounds. If the yield per recruit had been 6.8 pounds the yield per cohort would have been about 210 thousand tons. It was pointed out in previous Annual Reports of the IATTC that a shift of fishery effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. Such a shift did occur in 1985, 1986, and 1987, and at the current levels of effort the gain from this change in the size composition of the fish in the catch is proving to be great. If the fishery continues to catch mostly older fish and the effort remains at the same level or increases there should be a sustainable increase in the yield per recruit and catch.

Production models

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. When a population of fish has not been exposed to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, etc., prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality the population is said to be in equilibrium.

There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than average and years of especially poor environmental conditions when the population is less than average, but these can often be ignored when looking at long-term trends.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still be due to recruitment and growth, but the losses to the population would be due not only to natural mortality, but also to fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats

stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset the corresponding decreases in CPUE, resulting in higher catches, but at higher levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the objective of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the IATTC's convention) the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat higher. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions are not always present. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point with a lower CPUE is reached. The catches will be greater during the period of transition than at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low level and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a higher CPUE. The catches will be less during the period of transition than at the new point of equilibrium.

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the eastern Pacific Ocean. The previous discussion has dealt with "a population of fish." Production models are not applicable unless the amount of interchange between the fish in the area of study and adjacent areas is relatively low. The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA (Figure 37) has been studied, and the results are discussed in previous Annual Reports of the IATTC. In summary, the results indicate that there is some intermixing of fish between the two areas, but not enough to invalidate the use of the model.

Assuming that production models are applicable, that fact can be detected only if (1) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels on the overfishing side of the curve and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in previous Annual Reports of the IATTC. As far as could be determined, these effects usually balanced out over fairly short periods of time, so it was decided that they could be ignored without invalidating the use of the model. The period of late 1982 to early 1984 includes the strongest El Niño conditions which have been recorded, however, so the effects of this phenomenon have been given special attention in assessing the fishery during and subsequent to this period.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of

vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard type can be estimated, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factors. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The IATTC staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort have been measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs have been referred to as catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF). In this report only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated class-6 purse seiners (more than 400 tons capacity) is used except in the searching time model (Figure 39, middle panel), which will be discussed later.

The symmetrical production model, described below, was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the period of 1934–1955, which furnished a wide range of effort on the underfishing side of the curve. These data indicated that, within the ranges of fishing effort for which data were available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

Prior to the mid-1960s the fishery was pursued only in the inshore portion of the CYRA and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid-and late 1960s, however, the fishing fleet began to increase in size and extended the range of fishing effort to much further offshore. The inshore and offshore areas, termed Areas A1 and A2, respectively, are shown in Figure 37. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the two areas combined would be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the two areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish between the two areas, so the AMSY for the entire CYRA is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs. These studies have been described in more detail in previous Annual Reports of the IATTC.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

Regression techniques are used to obtain estimates of the parameters in the production models, using observed catch and effort data available for a number of years. One of these parameters is an estimate of the population biomass at the beginning of the first year. The population biomass at the beginning of year 2 is estimated by using the model, the catch in year 2, and the other parameter estimates. This process is continued sequentially for the remaining years. Estimates of the average population biomass for each year are obtained similarly.

With production models it is important to remember that the growth (positive or negative) of a population is determined by three factors, natural growth, natural loss, and catch. In any given year the catch is fixed, so whether the population increases or decreases is determined by its size at the beginning of the year. If, for any reason, natural factors cause the population to decrease more than predicted by the model, the predicted value for the beginning of the next year will also be greater than the actual value. This overestimation will continue until, for some reason, the population grows more rapidly than predicted by the model. The opposite would be the case if the population at first grows more rapidly than predicted by the model. There is a fundamental difference between underestimation and overestimation, however. When the population growth is less than expected the catches will be reduced and the model will predict changes which are less than the real changes. The catches will continue to be less than expected, but a catastrophic outcome will not be predicted. When the population is greater than expected the catches will be greater than expected, and the model will predict declines in the population which are greater than the actual changes. If large catches occur in several successive years the model may predict a complete collapse of the population even when it is at a safe level. This phenomenon is the result of the sequential process employed by the IATTC staff, and it probably manifested itself during the 1984–1987 period.

In past years the estimation has always been done without adjustments to compensate for the sequential nature of the estimation process, but it now seems necessary to make some sort of adjustment. The adjustment used to obtain the 1988 estimates was accomplished by interrupting the sequence of population estimates at 1985, and re-estimating the biomass by dividing the observed catch per unit of effort for 1985 by the estimate of the coefficient of catchability. This seems like a reasonable adjustment, given that all three estimators shown in Figure 39 were high for 1985. The new procedure has minimal impact on the estimates of the parameters, but a large impact on the estimate of the current population size. In the IATTC Annual Report for 1986 two analyses based on production models were discussed. One of these employed the logistic or symmetrical model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and CPUE is linear. The other employed the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and CPUE need not be linear. For both of these only the effort data estimated by dividing the total catch by the CPDF for Class-6 vessels (greater than 400 tons capacity) were used. For both of the fits the coefficient of catchability, was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for earlier years, implying that the catchability of the fish of the various ages has not changed with time. The data for these two curves are as follows:

Fit	m	q	Maximum sustainable yield in thousands of short tons	Sum of squares ($\times 10^{-9}$)
(1)	2.0	0.000039	174	2.224
(2)	0.8	0.000039	178	3.330

m is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and vice versa. The data, including the points for 1985–1987, for these two relationships are plotted in Figure 38.

The top panel of Figure 39 shows the CPDF values for 1968–1987. The middle panel of that figure shows an index of abundance based on a “searching time” model (IATTC Bull., Vol. 19, No. 3) which is similar to the CPDF model. Biomass indices of the abundance of yellowfin, derived from the cohort analyses described previously, are shown in the bottom panel of the figure. The searching time and cohort indices show lesser declines for the 1970–1980 period than that shown by the CPDF

indices, and the cohort index shows a greater recovery since 1980. All three panels show the population declining after reaching a high in 1986.

The high CPDFs shown in Figure 39, top panel, indicate that yellowfin in 1986 reached their greatest abundance since the early 1970s, and are now declining. The increase was expected, due to the low catches in 1982 and 1983 which permitted the population to increase, and the current decline was also expected, due to the large catches during the 1985–1987 period. The CPDFs for 1984–1987 have been even higher than expected, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lower prices for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where skipjack occur, and (3) the larger average size of yellowfin taken, which resulted in a higher yield per recruit. With reference to point (2), it should be noted that the searching time model (Figure 39, middle panel), which includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur, shows a smaller increase in recent years than does the CPDF model (Figure 39, top panel).

Based on production model analyses employing data for 1968–1985, it was stated in the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the stock to its optimum size the 1986 catch should not exceed 224 thousand tons. However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota was set at 205 thousand tons. It can be seen in Table 22 that the 1986 catch reached 253 thousand tons, and yet the indices of abundance do not show a decline during 1986. It was shown previously that the most likely reason for this unexpected increase in production is increased recruitment.

Fluctuations in recruitment and changes in age-specific fishing mortality have always created difficulties in applying the results of production model analysis. As has already been stated, the 1984–1986 recruitment was higher than that of any other 3-year period on record, and these high levels of recruitment, coupled with changes in age-specific fishing mortality, make short term reliance on production model analyses alone misleading. For example, adding the 1986 and 1987 data to the 1961–1985 data base and re-estimating the production model parameters makes little change in the estimates presented earlier. The results of these analyses are shown in Figure 38. The estimates of AMSY and optimum effort are little changed relative to earlier estimates, and over the long term both models, with the adjustment for 1985, describe the average potential production from the stock fairly well. The sums of squares are slightly less for $m = 2.0$ than for $m = 0.8$, but the difference is not enough to state with any degree of certainty that 2.0 is a better value to use than 0.8. In Figure 40 the observed CPDF is compared to the expected CPDF computed from the model itself, using the 1985 adjustment, and it can be seen that they correspond fairly well, on the average, over the series of years shown. In specific years there are wide divergences, however, particularly in recent years. The reason for this is that the production models are essentially regression models which respond to average conditions, and cannot reflect the effects of large, short-term changes in recruitment or age-specific mortality.

Status of the stock in 1987 and considerations for 1988

Inside the CYRA

If it is assumed that the production models with the 1985 adjustment used up to now provide the best description of the status of the yellowfin stock in the eastern Pacific there should be a sharp decrease in the catch during 1988. Both fits to the model, $m = 2.0$ and $m = 0.8$ (Figure 38), predict the abundance of yellowfin during late 1987 and early 1988 to be at about the 1975–1976 level. At that level of abundance the model predicts equilibrium catches of about 160 to 170 thousand tons with 21 to 26 thousand days of effort. It also predicts that if the effort in 1988 remains at about the level it was during 1987 (about 21 thousand days) the catch will be between 186 and 204 thousand tons and the

CPDF between 8.9 and 9.7 tons. It is clear from the analyses, however, that these estimates are highly dependent on the adjustment made for 1985.

The yield-per-recruit analyses have demonstrated that for a given number of recruits coming into the fishery the yield can be changed by more than 20 percent by altering the size composition of the catch. In Figure 41 are shown the yields per recruit for two different patterns of age-specific fishing mortality. The dashed line was computed using the age-specific fishing mortality, or size composition of the catch, observed during 1985–1986, a period when the fish in the catch were larger, on the average. The solid line shows the yield per recruit using the size composition of the catch experienced during 1977–1981, when the fish were smaller, on the average. If the recruitment were constant and the effort maintained at about the 1983–1986 level, an increase in yield of at least 20 percent would be achieved by catching the fish at larger sizes (dashed line in Figure 41). The age-specific fishing mortality for 1987 was similar to those of 1985–1986.

To make the relationship between change in the size of the fish in the catch and potential production more easily understandable, the results obtained from the production and yield-per-recruit analyses are integrated in Figure 42, a three-dimensional representation of the relationship between productivity and fishing effort. In this figure are depicted the effects of changing the age-specific fishing mortality, or average size of fish in the catch, on the productivity of the stock in terms of production-type models. The various curves represent the relationships between productivity and fishing effort with various regimes of age-specific fishing mortality. There is a maximum production value for the XY plane representing each regime, but somewhere in the XYZ space there is a single point representing the overall maximum production value, and the XY plane passing through that point corresponds to the regime of age-specific fishing mortality which can result in the maximum production.

It is estimated that the recruitment has fluctuated by a factor of about 3, and over the observed range of data for the fishery it does not appear to be related to the stock size. This adds to the difficulties in making short-term predictions using production models. If the predictions from this model are to be improved it is necessary to use information about the recruitment. It would be best to be able to predict the recruitment a year or two in advance. One of the reasons the Commission's laboratory at Achotines, Panama, was established was to obtain information which will make it possible to predict the recruitment of yellowfin, but useful information will not be available in the near future. As was reported in the IATTC Annual Report for 1985, fluctuations in recruitment seemed to be related to major changes in the ocean environment. The estimates of recruitment derived from the cohort analyses and presented in Table 19 show strong positive anomalies in recruitment in 1971, 1974, and 1978. These increases in recruitment were preceded by general warming conditions, El Niño, in 1969, 1972, and 1976. On the basis of this relationship it was not unexpected that there would be an increase in recruitment following the strong 1982–1983 El Niño, and indeed the 1984–1986 recruitment is proving to be the greatest three successive years on record. The mechanisms underlying this relationship between El Niño and increased recruitment are not understood, but may be related to the factors that affect survival of young fish in the area of the fishery or to changes in the rate that eggs, larvae, and postlarvae drift into or out of the eastern Pacific with major ocean currents. These currents change speed, and in some cases even direction, during El Niño conditions. Since the effect of an El Niño episode is not seen in the fishery until about 2 years after the event occurs, if the relationship persists it will be a useful indicator of positive changes in recruitment.

To evaluate the effect of increased recruitment on the total yield two levels of recruitment have been applied to the data. In the first case the yield-per-recruit estimate based on the 1985–1986 size composition of the catch was used with the estimate of average recruitment for 1967–1986 to compute the total yield; the results are shown as a solid line in Figure 43. In the second case the same yield-per-recruit estimate was used with the 1984–1985 estimate of recruitment, and the results are shown

as a dashed line in the figure. It is readily apparent that large increases in the yield result from increased recruitment.

The two variables are combined in Figure 44, which shows the yields with high recruitment and the age-specific fishing mortality of 1985–1986 and with average recruitment and the age-specific mortality of 1977–1981. It can be seen that the yield increases by as much as 60 percent, about one-third attributable to the change resulting from catching larger fish and two-thirds resulting from increased recruitment.

Similar analyses can be performed to estimate the abundance and catch in 1988. Cohort analysis provides an estimate of the number and weight of each age group in the fishery at the beginning of 1988, with the exception of those fish to be recruited in 1988. It should be noted that the 1987 estimate of recruitment is preliminary and subject to change. This is because the recruits have been exposed to the fishery only 1 year, and if their vulnerability to capture was above or below average the recruitment would have been over-or underestimated. This analysis will provide an estimate of the expected yield, provided certain assumptions regarding the level of abundance of the fish recruited and the age-specific fishing mortality during 1988 are fulfilled. The recruitment during 1987 and 1988 has been assumed to be average and the age-specific fishing mortality to be the same in 1988 as it was during 1985–1987. The results indicate that the catch during 1988 will be about 17 percent less than that of 1987 and that the abundance will decrease by less than 10 percent. If the fishery reverts to catching smaller fish, however, as was the case during 1977–1981, the 1988 catch will decrease by about 35 percent, and by 1990–1991 it will be 15 to 23 percent less than that which could be obtained by continuing the current age-specific fishing mortality pattern. If the recruitment during 1987 and 1988 proves to be below average the 1988 catch would be less than predicted, of course. Also, changes in the amount of fishing effort would affect the future catches.

The analyses for 1988 can be extended through 1991. Based on the biomass of fish at the beginning of 1988, and assuming stable age-specific fishing mortality and average recruitment, the catch should exhibit a downward trend from the current levels to about 230 thousand tons in 1988 and about 190 to 210 thousand tons by the end of 1991, depending on the recruitment. With this regime the population of fish by the end of 1991 should be near its optimum level (Figure 45), and would continue to sustain high catches, providing the recruitment and age-specific fishing mortality do not change. Of course, to predict the catches so far in the future is highly risky, at best, as both recruitment and age-specific fishing mortality are highly variable.

The results from the production model, with the 1985 adjustment, produce a prediction that a catch between 190 and 260 thousand tons in 1988 would bring the population to its optimum size. This would result in CPDFs for Class-6 vessels of about 9 tons.

In summary, evaluating the effect of fishing on the abundance and yield of yellowfin in the eastern Pacific is difficult. Using the production models alone provides tenuous results, so the staff has combined the results of three different models, yield-per-recruit, cohort, and production, to arrive at what are believed to be the best conclusions. However, the predictive capability of such analyses is subject to a high level of error. The staff is currently attempting to reformulate the production models to incorporate the variable effects of age-specific fishing mortality and recruitment.

With regard to the establishment of a catch quota during 1988, the foregoing analyses demonstrate that the stock of yellowfin in the CYRA is at about the optimum level and that the catch during 1988 should be about 17 percent less than that of 1987, or about 230 thousand tons. With the current fishing capacity available in the eastern Pacific there is little or no danger of overfishing, but the staff recommends a minimum quota of 190 thousand tons, with provision for increasing it at the discretion of the Director by two increments of 30 thousand tons each. In regard to the years beyond 1988, it has already been stated that if the recruitment is average and the age-specific fishing mortality does not change good fishing should continue through this decade. However, if the recruitment decreases or the fish are harvested at smaller sizes the catches will decrease.

It is not possible to control the recruitment, but it is theoretically possible to alter the size composition of the catch. This latter point has been made on numerous occasions, but no recommendations have been made for protecting the smaller fish. However, the catches of small fish have decreased during 1985–1987, as was pointed out previously. This change in size composition of the catch was due to lesser demand for small fish, and there is no assurance that this situation will continue. If the demand for tuna increases the effort directed toward small yellowfin and skipjack will probably increase. At present most of the major tuna fisheries of the world are producing high levels of catch, and the demand does not exceed the supply. If the catches were to decrease in one or more of these major fisheries, however, the balance would be upset and attempts would be made to increase the catches in the other areas. If that happened fishing effort in the eastern Pacific would likely increase, and more small yellowfin might be harvested. There are several methods which could be used to reduce the catches of small fish. First, the fishing effort could be reduced. Second, a minimum size limit could be set. Third, if small fish are predominant in certain areas during certain seasons fishing in those areas at those times could be restricted. Fourth, assuming that a system of annual closures could be reinstated, the opening date of the season could be shifted so as to reduce the amount of fishing during some period when small fish are most abundant in the catch. With regard to the first approach, it has been pointed out that reduced fishing during the 1982–1984 period has increased the average size of the fish in the population, which has increased its productivity. Further decreases in effort would probably not increase the catch, however, and anyway this remedy does not apply in this case, since the subject under discussion is increased effort in the eastern Pacific due to poor catches elsewhere. With regard to the second approach, analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. With regard to the third approach, closure of areas where small yellowfin are most abundant might increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant. With regard to the fourth approach, it does not appear as though shifting the opening date of the season would be beneficial. During the earlier years of the period during which annual closures were in effect, when most of the fishing effort was generated during the first half of the year, only small catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3.4 to 6.8 pounds (1.5 to 3.1 kg) during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of vulnerability of the fish of this group to the fishery. During the later years, however, there was heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally hoped. The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulations on the actual catches (not landings) of small fish cannot be predicted.

Outside the CYRA

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 37, Area A3) since 1968 (Table 22). Relatively little fishing takes place there during the first half of the year, primarily because of bad weather. By the time the weather improves in May–June, or soon thereafter, the CYRA has in many years been closed to unrestricted fishing, and many of the larger vessels of the international fleet have moved to the area outside the CYRA. Tagging experiments have indicated that the rate of mixing between this area and the CYRA is low, so the yellowfin of the area outside the CYRA, to date, have been considered separately from those of the CYRA.

In 1969 the CPDF was greater than 20 tons, but during the 1970–1984 period the CPDFs were fairly constant, between 7 and 13 tons (Figure 46, upper panel). In 1985 the CPDF increased to nearly the 1969 level and the 1986 value surpassed it, but in 1987 the CPDF decreased to the 1985 level. The upward trend in the CPDFs for 1983–1986 matches that for the CYRA (Figure 39, upper panel). It is believed that this is because the same factors which affected the CPDFs inside the CYRA affected those outside the CYRA in the same way. In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.9 thousand days and the catches less than 31 thousand tons (Figure 46, lower panel). During the 1972–1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.2 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977–1984, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20 thousand tons, but the CPDFs were down only slightly from those for 1970–1976. During 1985 the effort was the lowest it had been since 1969, but the CPDF was very high. In 1986 the effort increased and, with the very high CPDF, the catch was the highest since 1976. The 1987 values for catch and CPDF were about the same as those for 1985. In the lower panel of Figure 46 it is clear that, with the exception of 1986, the catch in the area outside the CYRA has remained proportional to the effort. Because the effort has been moderately low in recent years, and remained so during 1987, and because the factors affecting the recruitment in the CYRA probably also affect the area outside the CYRA, there does not appear to be any biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

The average size of the fish caught outside the CYRA declined from about 63 pounds (29 kg) in 1972–1975 to about 27 pounds (12 kg) in 1979–1983, then increased to about 65 pounds (29 kg) in 1984, and stayed about the same in 1985 (Figure 47). In 1986 the average size increased to about 76 pounds (34 kg), and in 1987 it reached 89 pounds (40 kg), the greatest average weight ever recorded. The general decline through 1983 could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.* more fishing on schools associated with flotsam and less on schools associated with dolphins. The increase during 1984–1987 was probably due to the decreased catches in 1982–1985, which permitted the fish to grow larger. The fishery in the area outside the CYRA should continue to be closely monitored to evaluate the various possibilities.

SKIPJACK

Skipjack has been the dominant species in the world catches of tunas for many years. However, due to lesser catches of skipjack and greater catches of yellowfin and bigeye in 1985 and 1986, the portion of the catch of the principal market species which was skipjack decreased from 50 percent in 1984 to 44 and 45 percent in 1985 and 1986, respectively. In the Pacific Ocean 50 and 51 percent of the catches in 1985 and 1986 were skipjack, respectively, as compared to 57 percent in 1984. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 48. It is apparent that the catches in the Pacific are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans and that the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific. The catches in the eastern Pacific, except for those of the 1975–1981 period, which were higher, have remained at about the same level during the 1965–1987 period, while those of the other areas have more than doubled.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually nearly devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. Tagging in normal years has shown that there is little mixing of fish between the two areas. The fishery for skipjack in the eastern Pacific tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years larger portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French

Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Fiji, Indonesia, Japan, New Zealand, Papua New Guinea, the Philippines, the Solomon Islands, and many other islands, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catch of skipjack in the eastern Pacific varies considerably from year to year (Figure 48). The catches for the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, but in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 49). During the late 1950s large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950s to the early 1970s large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the early 1970s, however, the center of abundance of the southeastern group seemed to shift to waters off Colombia and Central America, and then during the early 1980s it seemed to shift back to Colombia and Ecuador.

The size compositions of skipjack samples taken in the eastern Pacific during 1982 through 1987 are shown in Figure 14. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm (7.8 pounds or 3.5 kg) was greater in 1984–1987 than in previous years.

Population structure

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur and how their distributions vary with time and age. This problem has been studied by various methods, including analyses of catch statistics, life history, tagging, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the IATTC, the South Pacific Commission (SPC), the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the SPC in 1980, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail in the IATTC Annual Report for 1984. That report also includes a discussion of the population structure of skipjack in the eastern Pacific and their relationship with those in the rest of the Pacific. In summary, there are two principal hypotheses for skipjack in the Pacific Ocean. The separate subpopulation hypothesis states that there are two or more genetically distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean, and the clinal hypothesis states that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.* the probability of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. It was concluded at the workshop that the data presently available do not favor either the clinal or the separate subpopulation hypothesis. In the eastern Pacific, it appears that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends of the distribution mix at least to some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

Abundance and production models

Studies have been underway, on a modest scale, for several years to determine the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the eastern Pacific Ocean. One such study, described in previous Annual Reports of the IATTC, involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific Ocean and (1) the average sea-surface temperature in the area of the Pacific Ocean between 135°W and 180° with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), and (2) the wind-mixing index (the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean) in this area.

The first analysis was performed because there is a high positive correlation between the concentration of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or better survival of the larvae might occur in warmer years. The second was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the U.S. NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla indicate that in the California Current concentrations of food suitable for first-feeding larval anchovies tend to occur in aggregations and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and vice versa. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. There was a significant relationship between skipjack abundance and sea-surface temperature, and a highly-significant correlation between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 46 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent have been conducted. If skipjack use this current in their migration it would be expected that young fish would be carried to the eastern Pacific in greater than average numbers when the current is stronger and in less than average numbers when it is weaker. No significant correlation was found, however, between skipjack abundance and indices of current speed. On the whole, the results of the IATTC staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions suggest that this relationship is complex and not obvious. Some of the problem might be resolved if biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the eastern Pacific fishery instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the eastern Pacific Ocean during part of the life span. Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute to the eastern Pacific fishery from those which do not.

Production models, based on indices of abundance of the fish, have been described earlier in this report for yellowfin. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.* there is relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the eastern Pacific Ocean, and those in other areas where the species in question is exploited, or the exchange rates among subpopulations are known. That requirement is not met, as tagging has demonstrated interchange of fish of the eastern, central, and western Pacific Ocean (Figure 50). Most of the skipjack caught in the eastern Pacific are taken relatively near the coast, and most of these are apparently the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the eastern Pacific, the central Pacific, and the western Pacific. Thus the amounts caught in the eastern Pacific may be determined by either the portions of juveniles hatched in the central and/or western Pacific which migrate to the eastern Pacific or the abundance of juveniles in that or those areas. In the absence of definition of the population being exploited, production modelling is of little or no value for skipjack in the eastern Pacific fishery.

Age-structured models

The yield-per-recruit approach to age-structured modelling has been discussed earlier in this report for yellowfin. The skipjack and yellowfin populations in the eastern Pacific are somewhat different, however. The natural attrition of yellowfin consists only of natural mortality, whereas that for skipjack consists of both natural mortality and emigration to the central and western Pacific. The combined annual rate of natural mortality and emigration for skipjack is estimated from length-

frequency and tagging data to be roughly 75 to 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

Length-frequency and tag return data have been used to estimate the rate of growth of skipjack. As compared to yellowfin, it is much more difficult to follow the progressions of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the eastern Pacific Ocean. Tagging data are also useful in this respect, although most of the returns are from fish which have been at liberty only short periods of time, and thus are of limited value. A study which is nearly completed furnishes estimates of the linear growth rates and the parameters of the von Bertalanffy growth equation which are proving useful for studies of age-structured models.

The yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition (natural mortality plus emigration), fishing effort, and size at entry are shown in Figure 51. The IATTC staff's estimates of age-specific fishing mortality for 1986–1987, growth, and natural attrition have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	24 cm per year	manuscript in preparation
length-weight relationship	$\log_{10}w = 3.02\log_{10}l - 7.41$	IATTC Bulletin, Vol. 3, No. 7

Instantaneous annual rates of natural attrition of 1.5 (about 78 percent) and 2.0 (about 86 percent) were used. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort, *i.e.* 0.5, 1.0, and 2.0 represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1986–1987. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curved lines. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds or 1.2 kg) the yield per recruit with a multiplier of 1 is about 1.58 pounds (0.72 kg) in the upper panel and about 0.85 pounds (0.39 kg) in the lower panel. In the upper panel sizes at entry of about 40 cm with a multiplier of 1 or about 48 cm with a multiplier of 2 to 3 would produce the maximum yield per recruit. In the lower panel the yields per recruit are greatest with sizes at entry of 30 cm or less. In general, fishing effort considerably greater or ages at entry considerably less than has been the case so far in the eastern Pacific Ocean would be required to overfish the population in the yield-per-recruit sense. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality and emigration exceed the gains to it by growth, even when the fish are less than 50 cm long and presumably growing rapidly.

Considerations for 1988

The yield-per-recruit model does not indicate any need for the management of skipjack. This model, with a natural attrition value of 2.0, indicates that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the eastern Pacific Ocean can be obtained by fishing the individuals over about 30 cm in length as hard as possible. Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but this seems unlikely from what is known of the spawning behavior and population structure.

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the eastern Pacific Ocean and that this situation will continue in the foreseeable future. Nevertheless it is important, for at least two reasons, to learn more about this species and its relationships with the environment. First, such knowledge may make it possible to predict the abundance of skipjack in the eastern Pacific several months ahead of time, which would be of great value to fishermen who must decide in advance

whether to fish in the eastern Atlantic, eastern Pacific, or western Pacific Ocean. Second, knowledge of the environmental conditions favorable to the existence of skipjack, coupled with understanding of the dynamic processes of the ocean, could make it possible to predict where and when skipjack are likely to be caught, which should increase the efficiency of the fishing fleet. A wide variety of information on skipjack and its relationships with the environment has recently been analyzed, and the first draft of a major report on this subject was completed during 1986. This has been reviewed by several scientists of other organizations, and parts of it are currently being revised in accordance with some of their suggestions.

NORTHERN BLUEFIN

Although northern bluefin are not caught in most of the area of the eastern Pacific in which the fishery for tropical tunas takes place, it is an important component of the catches of the small vessels, and some of the large ones, which fish off Baja California and Southern California. Nearly all of the catch is made by purse seiners, and the fishing season typically extends from late May to mid-October, although sporadic catches are made in other months. The 1987 catch was about 1,100 tons, which was about 4,500 tons less than the 1986 catch and the third lowest catch since 1961. In 1987 the area of bluefin catch extended from 25°N to 35°N, but about 94 percent of it was taken between 29°N and 34°N. The catches were greatest during July through September, with over 80 percent of the total occurring during those months. The annual catches of bluefin in the Pacific Ocean for the 1951–1987 period are shown in Figure 52. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern and western Pacific. In the western Pacific the catches increased during 1978–1983, after poor catches during the previous six years, and then were poor again in 1984 and 1985. In the eastern Pacific the catches were poor during 1980–1984, showed improvement in 1985 and 1986, and were poor again in 1987.

The staff of the IATTC has been studying bluefin on a modest scale since 1973. Prior to 1979 staff members collected logbook data and measured samples of fish caught by purse seiners in the eastern Pacific to determine their length compositions. Since 1979, however, the work has increased. In 1979 a review of information pertinent to stock assessment of this species was prepared (Internal Report 12 of the IATTC). Parts of that review are summarized in the annual report of the IATTC for 1979. Also, data on the surface catches of bluefin in the eastern Pacific by area, date, vessel size class, size of school, type of school, etc., were assembled, analyzed, and published in 1982 in the IATTC's Bulletin series (Vol. 18, No. 2).

Bluefin were tagged in the eastern Pacific in 1958 and 1979–1980 by the IATTC staff and in 1962–1968 by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation. These data are summarized in Table 23. Ten returns from the western Pacific have been obtained, all from fish which were at liberty more than 22 months.

Tagging of bluefin in Japan was carried out by IATTC employees who were stationed there intermittently during 1980–1982. The returns to date are shown in Table 24. Prior to these experiments there had been only two records of tagged bluefin released in the western Pacific and recaptured in the eastern Pacific.

Twenty-seven returns of fish tagged in August of their first year of life in the western Pacific (length at release, 17 to 26 cm) and recaptured in the eastern Pacific have been received (IATTC Special Report 2: 291; Table 24 of this report). Twenty-six of these were recaptured during July–September of the following year, roughly a year after release, and the other during the succeeding July, roughly two years after release. In addition, two age-0+ fish tagged in August were recaptured in the following June, one at 38°N–161°E and the other at 38°N–172°E (IATTC Annual Report for 1982: 35). These may have been *en route* to the eastern Pacific when they were caught. Twenty-four returns of fish tagged in January–April of their first year of life in the western Pacific (length at

release, 47–56 cm) and recaptured in the eastern Pacific have been received (Table 24). All of these recaptures were made during June–September, about 1½ years later. From this it appears that some fish begin their migration from west to east in the fall of their first year of life, and others begin that migration in the spring, summer, or fall of their second year of life. (However, one tagged fish released by the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) of Japan on January 8, 1985, was recaptured on August 10, 1985, only 214 days later.) It is possible that other fish migrate from the western to the eastern Pacific later in life, but there is no information concerning this from tagging because no fish greater than about 1 year of age have been tagged in the western Pacific.

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin in the eastern and western Pacific in some years, and particular attention is being given to the poor catches in the eastern Pacific during 1980–1984 and 1987. Spawning in the Pacific Ocean is known to occur only in the vicinity of Japan. Some fish apparently remain their entire lives in the western Pacific. Others migrate to the eastern Pacific, probably mostly or entirely during their first or second years of life. Those which migrate during their first year are exposed to the summer and fall troll fisheries for small bluefin and other species off Japan before beginning their journey to the eastern Pacific in the fall. Those which migrate during their second year are also exposed to the winter troll fishery and other fisheries which take place in the vicinity of Japan before beginning their journey to the eastern Pacific in the spring, summer, or fall. The migrants, after crossing the ocean, are fished by purse seiners off California and Baja California. After a sojourn in the eastern Pacific the survivors return to the western Pacific, where they eventually spawn. The length of the sojourn in the eastern Pacific is not known, but it is reasonably certain that some fish stay at least 2 years, as fish tagged in the eastern Pacific have been recaptured there after as long as 2 years at liberty. Fish of at least 6 or 7 age groups are caught in the eastern Pacific, so it is possible that some fish may stay in that region for at least 5 or 6 years. (Although the eastern Pacific fishery takes place principally during May through October, it is believed that they do not return each winter to the western Pacific. This belief is based principally upon the fact that no fish tagged in the eastern Pacific have been recaptured in the western Pacific in the winter or early spring after less than 674 days at liberty; if they migrated to the western Pacific each fall and back to the eastern Pacific each spring some would probably have been recaptured in the western Pacific in the winter or early spring after less than about 100 to 150 days at liberty. Also, the energy costs of making such a long migration are so high that it would probably not be feasible for a fish to make two such migrations each year for several years.)

There could be one or several subpopulations of bluefin in the Pacific Ocean. Among the possibilities, if the latter is the case, is a subpopulation which remains in the western Pacific and one that migrates to the eastern Pacific. If there is a single homogeneous population oceanographic conditions probably determine what portions of the juvenile fish in the western Pacific attempt to cross the ocean, whereas if there are resident and migrant subpopulations the migrant fish are presumably genetically induced to migrate to the eastern Pacific and back. In the following paragraphs these two possibilities will be considered relative to catch trends in the eastern and western Pacific.

The single homogeneous population hypothesis will be considered first. The decline in the catches in the eastern Pacific could be due to (1) a decrease in the overall abundance of fish greater than about 60 cm in length caused by heavy exploitation of fish in their first year of life off Japan, (2) a decrease in the availability of bluefin in the eastern Pacific (*i.e.* a decrease in the portion of the population which has migrated to the eastern Pacific or a shorter average sojourn in the eastern Pacific of the fish which have made that migration), (3) reduced fishing effort in the eastern Pacific, and/or (4) a decrease in vulnerability to capture of the fish which have migrated to the eastern Pacific.

It is not possible to evaluate the first possibility without more detailed data on the catches of fish of different sizes in the western Pacific. If there has been an overall decline in the abundance of fish greater than 60 cm in length, the catches in the western Pacific would have declined unless much greater numbers of small bluefin were caught or there was an increase in the relative fishing

mortality of large fish as a result of increases in effort, increases in efficiency of the gears which take bluefin greater than 60 cm, or greater vulnerability of these fish to the gear due to oceanographic conditions. Even relatively crude data on the catches of fish of various sizes would be useful for resolving this question.

There seems to be an inverse correlation between the catches of bluefin in the eastern and western Pacific (Figure 53). This might indicate that oceanographic conditions had caused lesser portions of the small fish in the western Pacific to emigrate prior to the years in which the eastern Pacific catches were poor. If data on the catches of age-0 fish in the western Pacific in each year were available it would be possible to compare these with data on catches in the eastern Pacific one or two years later, but unfortunately this is not possible. Length-frequency data for the eastern Pacific provide information on the length of the average sojourn in that area. The portions of smaller and larger fish in the eastern Pacific catches were about the same during the 1980–1984 and 1987 periods as during other years, which indicates that the average sojourn in the eastern Pacific has not decreased.

The numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970s had been responsible for most of the bluefin catches in the eastern Pacific, have been declining during the past several years, so the catch and effort data should be examined in such a way that it can be determined to what extent the decline in the catches is due to declines in effort by vessels of various sizes. Accordingly, for the area north of 23°N and the May–October periods for 1975 through 1984, tabulations were made of the numbers of purse-seine sets, portions of those sets which caught bluefin, tons of bluefin caught in those sets, and tons of bluefin caught per successful bluefin set, by vessel size classes. Virtually all of the bluefin catches are made north of 23°N and the great majority are made during the May–October period. The 1975–1984 period includes both normal and below-normal catches. Some results obtained from manipulation of these data are shown in Figure 54. The numbers of sets have declined by about 50 percent for Class-3, -4, and -5 vessels, while the average catches per successful bluefin set have remained about the same. The greatest declines are those for catch and for portions of sets which caught bluefin. From these data it appears that most of the decrease in catches of bluefin is due to lesser availability or vulnerability to capture of this species, with declining effort playing a lesser role.

There is no obvious reason to suggest that the vulnerability to capture of the fish in the eastern Pacific has been declining, so this possibility has been discounted until evidence to the contrary is produced.

The hypothesis that there is more than one subpopulation will now be considered. If there is a migrant subpopulation the lower catches in the eastern Pacific during 1980–1984 and 1987 could be due to (1) a decline in abundance of the migrant subpopulation, (2) decreased fishing effort in the eastern Pacific, and/or (3) lesser vulnerability of the fish of the migrant subpopulation to capture in recent years. The second and third possibilities may be responsible for part of the decline, but probably not all of it, for the reasons given in the discussion of the first hypothesis. Therefore, if the second hypothesis is correct some sort of action to protect the fish of the migrant subpopulation would seem to be appropriate.

The above information suggests at least three high-priority research items. The first is determination of whether there is a single homogeneous population or separate resident and migrant subpopulations. This might be accomplished by biochemical genetic studies, but such a study could be time-consuming and expensive to carry out. The second is assembly of catch and length-frequency data for the Japanese fisheries and comparison of these data with those for the purse-seine fishery in the eastern Pacific. A Japanese scientist will be spending several months in La Jolla working on bluefin during the latter half of 1988, and it is hoped that progress in that type of work can be made at that time. The third is performance of a yield-per-recruit analysis. This has been done, using only the data in Table 25. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	$l_t = 219(1 - e^{-0.211t})$	IATTC Ann. Rep., 1984: 258
length-weight relationship, through May of the third year of life	$\log_e w = 3.40 \log_e l - 20.1$	IATTC Ann. Rep., 1980: 39
length-weight relationship, af- ter May of the third year of life	$\log_{10} w = 2.78 \log_{10} l - 7.67$	California Department of Fish and Game, unpublished data

The coefficient of natural mortality was set at 0.6 on an annual basis, and the coefficients of fishing mortality for the various fisheries were assigned on the basis of what is known of the catches from catch statistics and tag returns. Yield-per-recruit isopleths derived from these data are shown in Figure 55. The results of these analyses indicate that at what are believed to be approximately the current levels of fishing effort the yield per recruit would increase if the age at entry into the fishery were increased to about 15 to 18 months (about 51–59 cm). It is hoped that data can be obtained to pursue these investigations further.

BIGEYE

Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950s there was little longline fishing in the eastern Pacific, and hence the catches of bigeye in that area were low. During the mid-1950s, however, Japanese longline vessels began to fish in the eastern Pacific, and the catches of bigeye increased (Table 26). Accordingly, this species has been given more attention by the IATTC staff. During the 1965–1987 period eight papers dealing with the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the eastern Pacific have been published.

The distributions of the longline catches per unit of effort of bigeye in the eastern Pacific, averaged over the 1971–1980 period, are shown in Figure 56. The hook rates (numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye were high in most of the eastern Pacific except the area north of 5°N and east of 125°W. The areas of greatest hook rates were between Ecuador and the Galapagos Islands throughout the year, northeast of Hawaii in the area between 18° and 33°N and 120° and 145°W during the first and fourth quarters, and off southern Peru and northern Chile in the area between 18° and 25°S and 80° and 90°W during the third and fourth quarters.

In the north equatorial region, between the equator and 10°N, where there was heavy fishing effort, the hook rates were relatively low during the second half of the year, especially in the western part of this region. In the south equatorial region, between the equator and 15°S, however, the hook rates were greater in the western than in the eastern part of the region throughout the year.

The distribution of effort does not coincide well with the areas of highest hook rates of bigeye, even though bigeye was the most important species of fish caught by Japanese longliners. For example, there were heavy concentrations of effort in equatorial waters (10°N to 15°S and west of 110°W), but the hook rates of bigeye in this area were not particularly high. Furthermore, although the hook rates for bigeye were fairly high northeast of Hawaii and off southern Peru and northern Chile, not much effort was exerted in those areas. This may be because in the equatorial region bigeye could be caught throughout the year and the fish tended to be large, whereas in the higher latitudes the occurrence of bigeye was more seasonal and the fish tended to be smaller.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the area delineated in Figure 57 during 1971–1980 are shown in Figure 58. Most of the fish in the catch ranged from about 100 to 170 cm in length. The length composition was relatively stable during the 1971–1974 period, but

considerable change is apparent for 1975–1980. The proportions of smaller fish (less than 120 cm) were significantly higher in 1977 and 1979, and stronger separation of the modal groups is apparent for 1975, 1976, 1979, and 1980. These changes in the length composition coincide in time with the recent increases in fishing effort by the Japanese longline fleet.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific increased during the late 1960s and the 1970s, and then declined after 1981 (Table 26). The increases were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there have been no regulations for this species, which in some instances caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin, as the latter were subject to regulation in a considerable portion of the eastern Pacific during the latter part of each year of the 1966–1979 period. Concurrently with this, the fishermen's skill in catching bigeye probably increased. Second, the recent statistics are more accurate. Bigeye and yellowfin bring the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species have more often been reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by IATTC employees, who estimate the proportions of the two species in mixed landings. The decline after 1981 is probably due mainly to a decline in fishing effort during that period.

The IATTC staff's studies of surface-caught bigeye have consisted principally of recording and processing catch and effort data from information on weights of fish unloaded and logbook records, collection of length-frequency data from fish unloaded at canneries, and analysis of these data. In addition, during the 1959–1978 period a total of 611 surface-caught bigeye were tagged and 15 of these have been recaptured.

The distributions of the surface catches of bigeye in the eastern Pacific, averaged over the 1973–1980 period, obtained from logbook data collected by the IATTC staff, are shown in Figure 59. Except in the third quarter, the largest catches are made off northern South America.

An analysis of the surface fishery for bigeye in the eastern Pacific has recently been completed by scientists from the Far Seas Fisheries Research Laboratory of Japan and the IATTC. It was shown that there is considerable overlap in the lengths of bigeye taken by the surface and longline fisheries. About 72 percent of the catch of bigeye is taken in unassociated schools, 25 percent in schools associated with floating objects, and the rest in schools associated with whales, sharks, and dolphins. During the 1971–1980 period the average catch per successful set of bigeye was 22 tons (21 and 29 tons for unassociated schools and floating-object schools, respectively). The percentages of bigeye caught which were in pure schools (not mixed with other species of commercially-important fish) were as follows: unassociated schools, 73, floating-object schools, 31.

The movements of bigeye tagged by various organizations which were at liberty for long periods of time are shown in Table 1 of the section on bigeye in IATTC Special Report 2. The distances travelled were less than many which have been recorded for the other principal market species of tuna, but not much importance should be attached to this, in view of the low number of returns.

In general, there are two approaches to the analysis of the effects of fishing on a population of fish, production modelling and age-structured modelling. These models are described in detail in the section of this report dealing with yellowfin.

Production models

Production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the eastern Pacific only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. Due to lack of data from tagging or other studies which would yield information on stock structure, however, it is not possible to estimate the extent, if any, of mixing of bigeye of different areas.

Data on the effort, catch, and catch per unit of effort (number of fish caught per million hooks) for 1954–1984 for the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 57 are shown in Figure

60. This area was selected because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During 1954–1960 the effort and catches were low and the catch per unit of effort (CPUE) was high. During 1961 through 1964 the effort and catches were much greater than during 1954–1960. The CPUE was slightly less than 3 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1964 through 1984 the effort ranged between about 38 and 114 million hooks and the catch between about 0.37 and 1.07 million fish, but the CPUEs remained nearly constant, at about 1 fish per 100 hooks. It is normal for the CPUE to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing (from the standpoint of reducing the average maximum sustainable yield (AMSY), as discussed in the section of this report dealing with yellowfin). Decline of the CPUE to less than half what it was when the effort was low, however, could be indicative of reduction of the population to a level less than that necessary to produce the AMSY. It may be significant, however, that the catches more than doubled during the 1965–1980 period, while the CPUEs remained about the same. This could be due to the fact that bigeye, because of its high price, was especially sought by longline fishermen. For example, the adoption of deep longline gear during the late 1970s may have kept the CPUE of bigeye at the same level while its abundance decreased. Uncertainty regarding the interpretation of the data also results from the uncertainty concerning the amount of interchange of fish between the area in question and contiguous areas.

Age-structured models

The yield-per-recruit model, a type of age-structured model, gives information on the yield per recruit to be expected with different combinations of size at entry and fishing effort. The input consists of length-at-age or weight-at-age data and natural mortality data. Both of these, especially natural mortality, are difficult to estimate. Nevertheless, the yields per recruit of bigeye at various combinations of length at entry and fishing effort (F) were calculated. The length-at-age data were obtained from an equation for the growth of bigeye which appears in IATTC Bulletin, Volume 11, Number 2. Because it is impossible, with the data presently available, to estimate the coefficient of natural mortality (M) of bigeye with any degree of confidence, trial values of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0 on an annual basis were used. The results with lengths at entry of 40 cm (4 pounds or 2 kg), 60 cm (12 pounds or 5 kg), 90 cm (38 pounds or 17 kg), 120 cm (87 pounds or 40 kg), and 150 cm (167 pounds or 76 kg) and annual values of F of 0.0 to 1.6, are shown in Figure 61. In every case the yields per recruit were lowest with a length at entry of 150 cm, so the discussion will be confined to the other four values, 40, 60, 90, and 120 cm. It appears from Figures 58 and 17 that most of the longline-and purse seine-caught bigeye are recruited at about 90 to 120 cm and 60 to 90 cm, respectively. In 1980 and 1982–1984, however, substantial amounts of bigeye between 40 and 60 cm were caught in the purse-seine fishery. At an M value of 0.4 the yields per recruit are roughly the same for all lengths at entry at F values up to 0.4. At F values of 0.6 and higher the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm, and at F values of 0.8 and higher they are less for a length at entry of 60 cm. At an M value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of F for lengths at entry of 60, 90, and 120 cm. They are also about the same for a length at entry of 40 cm for F values up to 0.6, but at higher F values the yields per recruit are less. At an M value of 0.8 the yields per recruit are approximately the same at all F values regardless of the length at entry. At an M value of 1.0 the yields per recruit are roughly the same at all F values for lengths at entry of 40, 60, and 90 cm, but less for a length at entry of 120 cm. In general, at high values of M the highest yields per recruit are realized with low to intermediate lengths at entry (40, 60, and 90 cm) and at low values of M the highest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (90 and 120 cm). Although it is presently not known what value of M is most applicable to the bigeye population exploited by the surface and longline fisheries of the eastern Pacific, it is most likely between 0.6 and 0.8. At these levels the above analyses

suggest that the yield per recruit would be maximized at a length at entry between about 90 and 120 cm. This implies that the average length at entry for the surface fishery is less than that which would maximize the yield per recruit and that for the longline fishery is greater than that length. It is stressed, however, that these estimates are based upon inadequate data, so their reliability is low. Furthermore, even if the estimates were known to be reliable, there would be little opportunity to influence the length at entry into either fishery.

BLACK SKIPJACK

Black skipjack constitute only a very minor part of the total landings of tunas caught in the eastern Pacific. They are, however, of commercial importance in a number of Latin American countries. Furthermore, they represent a resource of significant magnitude, which will be more heavily exploited as the demand for tuna increases. Accordingly, it is prudent to learn as much as possible about this species.

The present knowledge of black skipjack comes mainly from vessel logbook data, data on the weights of fish unloaded at canneries, stomachs, gonads, and measurements of fish taken at canneries, gonads collected for histological studies on tagging cruises, egg and larval surveys directed primarily at other species, recapture data for black skipjack tagged incidentally to yellowfin and skipjack, and physiological data gathered on one tagging cruise.

Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1961–1987 are listed in Table 1. These data include only the fish which are landed. Additional amounts are known to be caught but not landed, and these are not included in the statistics. Black skipjack are also caught by small boats based in Latin America for which data are not obtained. Therefore the actual catches are greater than those recorded in the table. The areas of the 1980–1983 catches by vessels from which logbook data were obtained are shown in Figure 62.

An analysis of the length-weight relationships of black skipjack is given in IATTC Internal Report 17. Some observations on the swimming performance, body temperatures, and gastric evacuation times of black skipjack were made on a tagging cruise conducted in 1981, and an analysis of the results was published in an outside journal in 1984. Studies to determine the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency have recently been completed, and the results were published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 2. The measurement of reproductive potential is of primary importance with respect to the dynamics of fish populations, since it is a basic determinant of productivity. Furthermore, since the amount of fish of catchable size available to the fishery is largely dependent on the success of spawning and survival during the earliest stages of life, studies of this nature can yield information of potential value for predictive purposes.

Large numbers of larval and juvenile black skipjack, along with those of other species of scombrids (tunas and mackerels) have been collected, particularly off Central America and near the entrance to the Gulf of California. In addition, 1,502 black skipjack have been tagged, and 107 of these have been reported as having been recaptured. Information on the movements and growth of black skipjack, as determined from these data, are given in IATTC Annual Report for 1982. The larvae and juvenile data, tagging data, and logbook data provide indices of abundance of black skipjack relative to the other species of scombrids. It appears, on the basis of this information, that the potential annual production of this species is far greater than the present levels of landings.

Larval and juvenile black skipjack have been captured at night with dipnets off the IATTC laboratory at Achotines, Panama, and one specimen was held there in captivity for 136 days before it jumped out of the tank onto the ground. The principal purpose of the Achotines project is to study the early life history of tunas, and the current studies with black skipjack will provide valuable information about that species and about tunas in general.

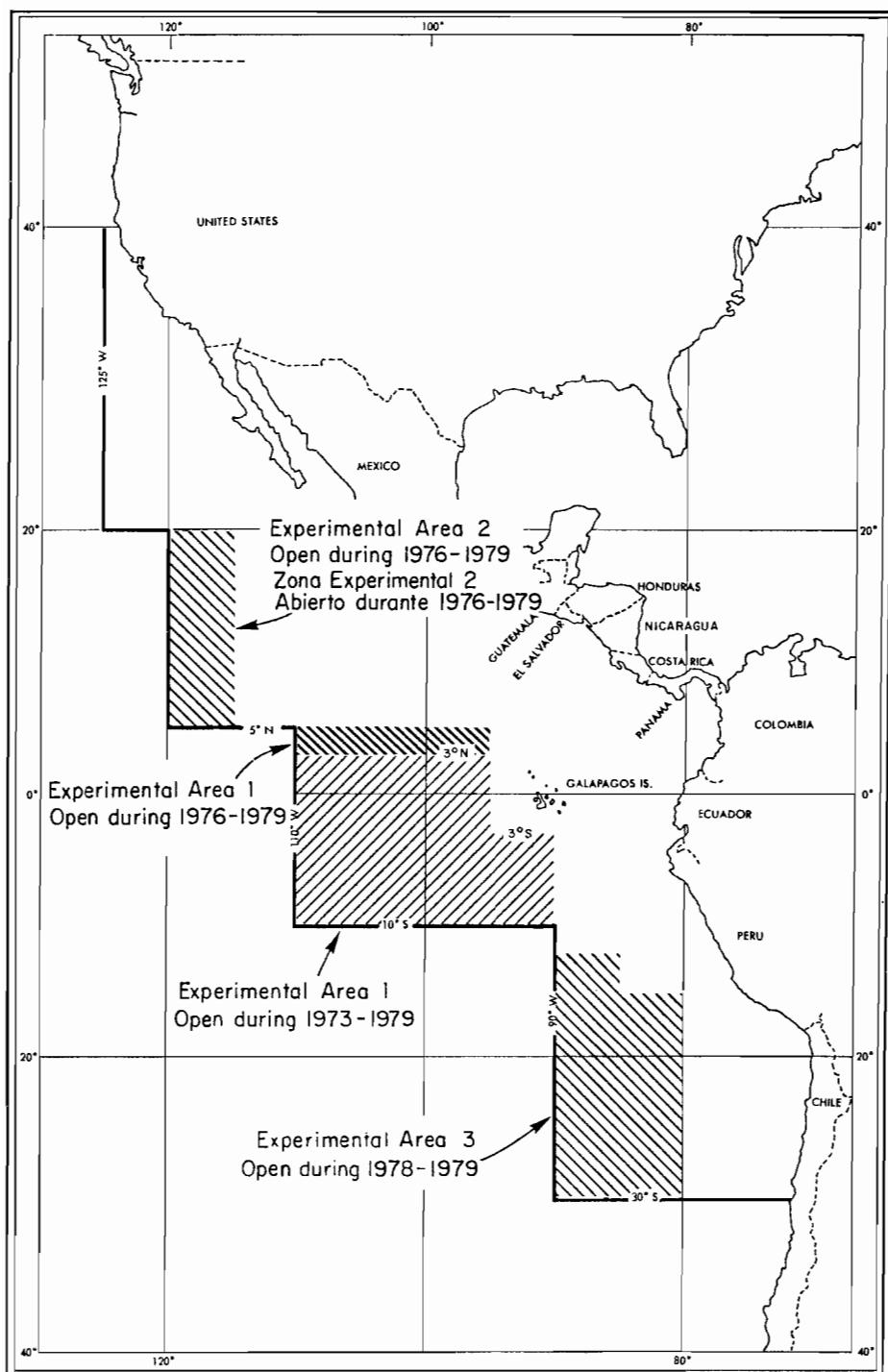


FIGURE 1. The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).
FIGURA 1. Área Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA).

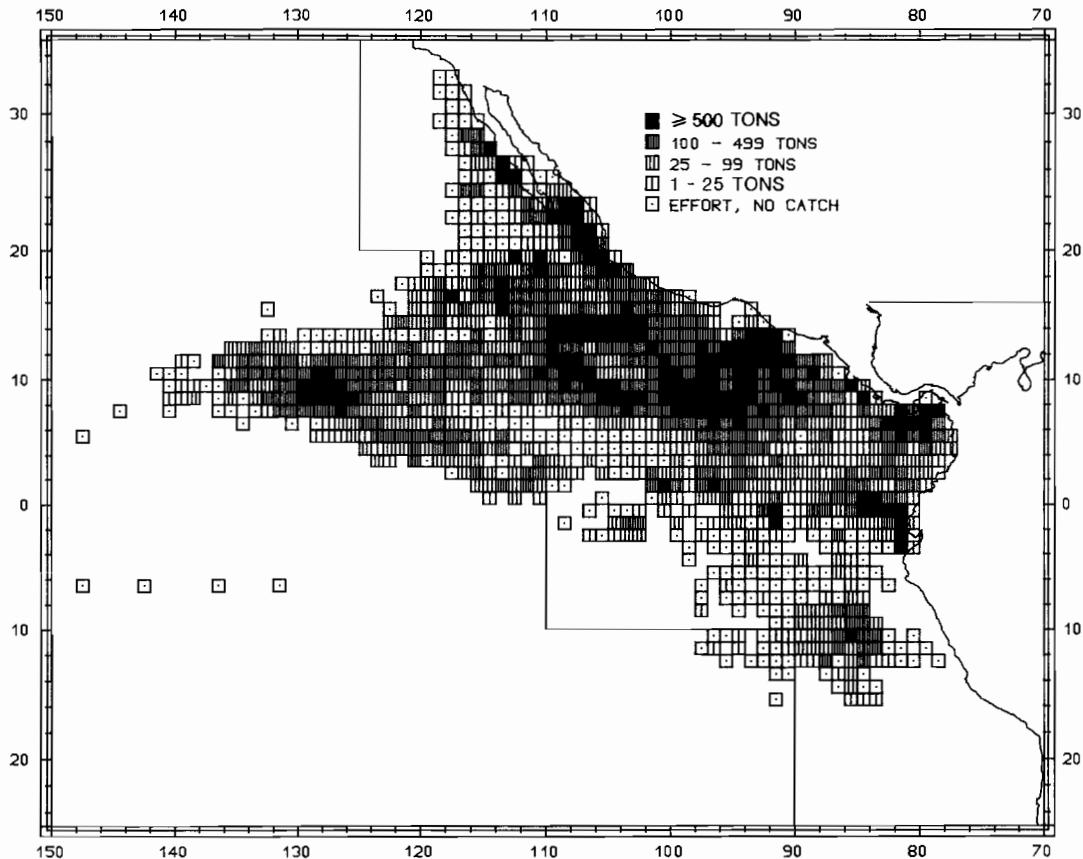


FIGURE 2. Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1987 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 2. Capturas de atún aleta amarilla obtenidas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1987, correspondientes a todos los viajes para los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

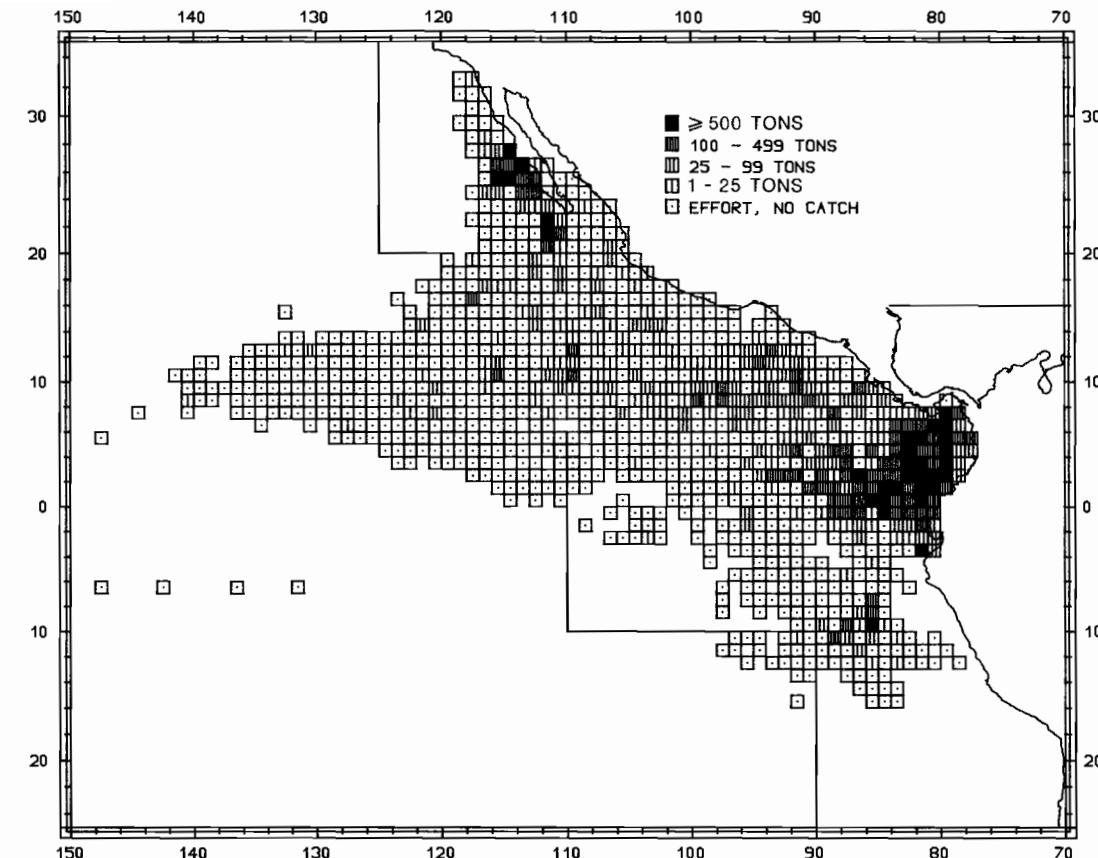


FIGURE 3. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1987 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 3. Capturas de barrilete obtenidas por cerqueros en el Océano Pacífico oriental en 1987, correspondientes a todos los viajes para los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

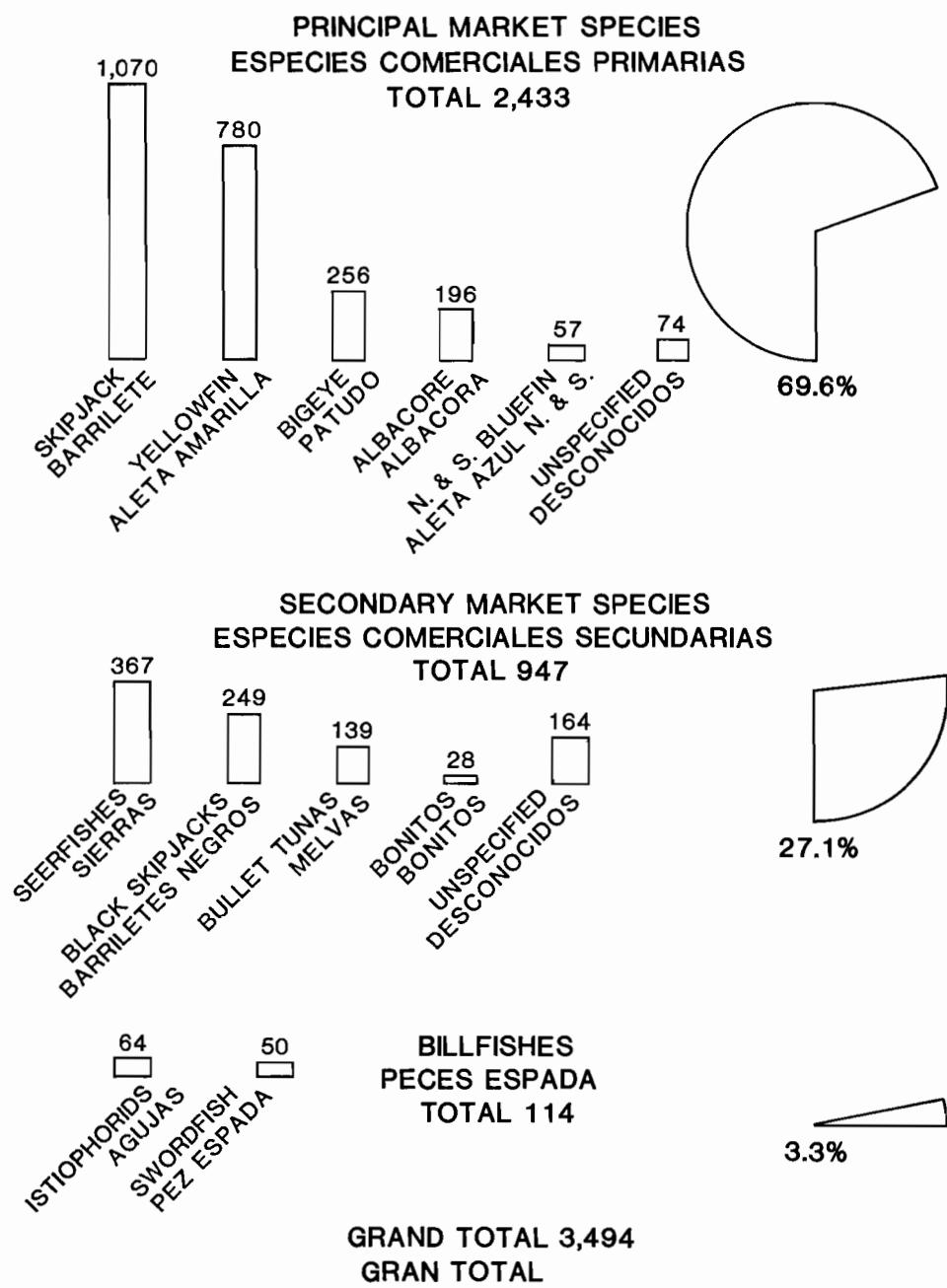


FIGURE 4. World catches of tunas and tuna-like species in 1986, in thousands of metric tons.

FIGURA 4. Capturas mundiales de atunes y especies afines durante 1986, en millares de toneladas métricas.

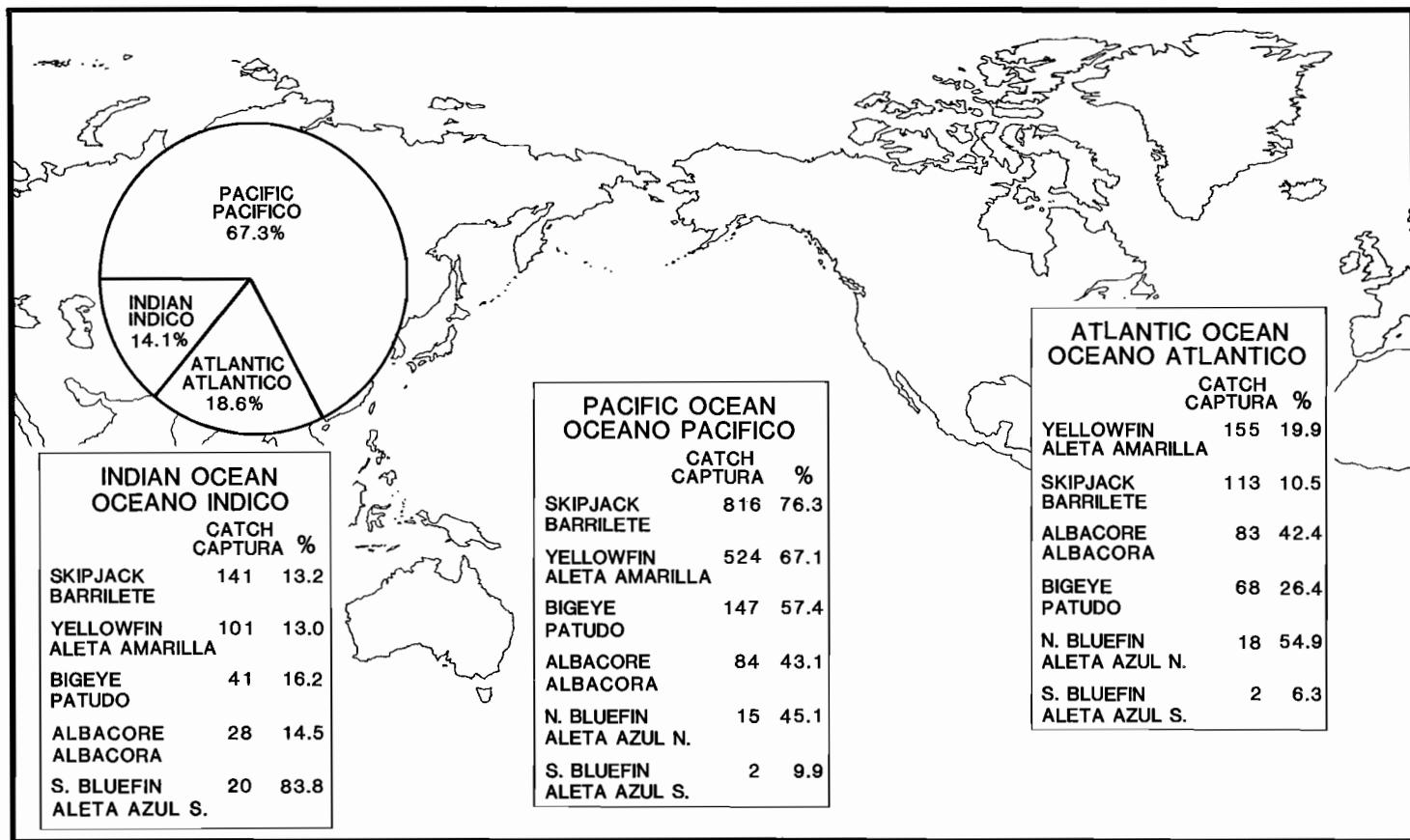


FIGURE 5. Catches of the principal market species of tunas in thousands of metric tons in 1986.

FIGURA 5. Capturas de las principales especies comerciales de atunes, en miles de toneladas métricas, obtenidas en 1986.

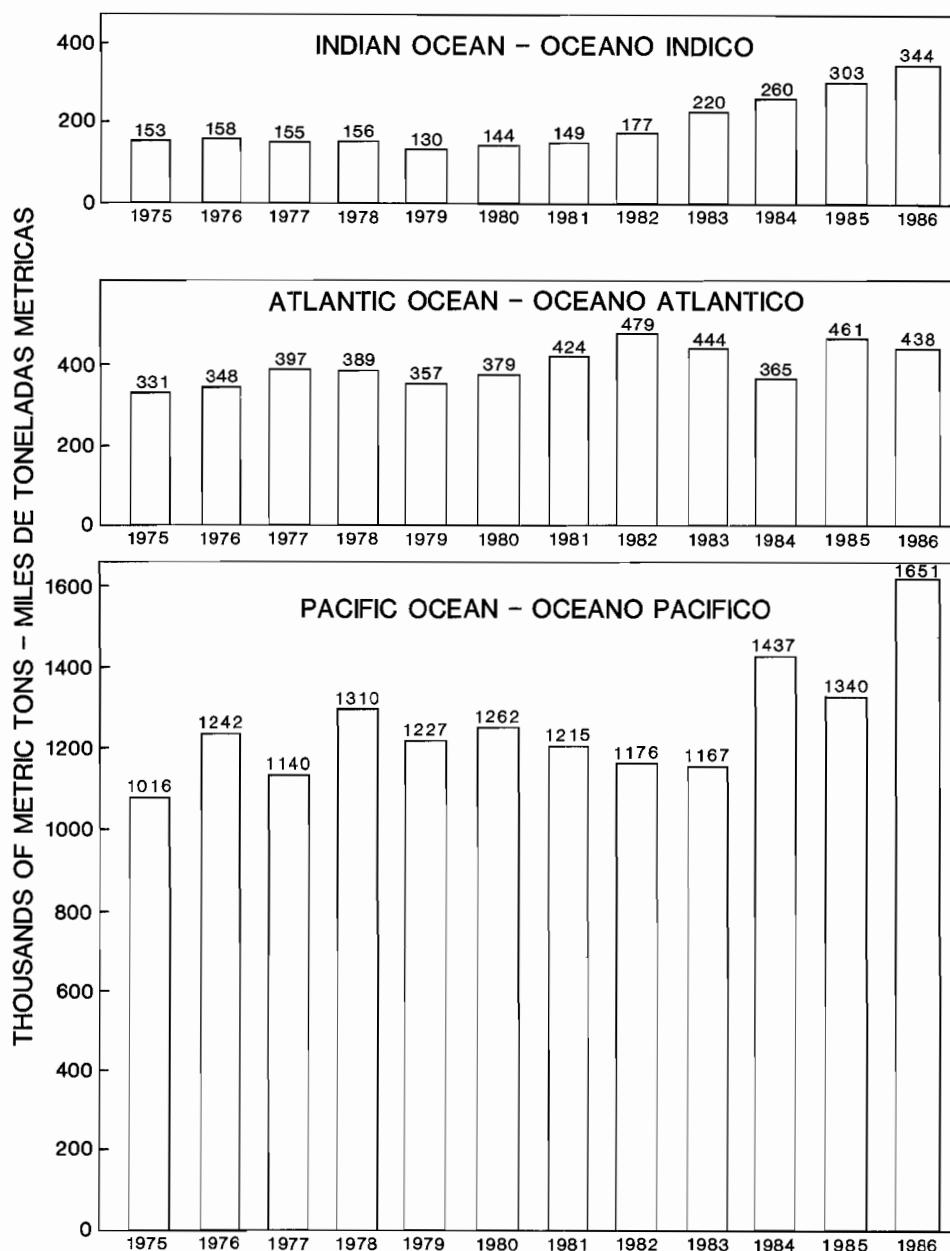


FIGURE 6. Catches of the principal market species of tunas.

FIGURA 6. Capturas de las principales especies comerciales de atunes.

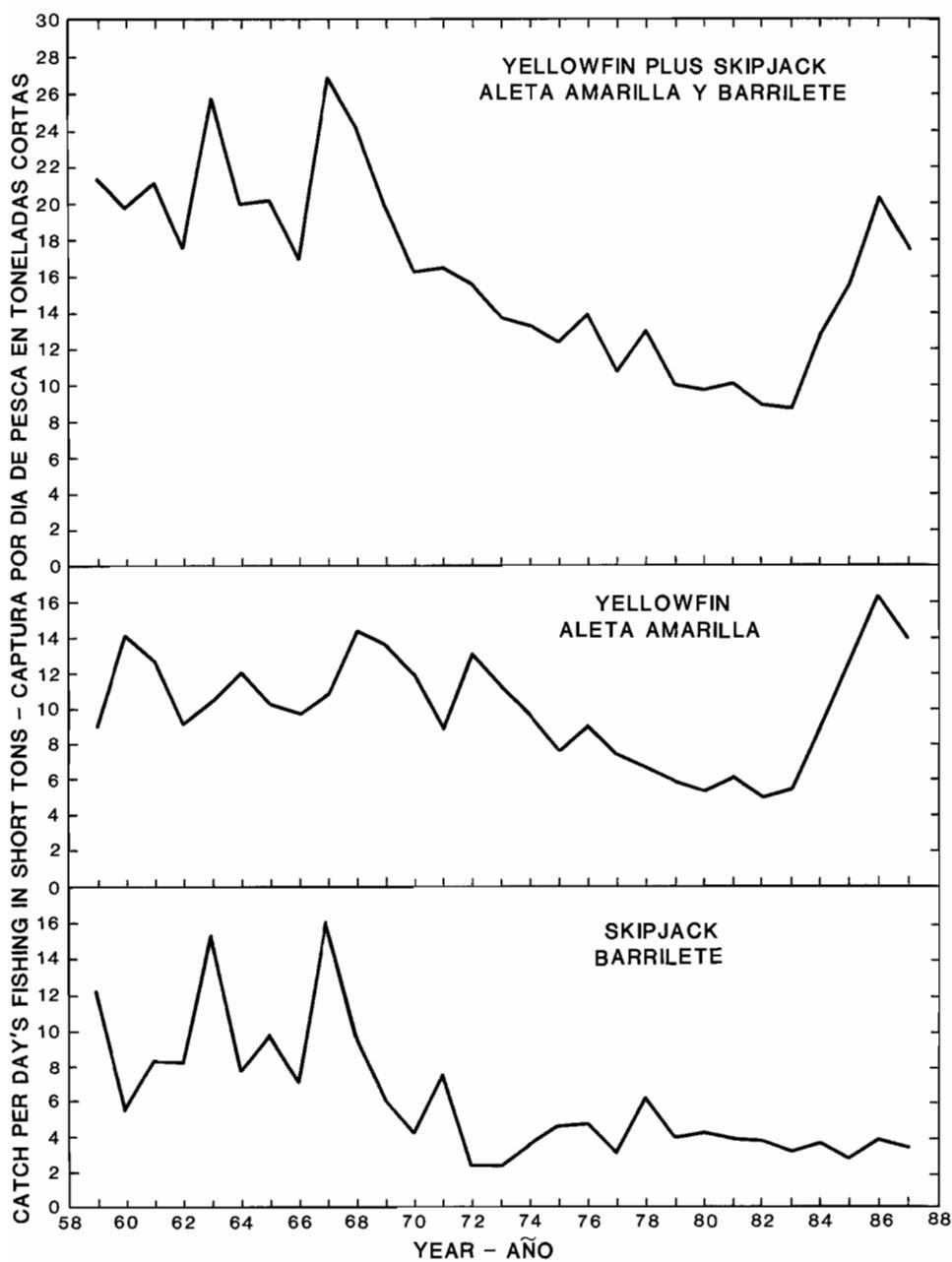


FIGURE 7. Catch per day's fishing for yellowfin and skipjack in the eastern Pacific in Class-6 purse-seine units. The 1987 data are preliminary.

FIGURA 7. Captura por día de pesca de aleta amarilla y barrilete obtenida en el Pacífico oriental por unidades cerqueras de la clase 6 de arqueo. Los datos de 1987 son preliminares.

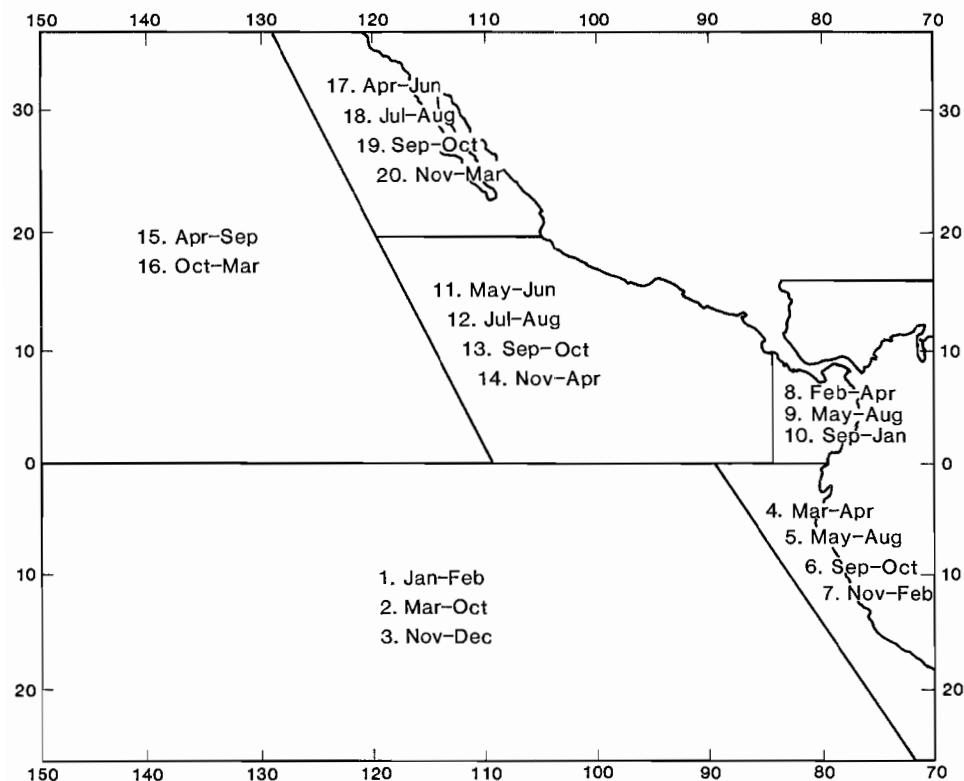


FIGURE 8. Time-area strata used to standardize catch rates.

FIGURA 8. Estratos de tiempo y zona usados para estandarizar las tasas de captura.

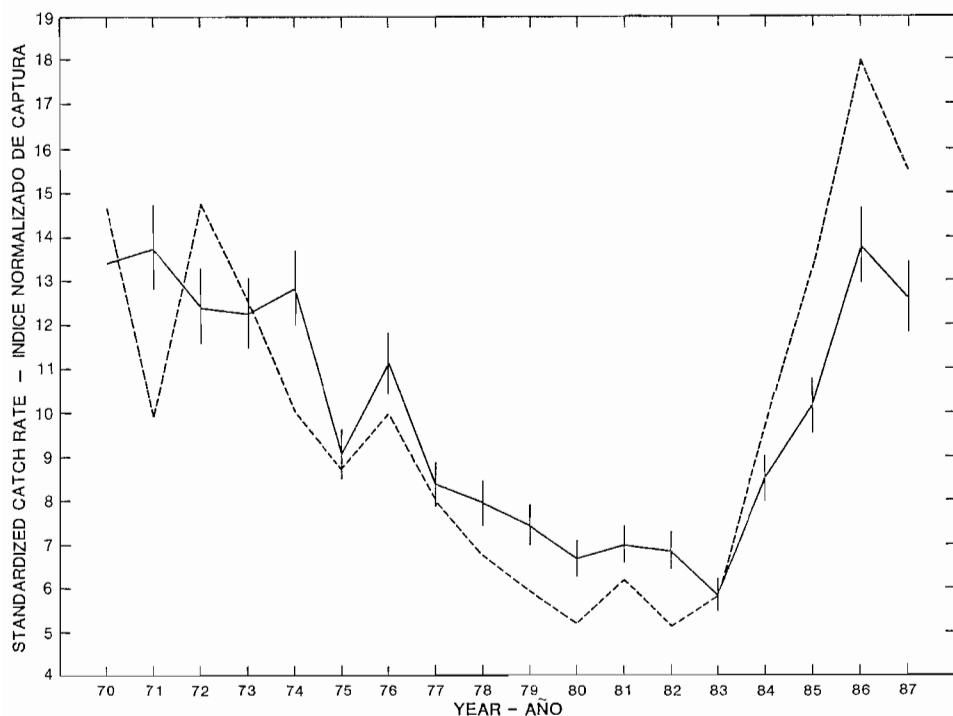


FIGURE 9. Comparison of annual indices of abundance of yellowfin. The solid line is the index from this study, with the 18-year mean set equal to the 18-year mean CPDF, and the vertical bars are the 95-percent confidence limits. The dashed line is the index most commonly used, CPDF for vessels with greater than 400 tons holding capacity. The data for 1987 are incomplete.

FIGURA 9. Comparación de índices anuales de abundancia de aleta amarilla. La línea continua indica el índice correspondiente a este estudio, con el media de 18 años fijado igual a la CPDP media de 18 años, y las barras verticales representan los límites de confiabilidad de 95 por ciento. La línea de trazos es el índice de uso más frecuente, CPDP de barcos de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. Los datos de 1987 son incompletos.

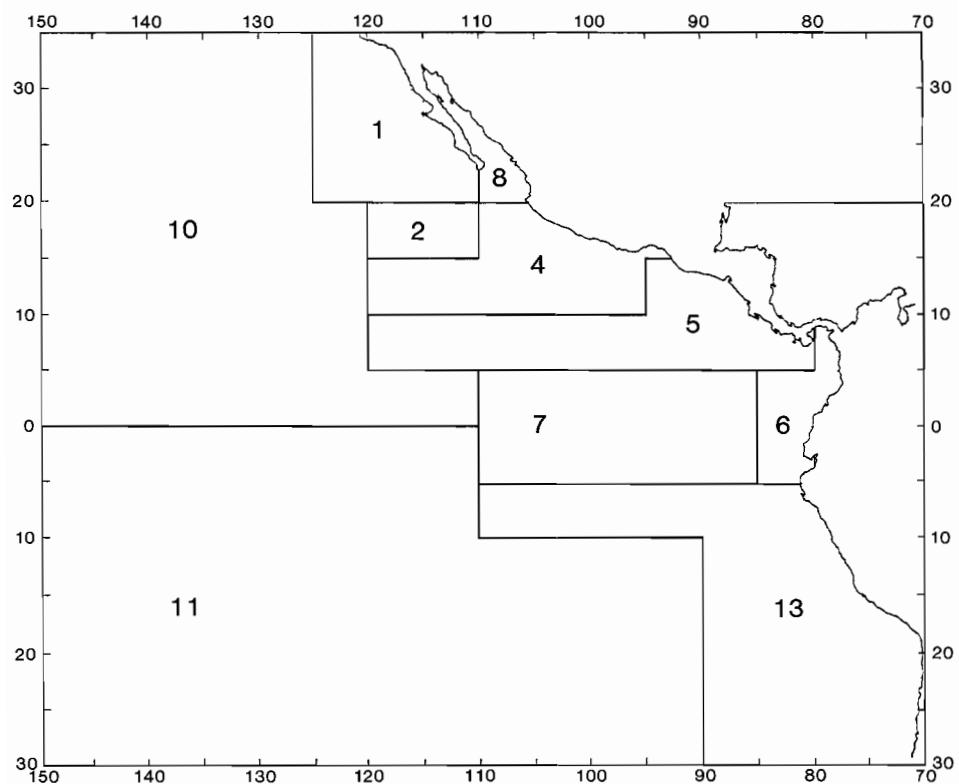


FIGURE 10. Areas used for sampling tunas in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 10. Zonas usadas para el muestreo del atún en el Océano Pacífico oriental.

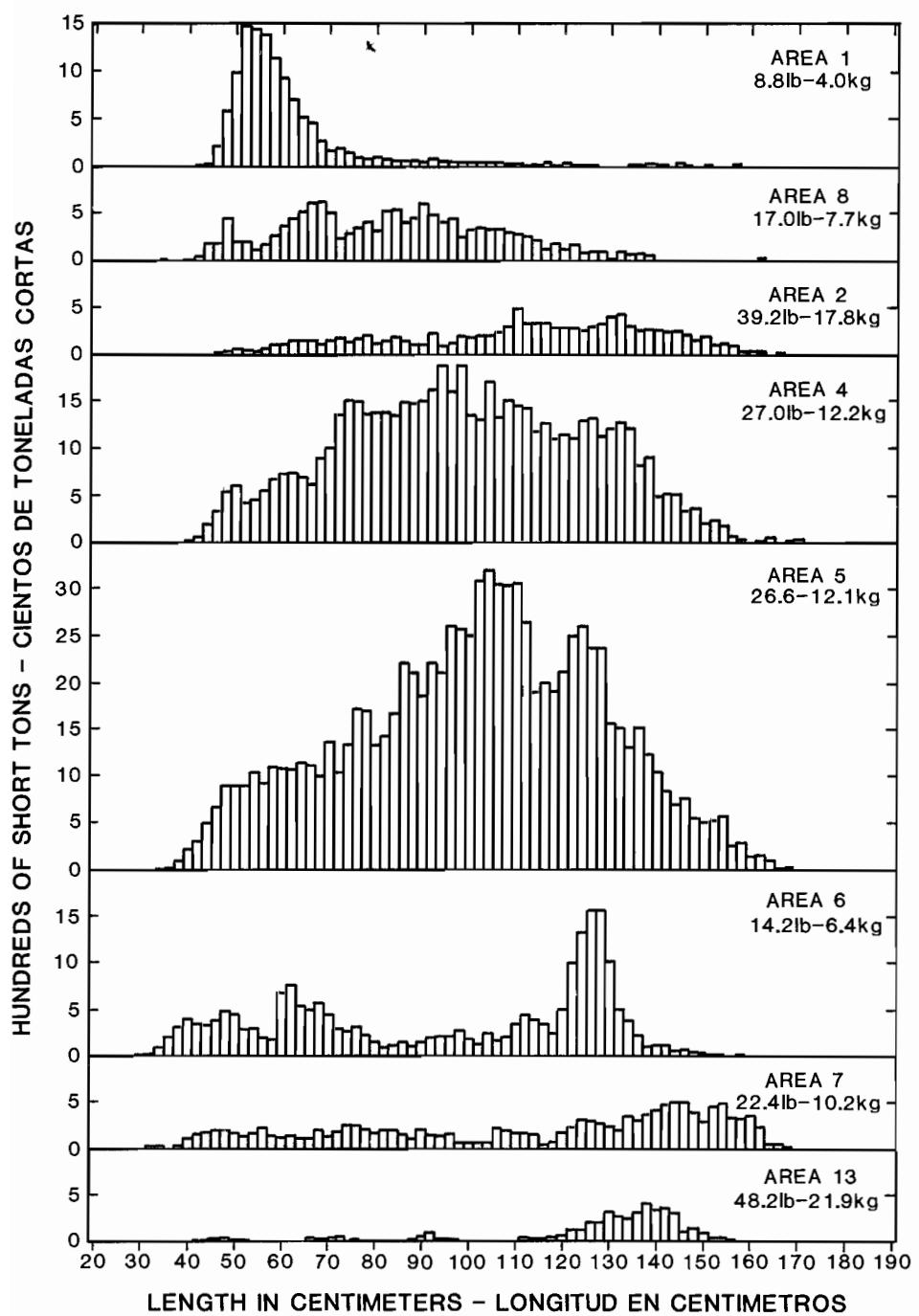


FIGURE 11. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals for the market measurement areas of the CYRA in 1987. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 11. Captura estimada de aleta amarilla, por intervalos de 2cm, en las zonas de medición en el ARCAA durante 1987. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.

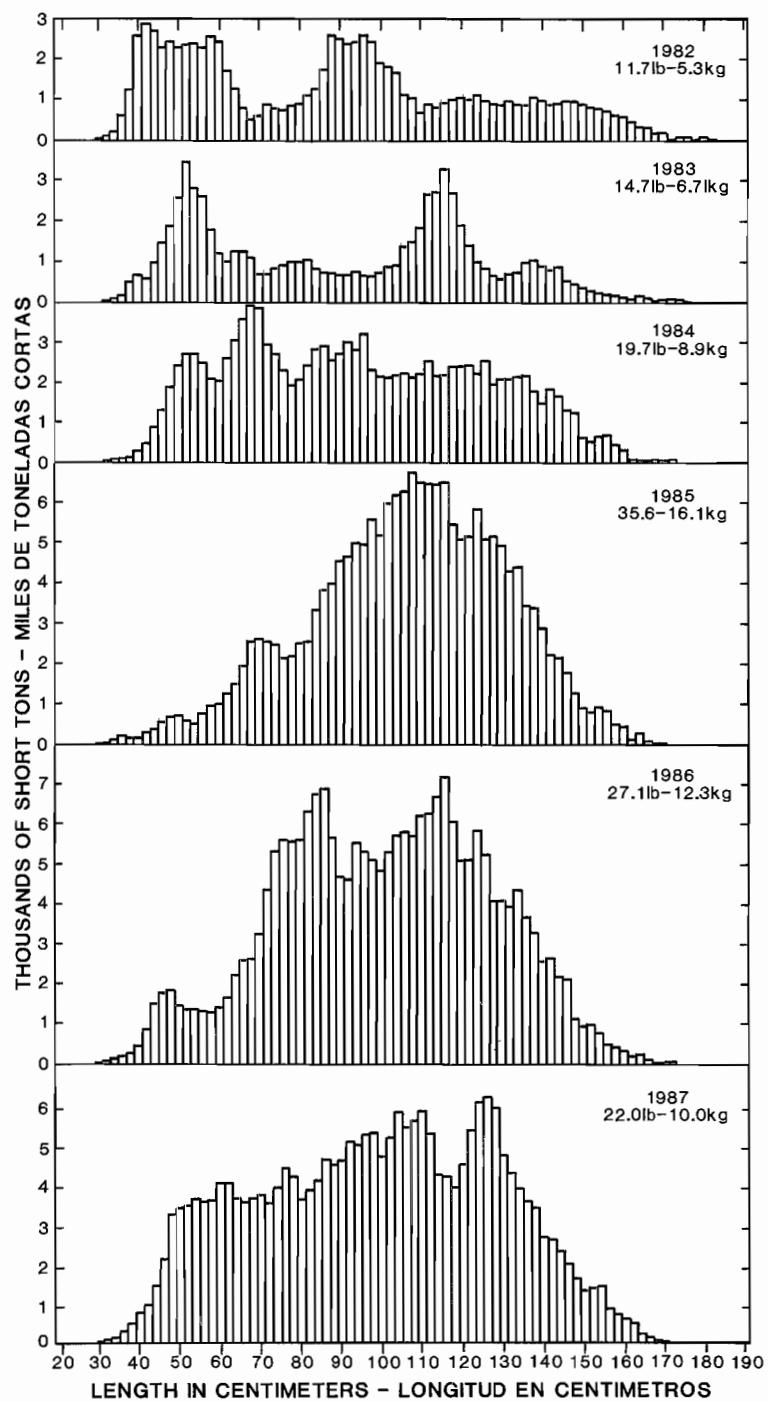


FIGURE 12. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 12. Captura estimada de aleta amarilla en el ARCAA, por intervalos de 2cm. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.

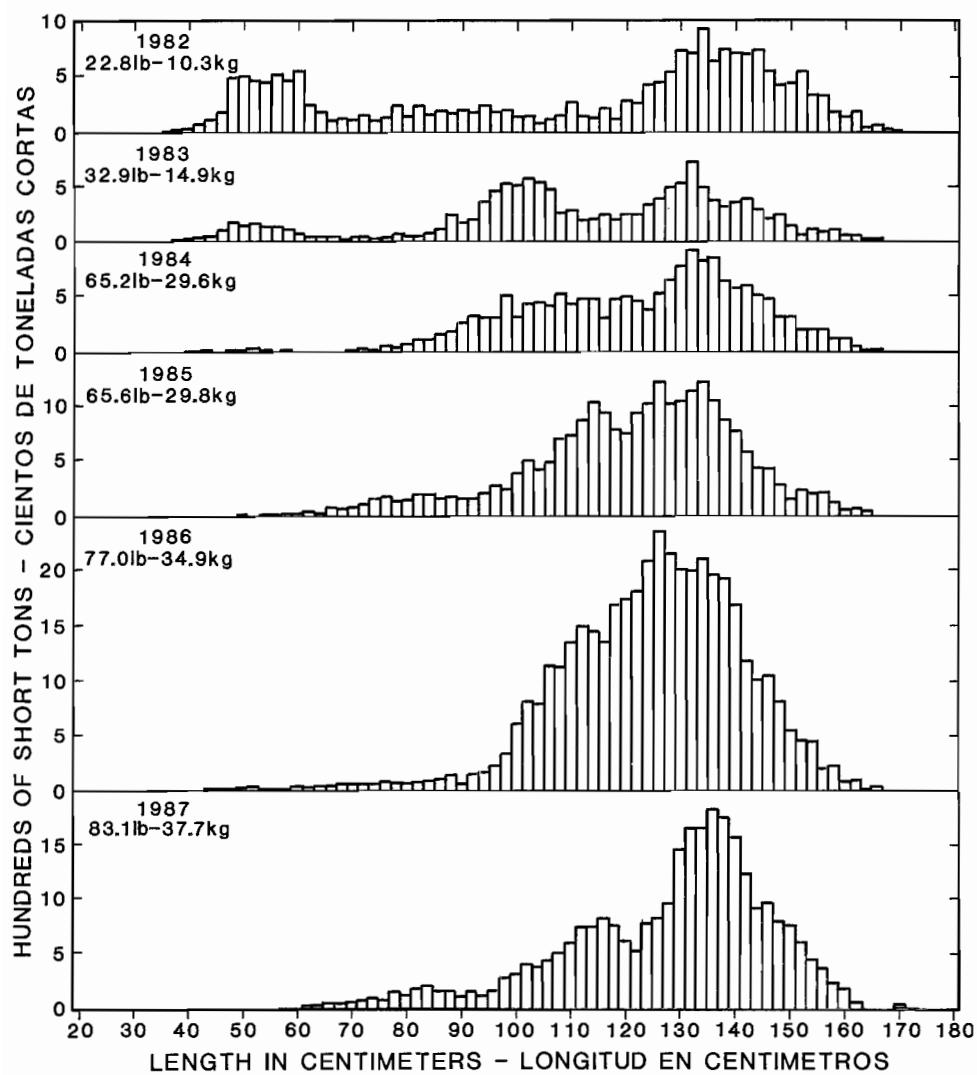


FIGURE 13. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 13. Captura estimada de aleta amarilla, por intervalos de 2cm, obtenida en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

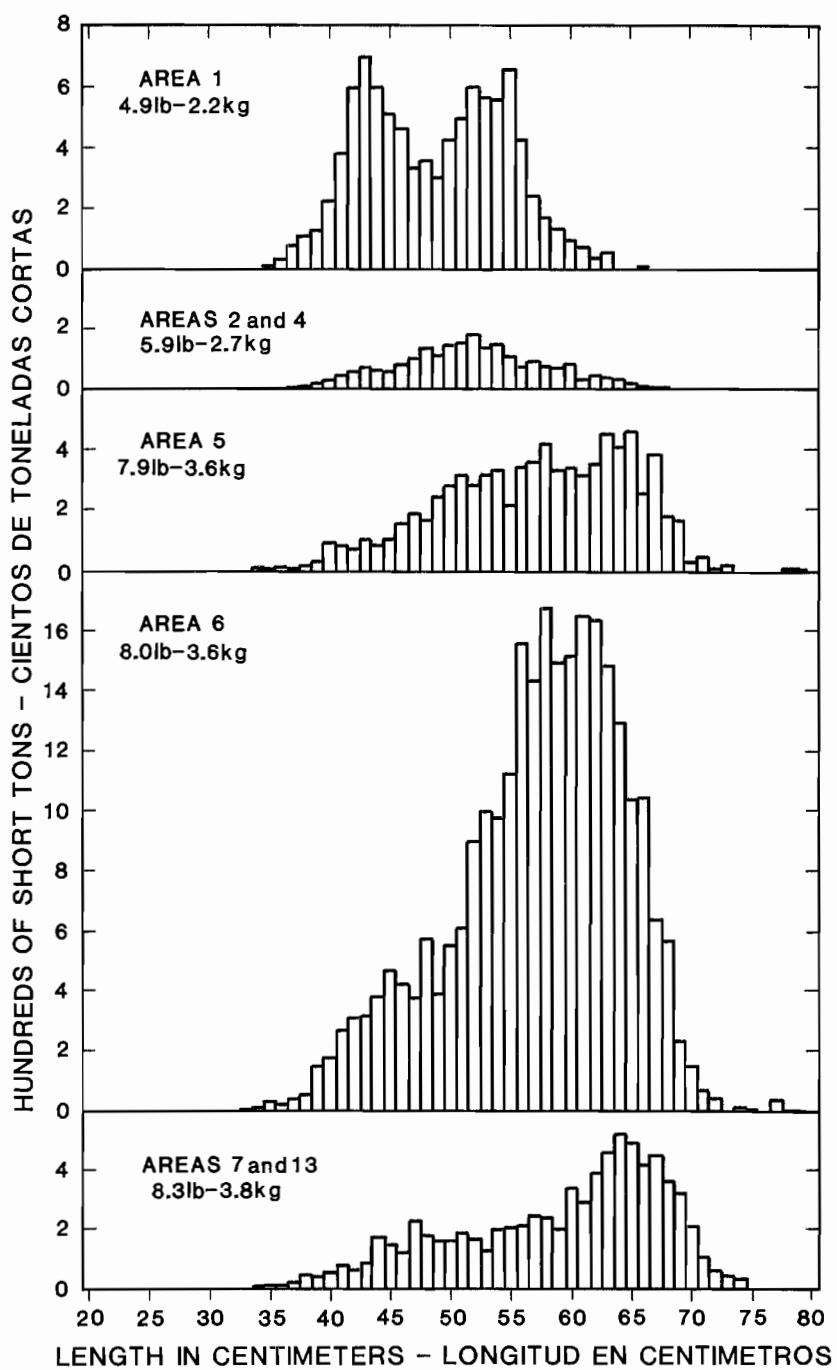


FIGURE 14. Estimated skipjack catch by 1-cm intervals for selected market measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1987. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 14. Captura estimada de barrilete, por intervalos de 1cm, correspondiente a zonas seleccionadas de medición en el Océano Pacífico oriental en 1987. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

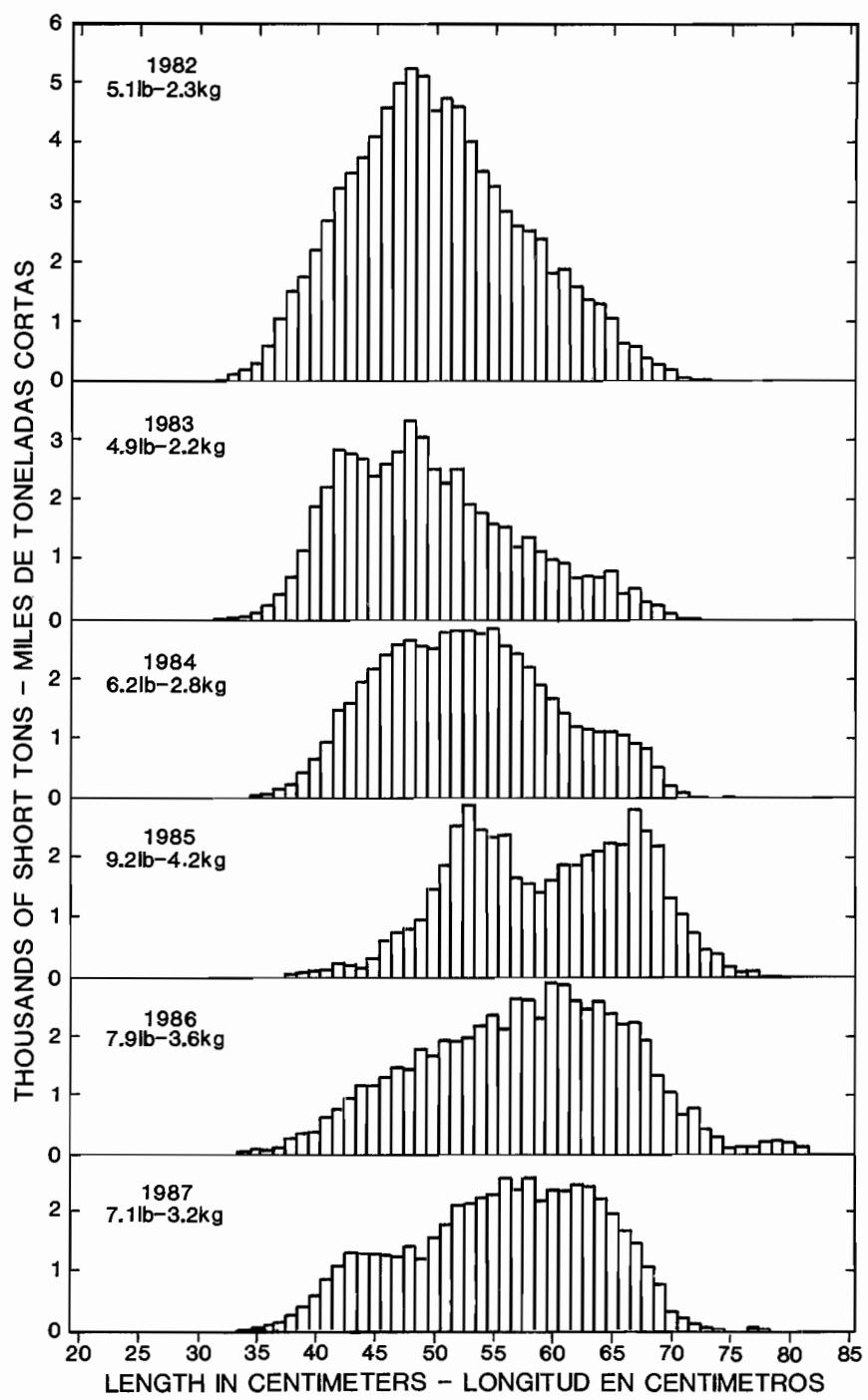


FIGURE 15. Estimated skipjack catch by 1-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 15. Captura estimada de barrilete, por intervalos de 1cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

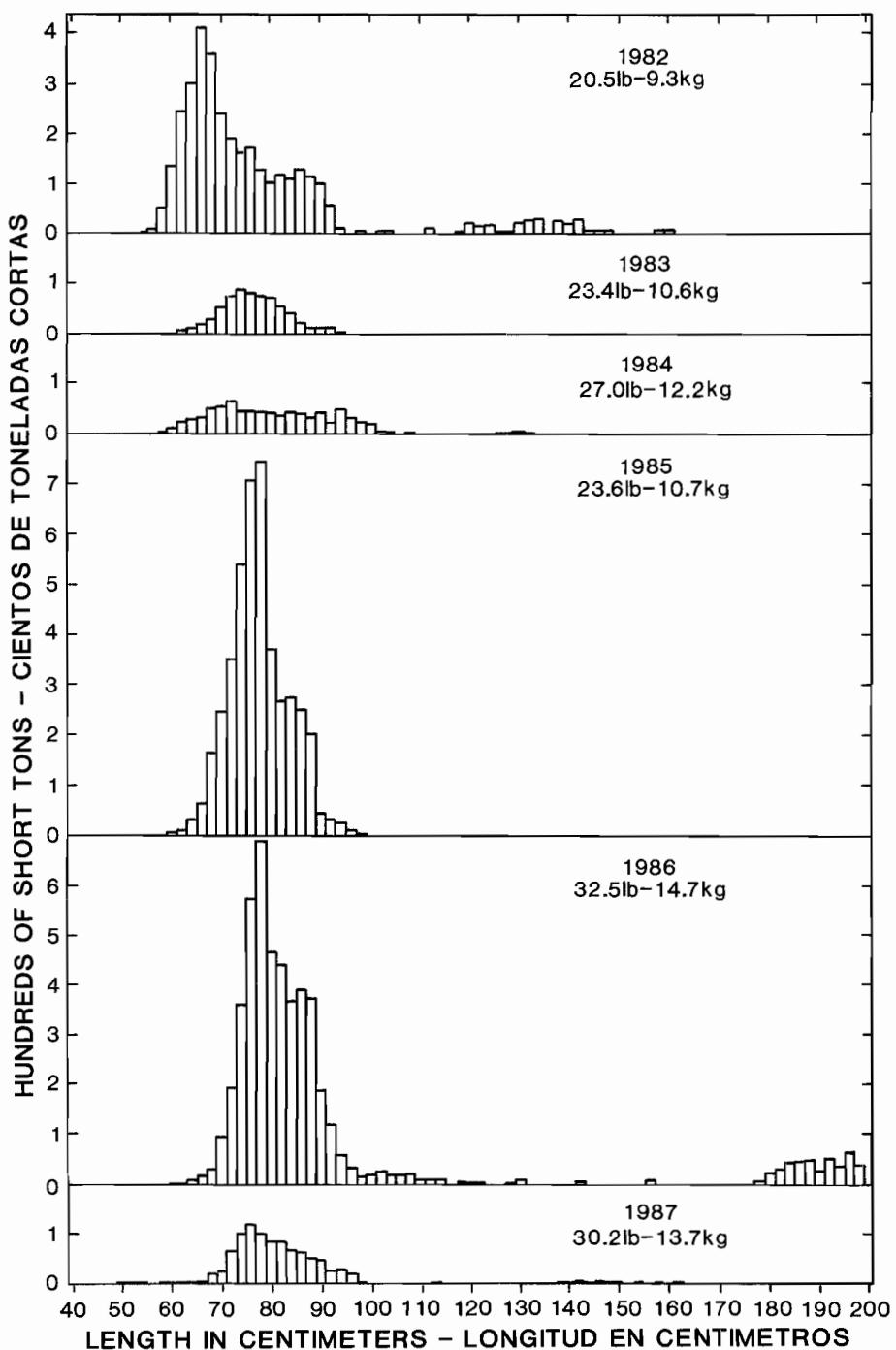


FIGURE 16. Estimated northern bluefin catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 16. Captura estimada de atún aleta azul del norte, por intervalos de 2cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior derecho de cada recuadro.

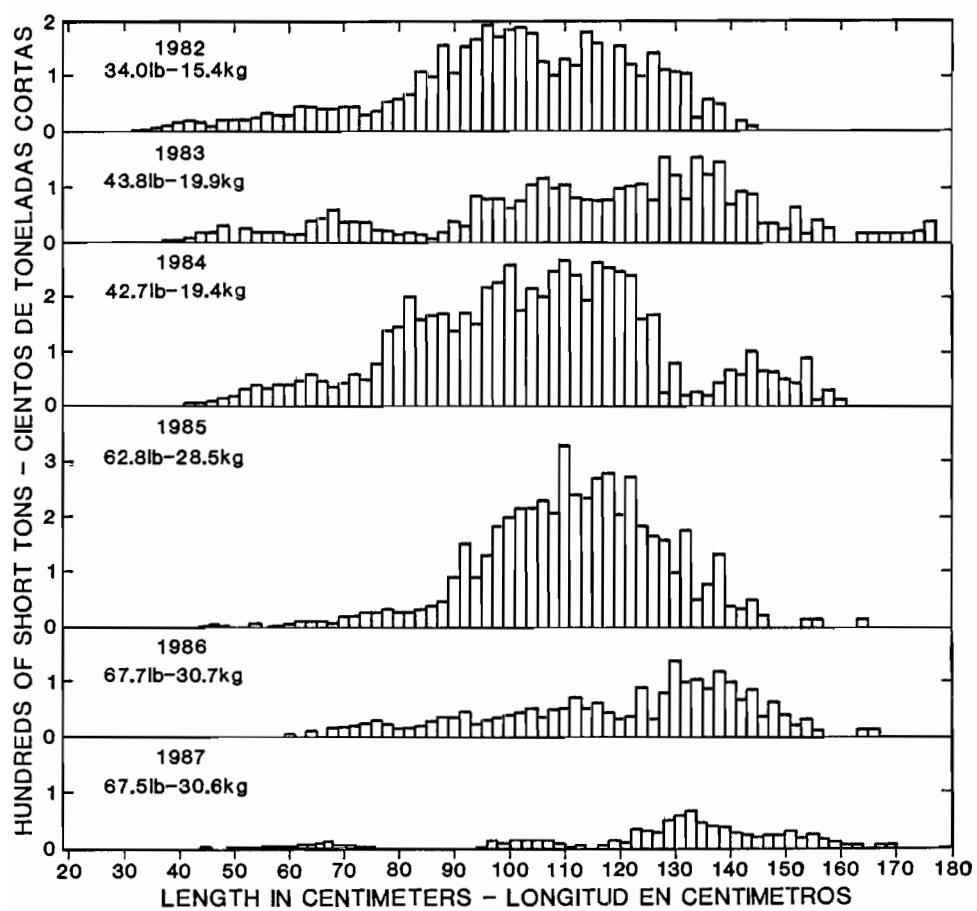


FIGURE 17. Estimated bigeye catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 17. Captura estimada de patudo, por intervalos de 2cm, obtenida en el Océano Pacífico oriental. El peso promedio aparece en el extremo superior izquierdo de cada recuadro.

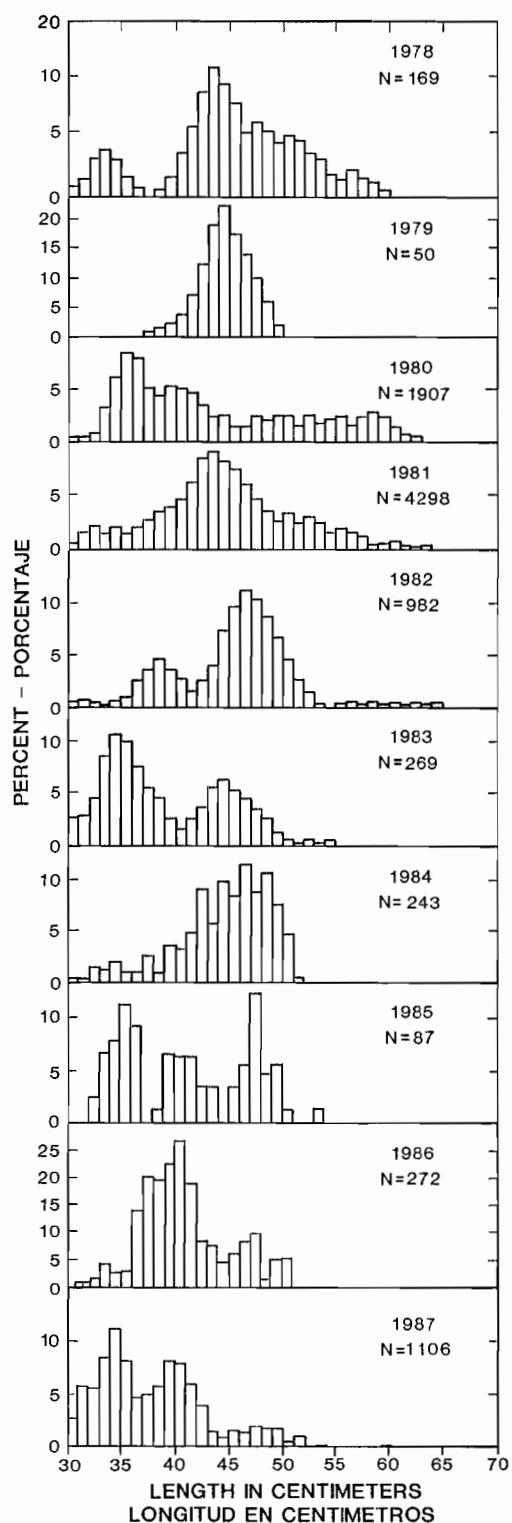


FIGURE 18. Annual length-frequency distributions of black skipjack caught in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 18. Distribución anual frecuencia-longitud del barrilete negro capturado en el Océano Pacífico oriental.

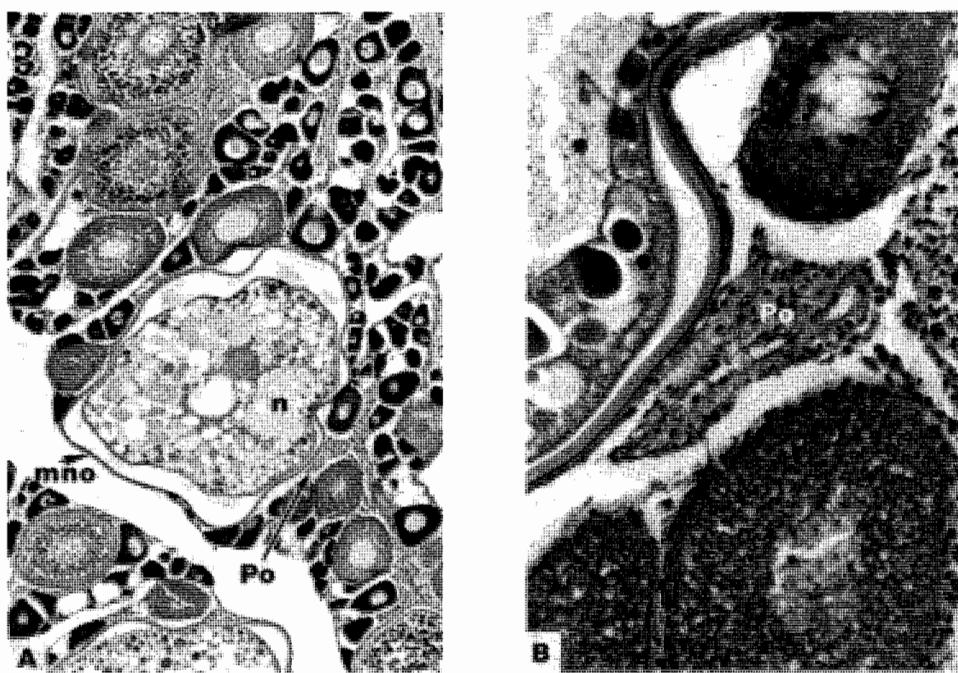


FIGURE 19. Transverse section of a mature ovary of a 1023-mm yellowfin tuna. A. migratory nucleus stage oocyte and postovulatory follicle, with oocytes in various developmental stages, x25; B. same postovulatory follicle under higher magnification, x150. mno = migratory nucleus oocyte; n = nucleus; po = postovulatory follicle.

FIGURA 19. Sección transversal del ovario maduro de un atleta amarilla de 1023mm. A) ovocito en etapa de núcleo migratorio, y folículo postovulatorio con ovocitos en varias etapas de desarrollo, x25; B) el mismo folículo postovulatorio, magnificado x150. mno = ovocito de núcleo migratorio; n = núcleo; po = folículo postovulatorio.

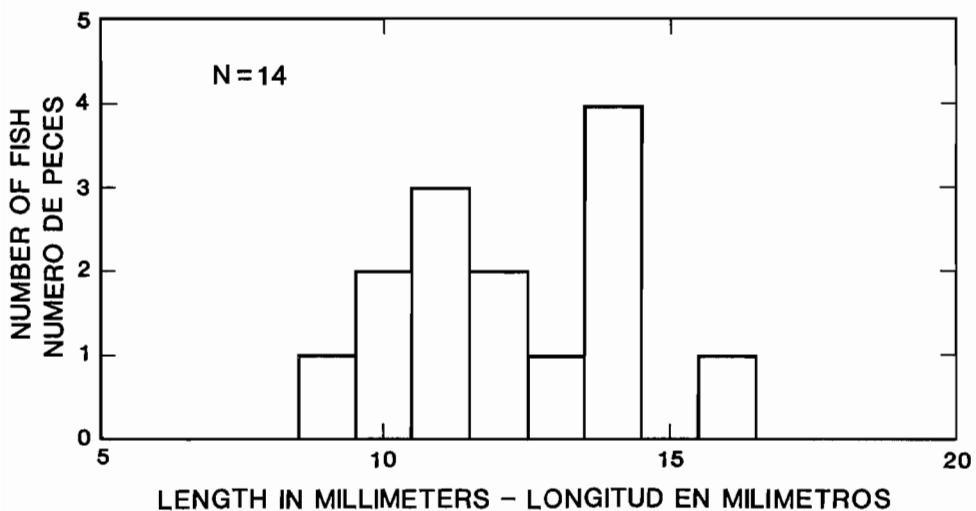


FIGURE 20. Lengths of early juvenile *Thunnus* sp. caught by nightlighting off Achotines during 1987.

FIGURA 20. Longitud de *Thunnus* sp. juveniles primarios capturados de noche con luz submarina frente a Achotines en 1987.

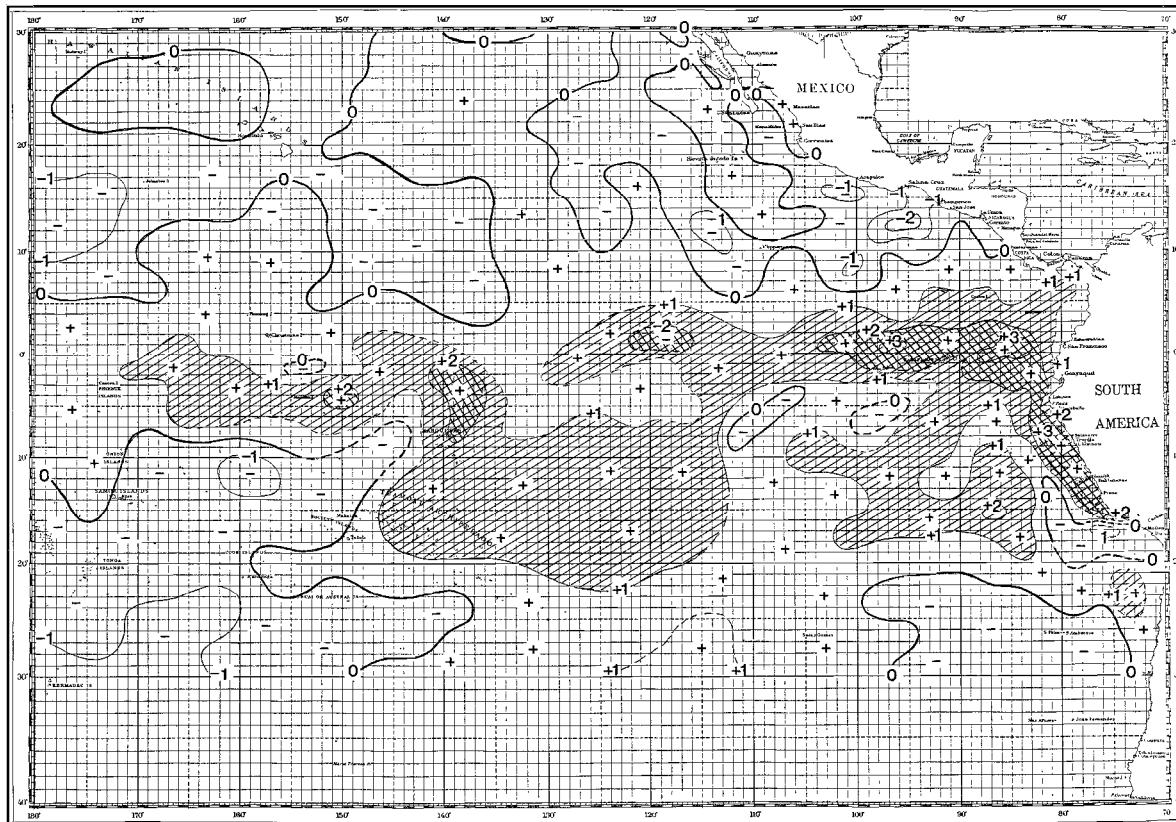


FIGURE 21. Departures of SSTs from long-term normals (anomalies) for April 1987, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SSTs from 1° to 3°C above normal are hatched.

FIGURA 21. Divergencias de las TSM de temperaturas normales a largo plazo (anomalías) en abril de 1987, basadas en datos de barcos mercantes y pesqueros. Las zonas sombreadas señalan las zonas en la TSM fue de 1° a 3°C superiores a lo normal.

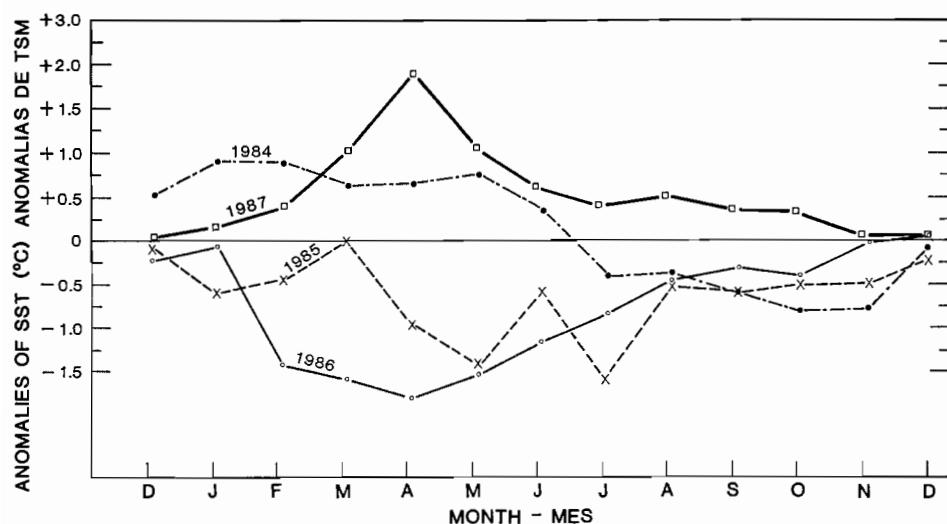


FIGURE 22. Monthly mean departures of SSTs from long-term normals (anomalies) at Manta, Ecuador, for 1984, 1985, 1986, and 1987. The anomalies are based on SSTs recorded at the end of the pier in the harbor at Manta.

FIGURA 22. Anomalías medias mensuales en la TSM en Manta, Ecuador, correspondientes a 1984, 1985, 1986, y 1987. Las anomalías se basan en TSM registradas al fin del muelle del puerto de Manta.

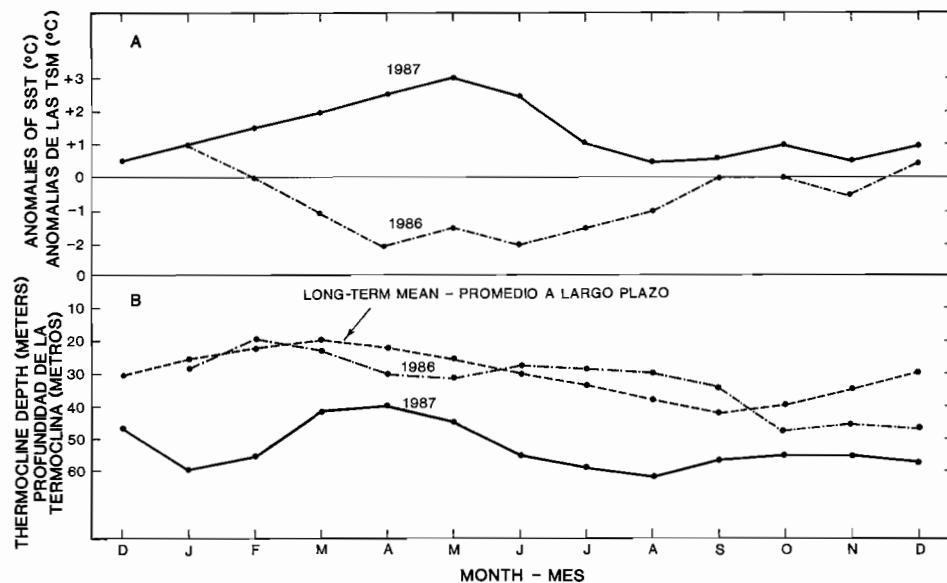


FIGURE 23. SST anomalies for Ecuador (A) and thermocline depths east of 100°W between 5°N and 5°S (B). The thermocline data were provided by Scripps Institution of Oceanography.

FIGURA 23. Anomalías de las TSM en el Ecuador (A), y profundidad de la termoclina al este de 100°W entre 5°N y 5°S (B). Los datos sobre la termoclina fueron proporcionados por el Instituto Scripps de Oceanografía.

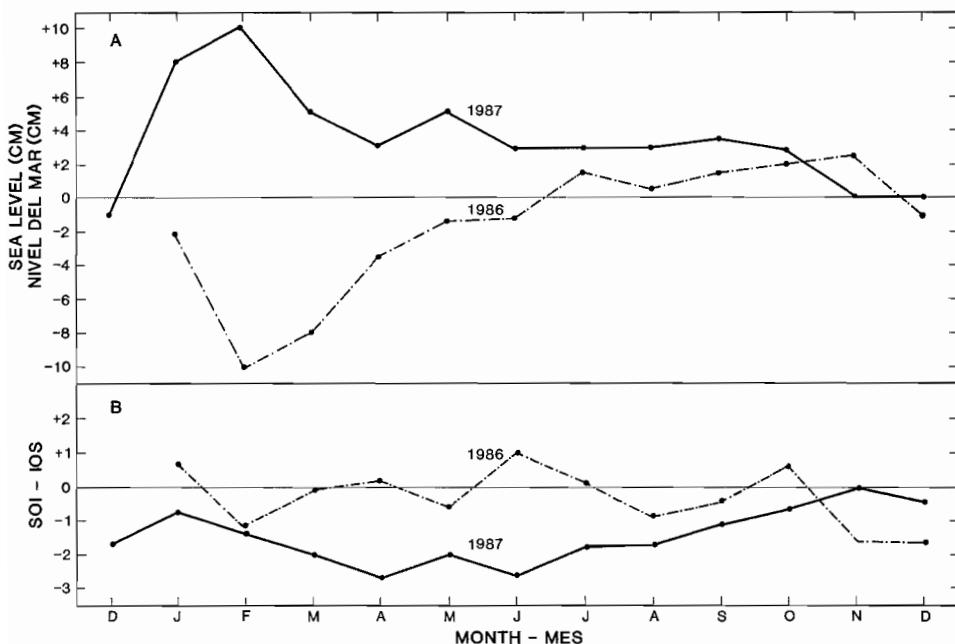


FIGURE 24. Sea-level anomalies at three coastal stations from Colombia to northern Peru (A) and Southern Oscillation Indices (B). The sea-level anomaly data were obtained from charts of monthly deviations of sea level published by Dr. Klaus Wyrtki, Department of Oceanography, University of Hawaii. The Southern Oscillation Index data were obtained from "Climate Diagnostics Bulletin," published by the Climate Analysis Center, Washington, D.C.

FIGURA 24. Anomalías en el nivel del mar registradas en tres estaciones costeras entre Colombia y el norte del Perú (A), e Índices de Oscilación Sureños. Los datos sobre las anomalías del nivel del mar se obtuvieron de mapas de desviaciones mensuales del nivel del mar publicados por el Dr. Klaus Wyrtki, del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Hawaii. Los datos sobre el Índice de Oscilación Sureño provienen del Climate Diagnostics Bulletin, publicado por el Climate Analysis Center, Washington, D.C., EE.UU.

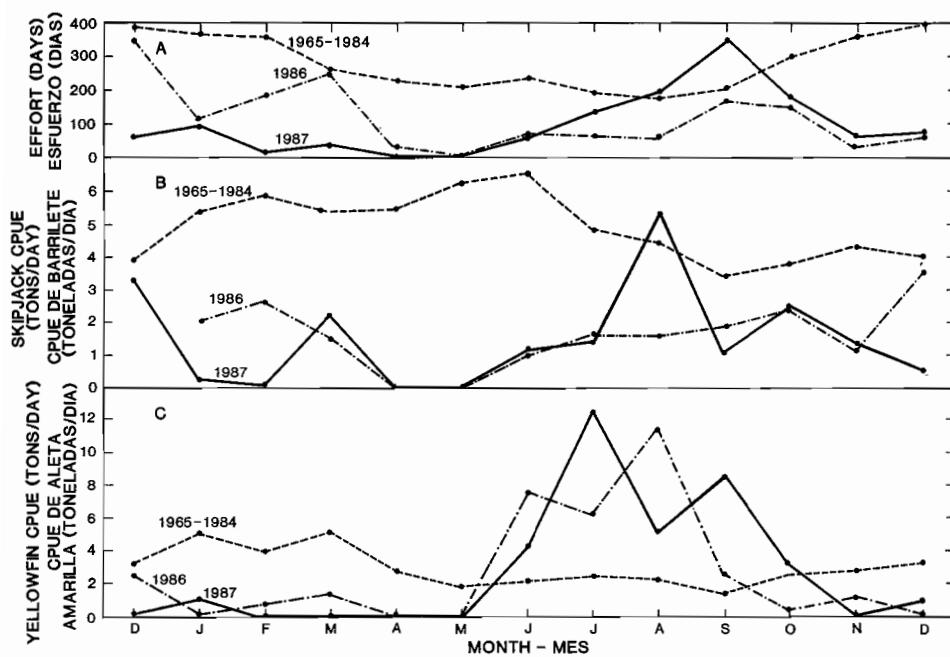


FIGURE 25. Effort by purse seiners (A) and CPUEs for skipjack (B) and for yellowfin (C) in the 5-degree area bounded by the equator, 5°S, 85°W, and the west coasts of Ecuador and Peru.

FIGURA 25. Esfuerzo cerquero (A) y CPUE de barrilete (B) y aleta amarilla (C) en la zona de 5° bordeada por la línea ecuatorial, 5°S, 85°W, y el litoral occidental del Ecuador y el Perú.

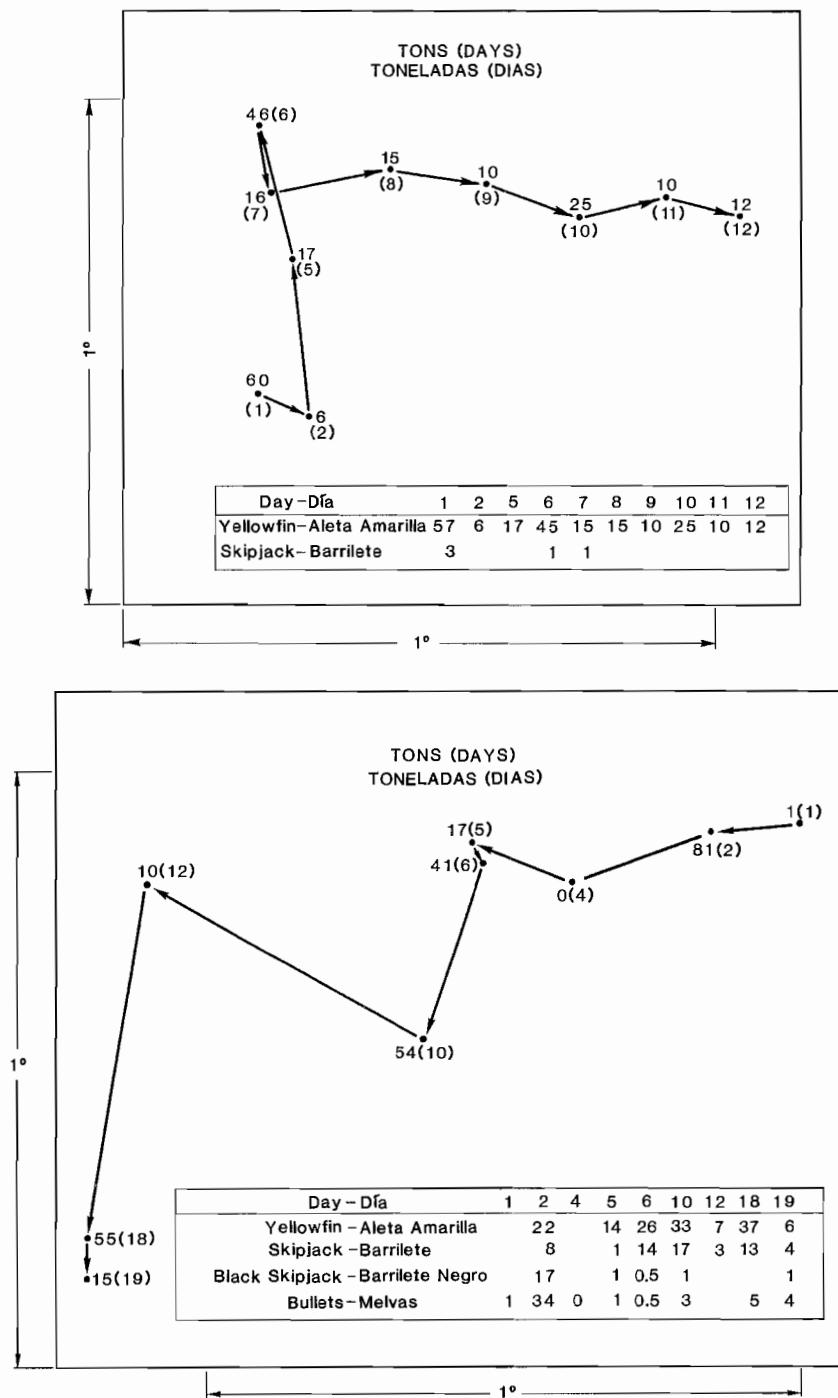


FIGURE 26. Tracklines of two vessels which made repeated sets over spans of 12 and 19 days, respectively, on the same logs.

FIGURA 26. Trayectorias de dos barcos que efectuaron lances repetidos sobre un objeto flotante a lo largo de 12 y 19 días, respectivamente.

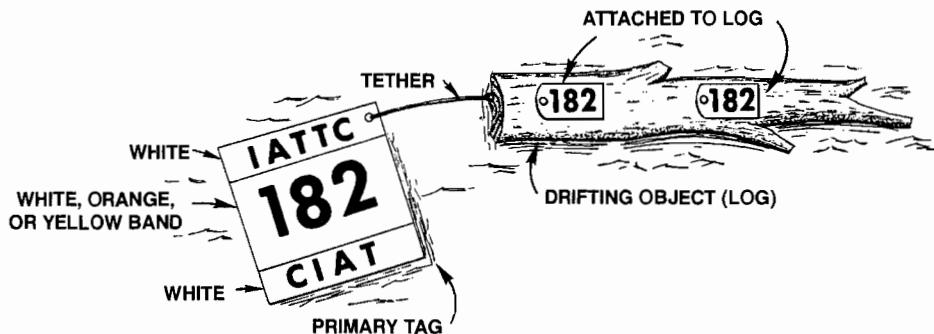
NOTICE TO FISHERMEN

Tagged Drifting Objects

The Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) will be tagging drifting objects, such as tree trunks, branches, etc., off the Colombian coast during August and September of 1987. The IATTC will also attempt to tag tunas associated with these objects.

The purpose of this project is to monitor the movement of drifting objects in the eastern Pacific tuna fishing grounds and to study the association of tunas with these objects.

SECONDARY TAGS—WHITE, ORANGE, OR YELLOW



Primary tag: One plastic floating square, 2 ft × 2 ft × 3/16 in, tethered to the object.

Secondary tag(s): One or more colored plastic tags, 6 in × 4 in, attached directly to the drifting object.

If you see any of these tagged drifting objects, please:

1. Record in your logbook and notify one of the offices on the back of this page, the following information:
 - a. Tag number (or color if number cannot be seen), and the condition of the tags
 - b. When and where it was sighted
 - c. Abundance of fish around it
 - d. Condition of the drifting object
2. Do not remove the tags from the log, as there is no reward for them.

Inter-American Tropical Tuna Commission

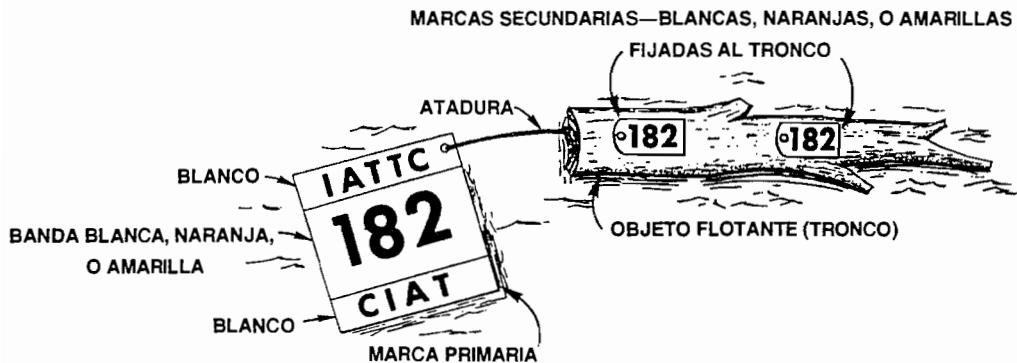
FIGURE 27. Announcement regarding the drifting objects project distributed to persons likely to encounter them. The names, addresses, and telephone numbers of persons who should be notified about sightings of marked drifting objects are printed on the back of the announcement.

AVISO A LOS PESCADORES

Objetos Flotantes Marcados

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) marcará objetos flotantes—por ejemplo, troncos de árboles, ramas, etc.—frente al litoral de Colombia durante agosto y septiembre de 1987. La CIAT pretenderá además marcar atunes asociados con estos objetos.

El objetivo de este proyecto es de investigar el movimiento de objetos flotantes en la pesquería atunera del Pacífico oriental y estudiar la asociación de atunes con tales objetos.



Marca primaria: Cuadrado flotante de plástico, 60cm × 60cm × 5mm, atado al objeto.

Marca secundaria: Una o más marcas coloreadas de plástico, 15cm × 10cm, fijadas directamente al objeto flotante.

Si ve uno de estos objetos flotantes marcados, favor de:

1. Registrar en su bitácora, y comunicar a una de las oficinas anotadas al dorso, la siguiente información:
 - a. Número de la marca (o color si no se puede ver el número) y su condición
 - b. Donde y cuando la avistó
 - c. Abundancia de peces al alrededor del tronco
 - d. Condición del objeto flotante
2. No separar la marca del tronco—no se recompensará su devolución.

Comisión Interamericana del Atún Tropical

FIGURA 27. Anuncio referente al proyecto de objetos flotantes distribuido a personas que probablemente los verán. Al dorso del anuncio se encuentran los nombres, las direcciones, y los números de teléfono de las personas a avisar en caso de avistar un objeto flotante marcado.

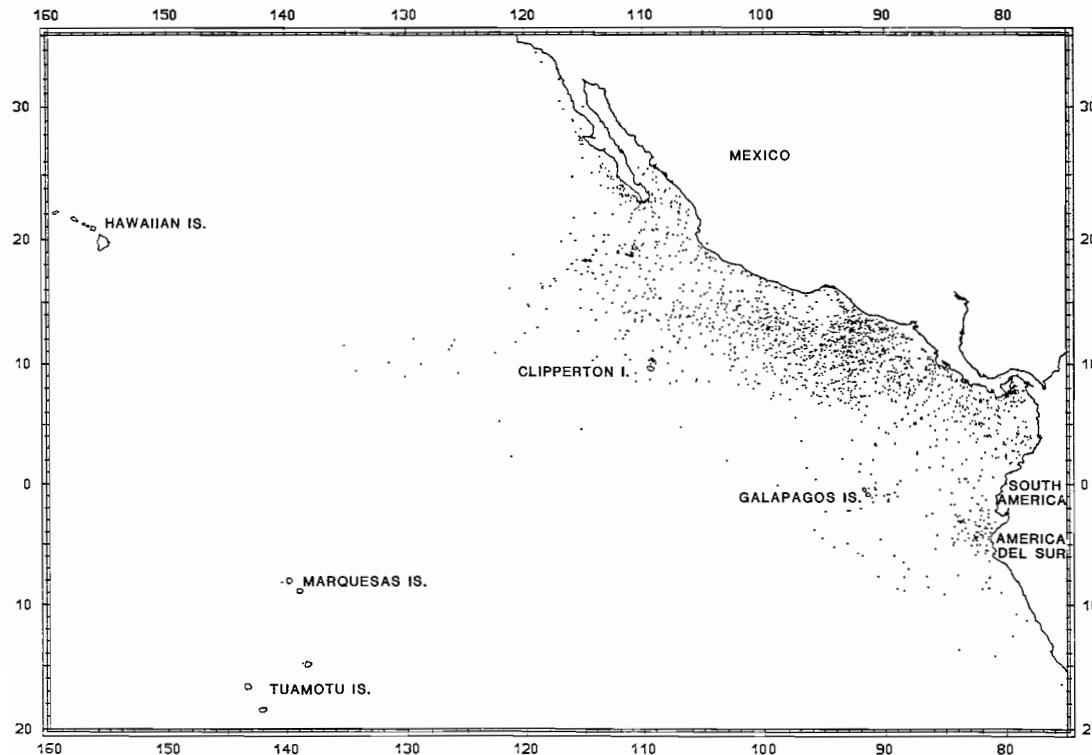


FIGURE 28. Distribution of all sightings of bottlenose dolphins in the eastern Pacific Ocean ($n = 5,461$).

FIGURA 28. Distribución de todos los avistamientos de *Tursiops truncatus* en el Océano Pacífico oriental ($n = 5,461$).

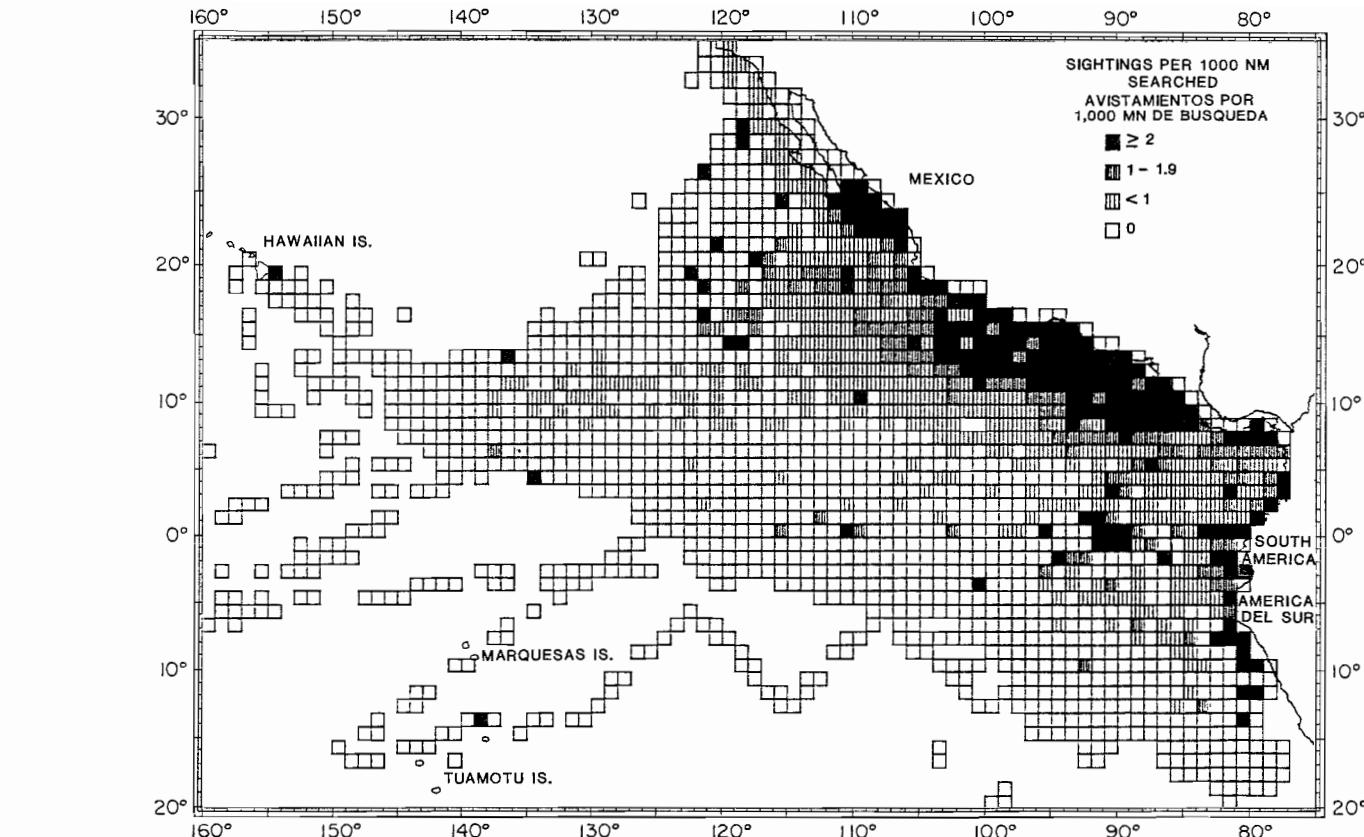


FIGURE 29. Density of bottlenose dolphins in the eastern Pacific Ocean sighted during 1979–1985 from tuna purse seiners. The density in a 1-degree quadrangle is measured by the number of bottlenose dolphin herds sighted per 1,000 nautical miles searched.

FIGURA 29. Densidad de *Tursiops truncatus* avistados desde cerqueros atuneros en el Océano Pacífico oriental durante 1979–1985. Se mide la densidad en el cuadrado de 1° a partir del número de manadas de *Tursiops* avistados por mil millas náuticas buscadas.

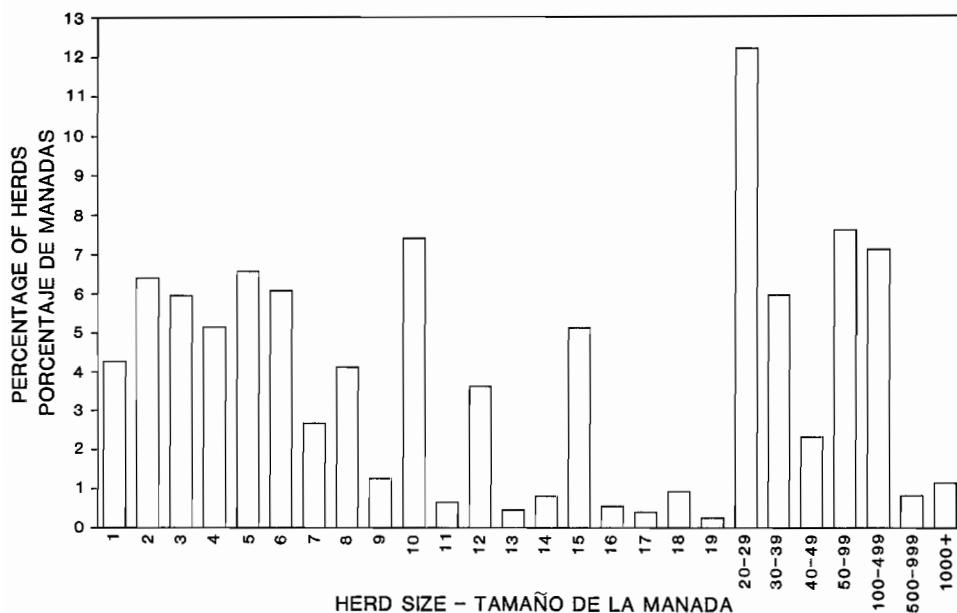


FIGURE 30. Frequency distribution of bottlenose dolphin herd sizes in the eastern Pacific Ocean ($n = 5,461$). The numbers of bottlenose dolphins, rather than the numbers of all species of dolphins, are used in mixed-species herds. Some of the "spikes" in the data are due to the tendency of the scientific technicians to round off the herd-size estimates to multiples of five.

FIGURA 30. Distribución de frecuencia de tamaños de manadas de *Tursiops truncatus* en el Océano Pacífico oriental ($n = 5,461$). En las manadas de especies mixtas se usa el número de *Tursiops* y no el de todas las especies. Algunos de los "picos" en los datos se deben a que los técnicos científicos suelen redondear sus estimaciones del tamaño de las manadas al múltiplo de 5 más cercano.

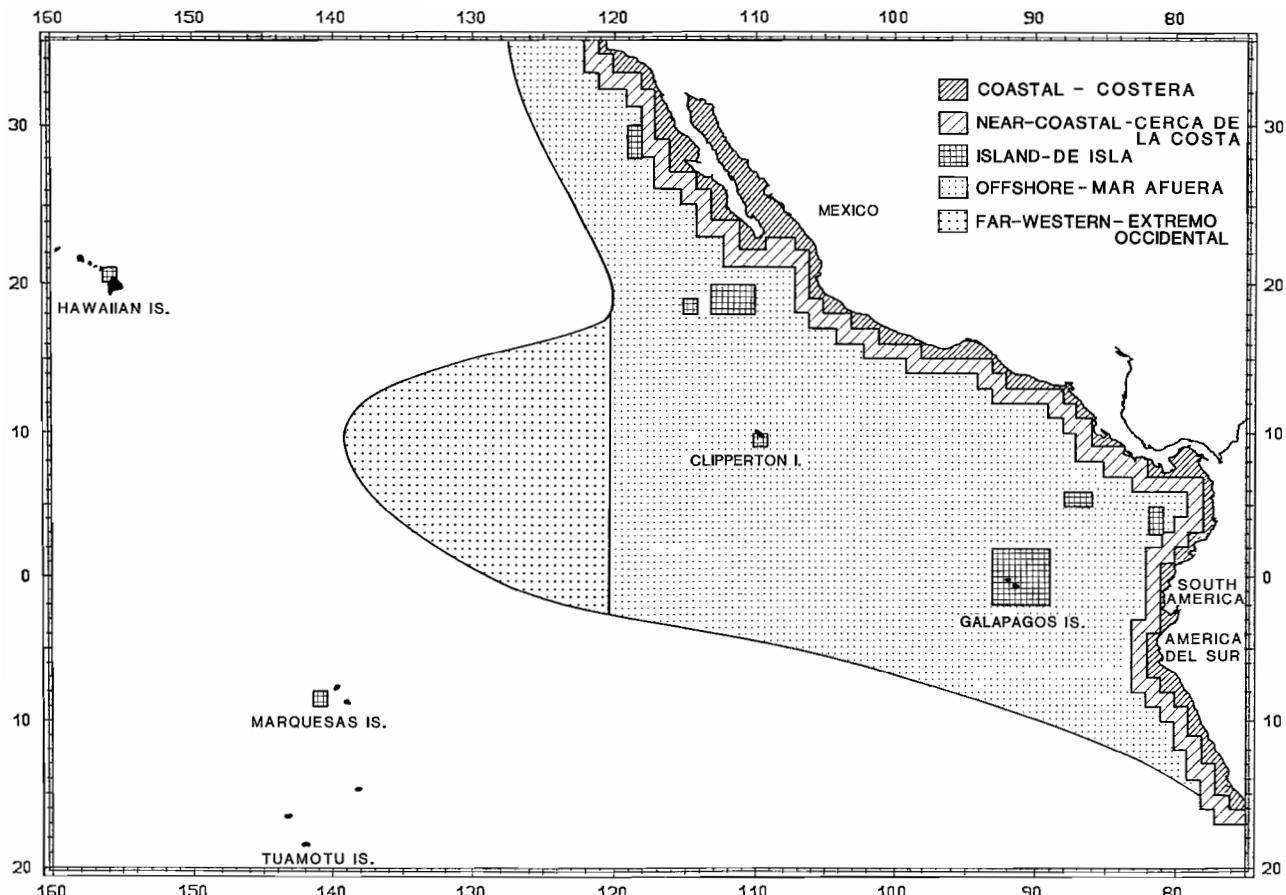


FIGURE 31. Areas used to stratify the sightings of bottlenose dolphins. The definitions of the areas are given in the text.
 FIGURA 31. Zonas usadas para estratificar los avistamientos de *Tursiops truncatus*. Se definen las zonas en el texto.

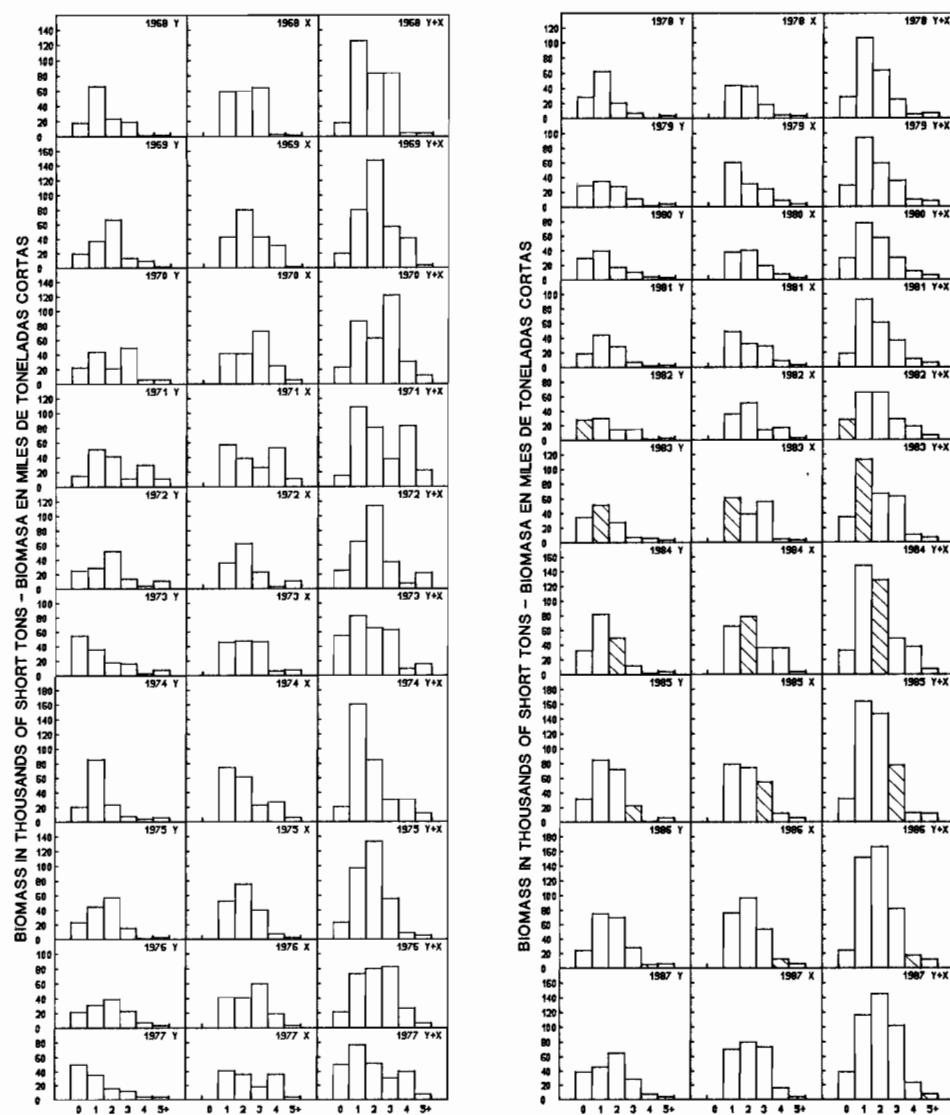


FIGURE 32. Average within-year biomass estimates of yellowfin in the CYRA by age groups.

FIGURA 32. Estimaciones del promedio, en el año, de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA, por grupos de edad.

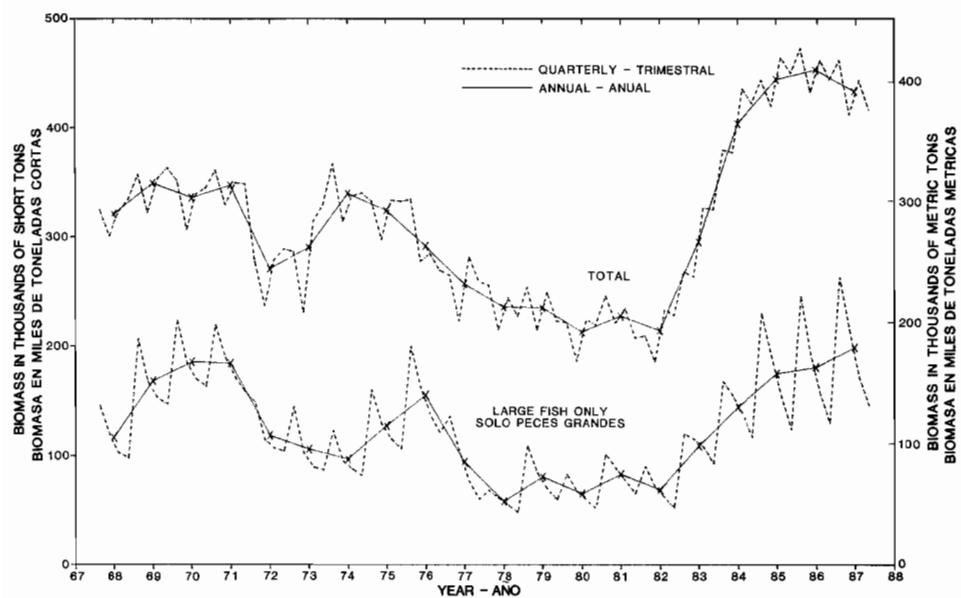


FIGURE 33. Average quarterly and annual biomass estimates of yellowfin in the CYRA for all fish and for larger fish only.

FIGURA 33. Estimaciones del promedio trimestral y anual de la biomasa del aleta amarilla en el ARCAA correspondientes a todos los peces y sólo a los peces más grandes.

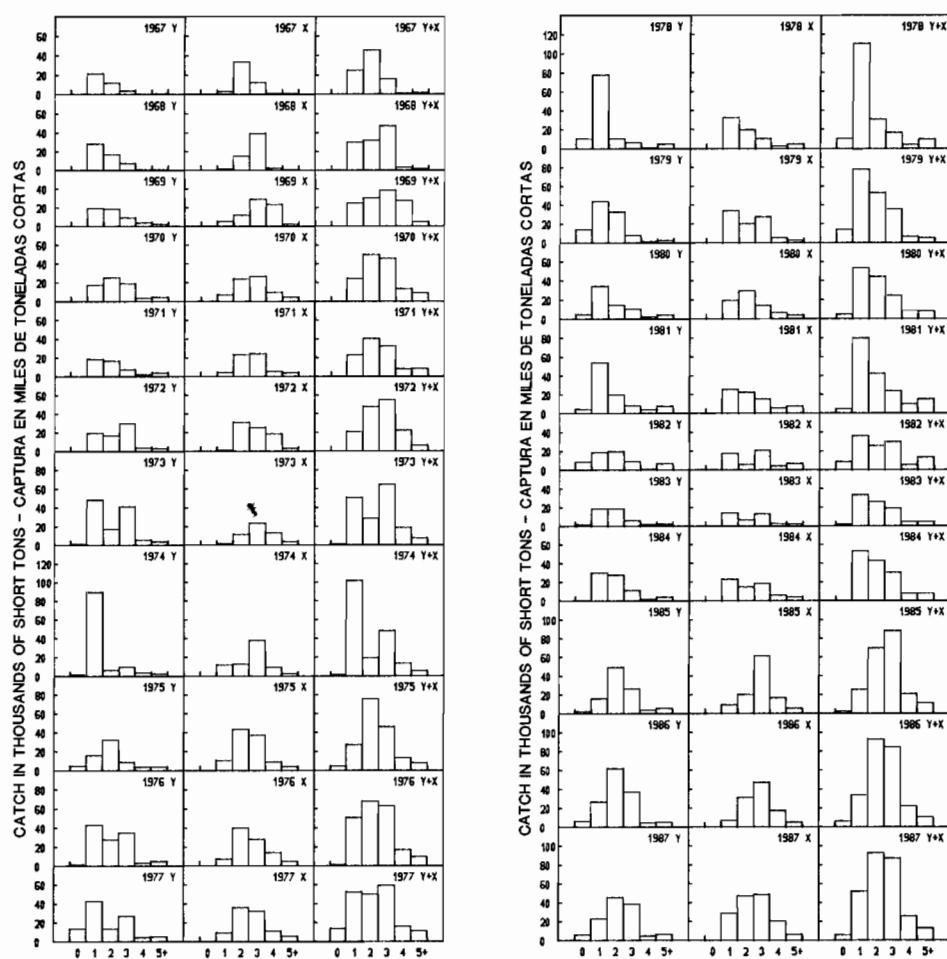


FIGURE 34. Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5 + by purse seiners during 1967 through 1987, by X and Y groups.

FIGURA 34. Capturas estimadas de los grupos X e Y de aleta amarilla, de 1 a 5 + años de edad, obtenidas por barcos cerqueros en el período 1967-1987.

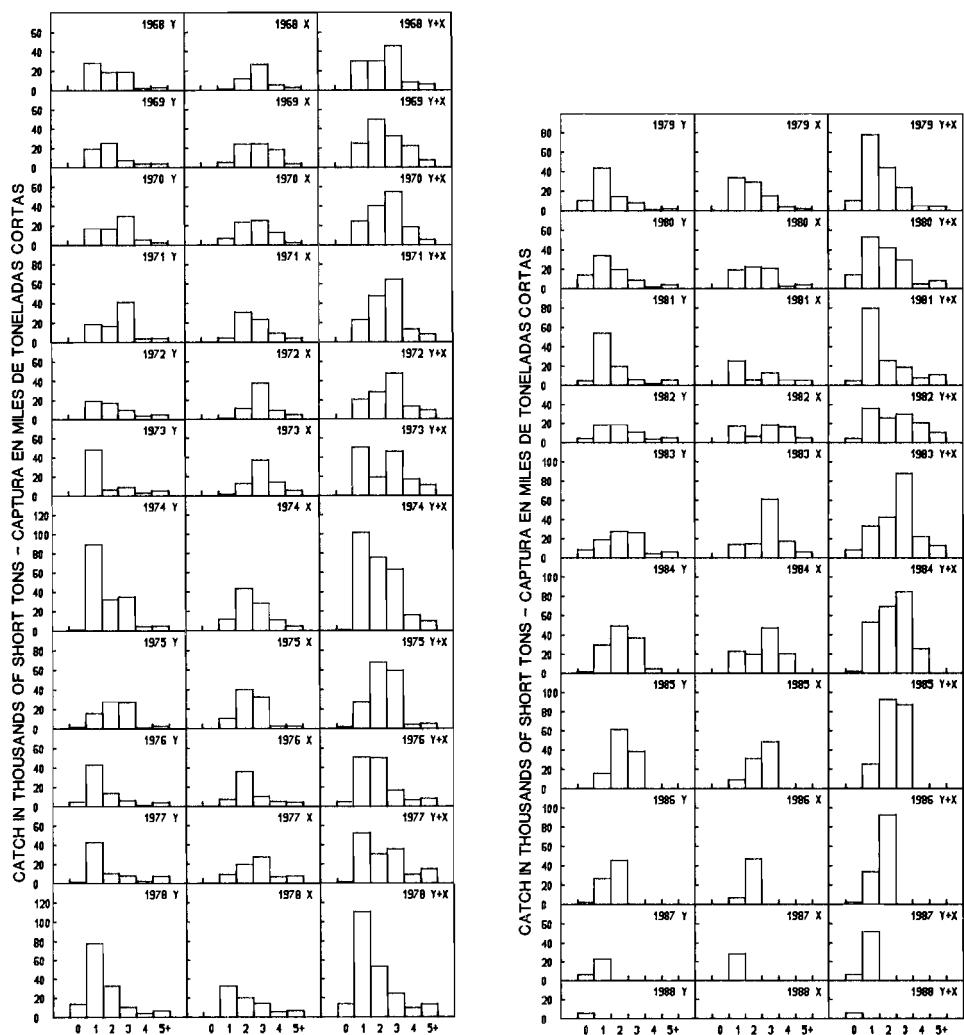


FIGURE 35. Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1988 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners, by X and Y groups.

FIGURA 35. Capturas estimadas de los grupos X e Y de aleta amarilla, de las cohortes de 1968 a 1988, de peces de 1 a 5+ años de edad, obtenidas por barcos cerqueros.

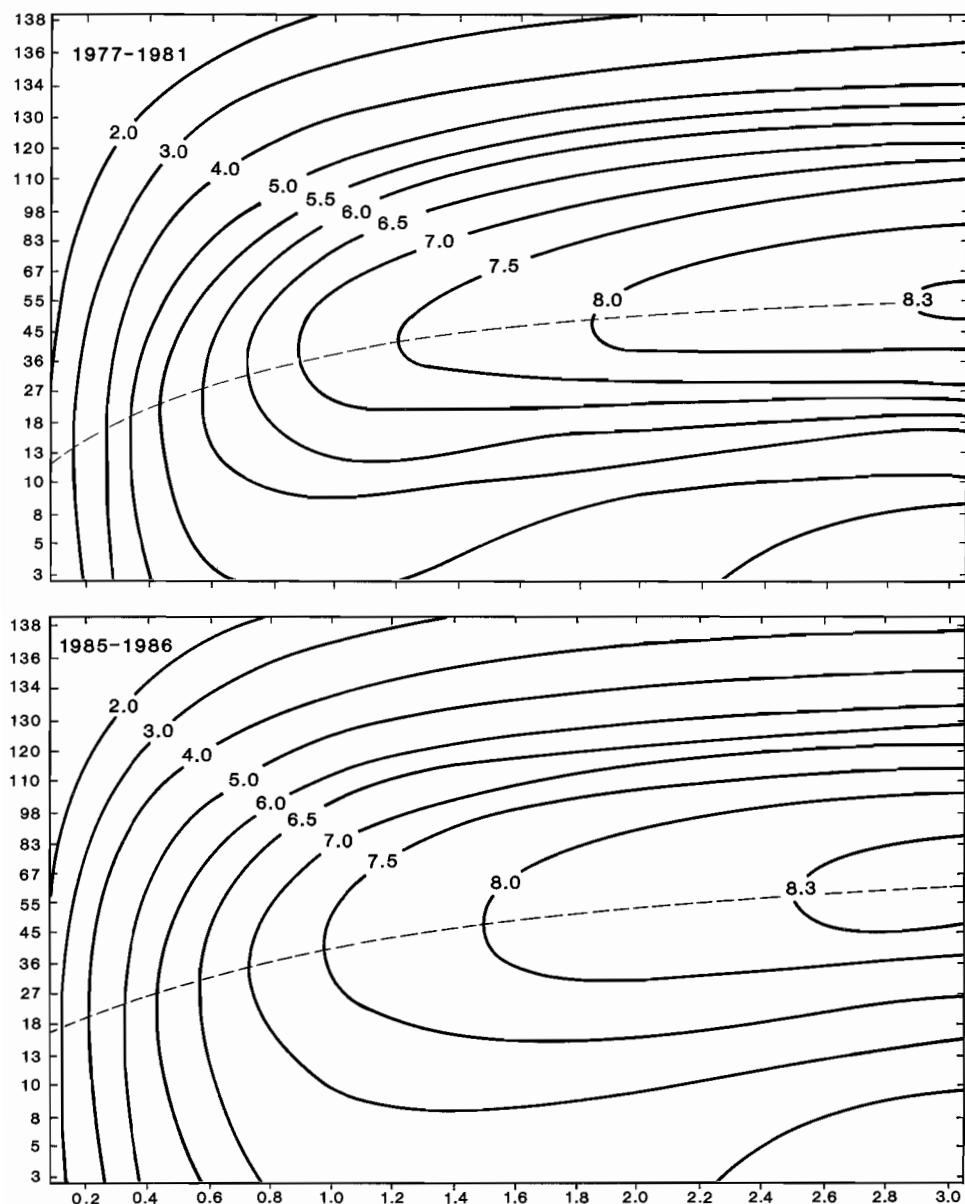


FIGURE 36. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

FIGURA 36. Relación entre el tamaño de ingreso, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del aleta amarilla, correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca específica para cada edad.

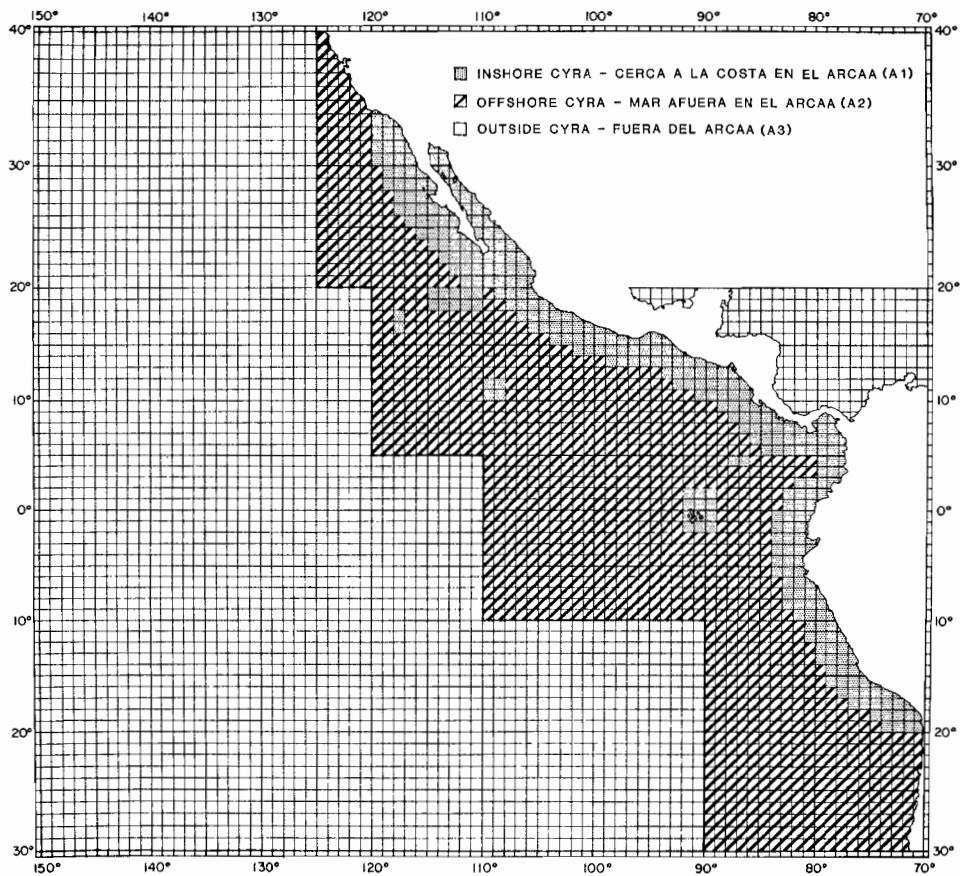


FIGURE 37. The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

FIGURA 37. El Océano Pacífico oriental. Se indican las zonas históricas de la pesca de aleta amarilla, A1, las zonas de pesca más recientes en el ARCAA, A2, y la zona fuera del ARCAA (exterior), A3.

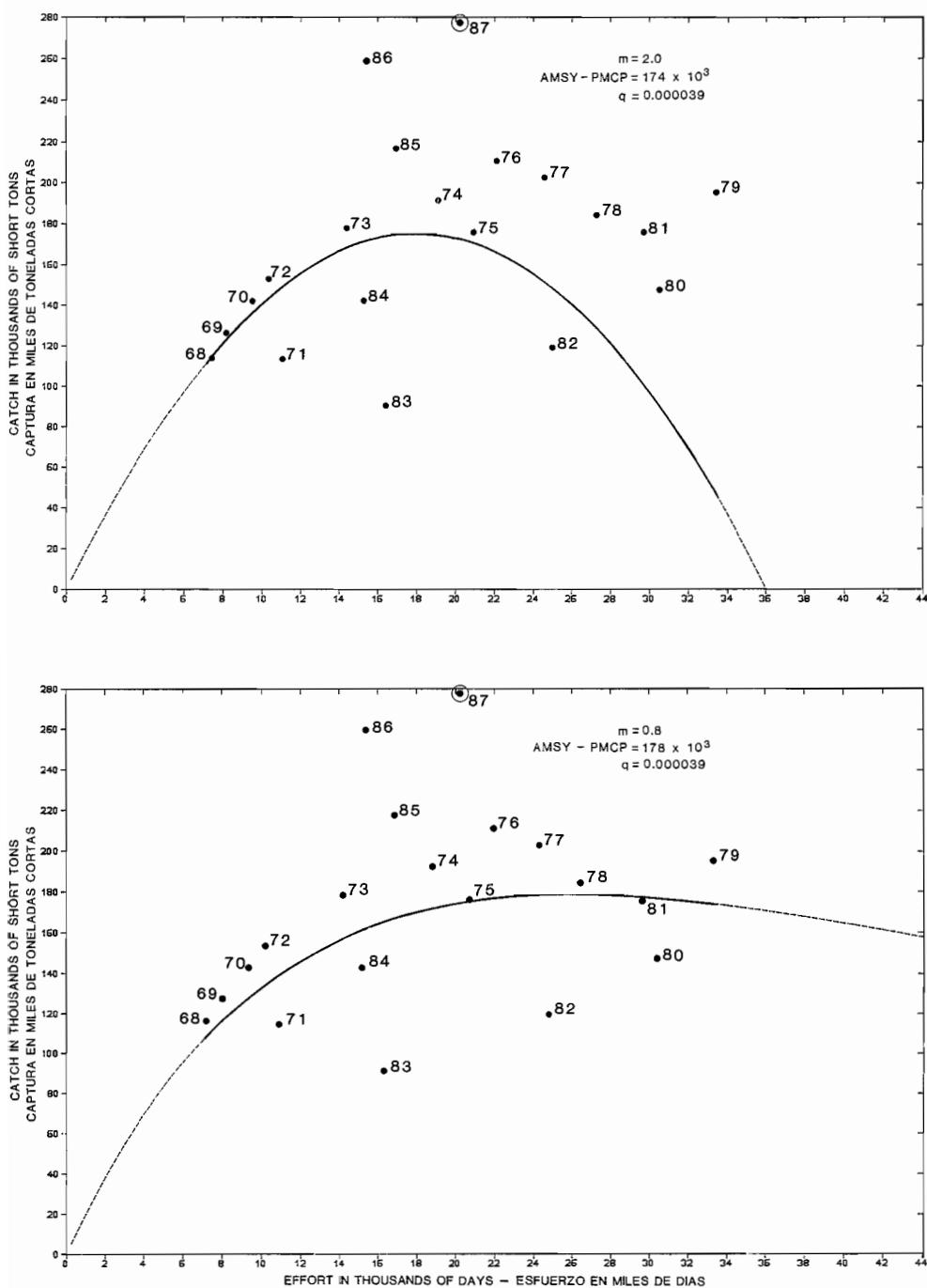


FIGURE 38. Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1968–1987, for the logistic (symmetrical) model and the generalized stock production (asymmetrical) model with q set at 0.000039.

FIGURA 38. Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca de aleta amarilla en el ARCAA, 1968–1987, para el modelo logístico (simétrico) y el modelo general de producción del stock (asimétrico) en que q tiene un valor de 0.000039.

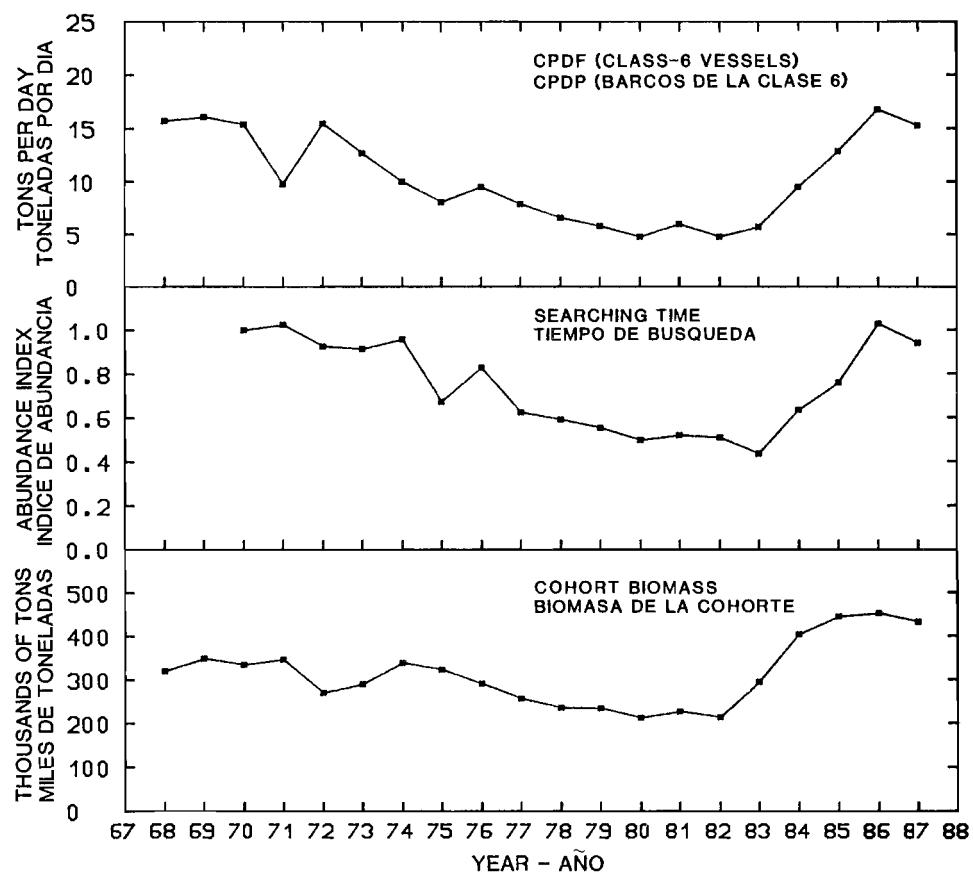


FIGURE 39. Three indices of abundance of yellowfin in the CYRA.

FIGURA 39. Tres índices de la abundancia del aleta amarilla en el ARCAA.

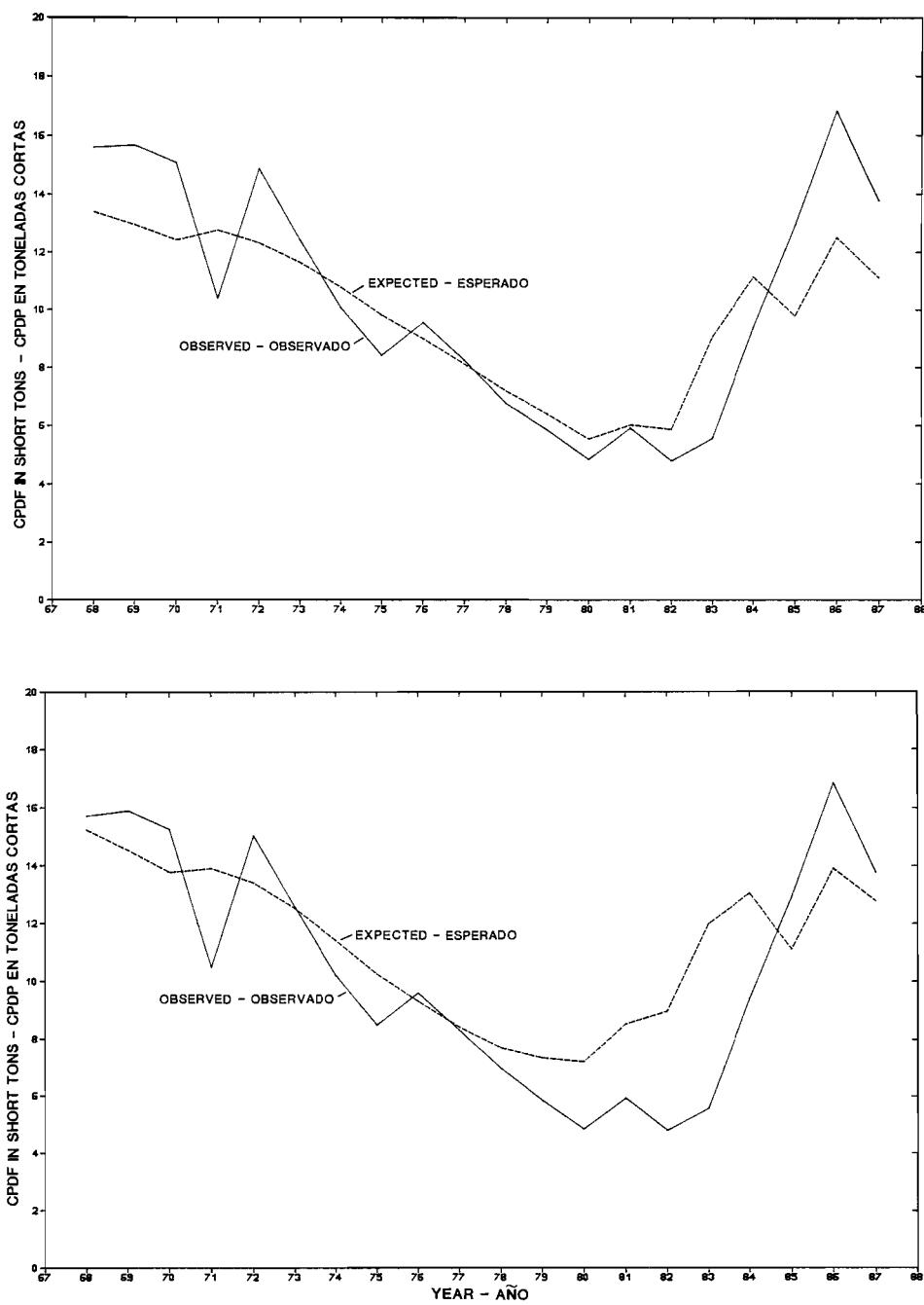


FIGURE 40. Observed CPUE of yellowfin in the CYRA and CPUE values predicted from the production model with q set at 0.000039 and m set at 2.0 (upper panel) and 0.8 (lower panel).

FIGURA 40. CPUE observada de aleta amarilla en el ARCAA y valores pronosticados de la CPUE a partir del modelo de producción, en el cual q se fijó a 0.000039 y m se fijó a 2.0 (recuadro superior) y 0.8 (recuadro inferior).

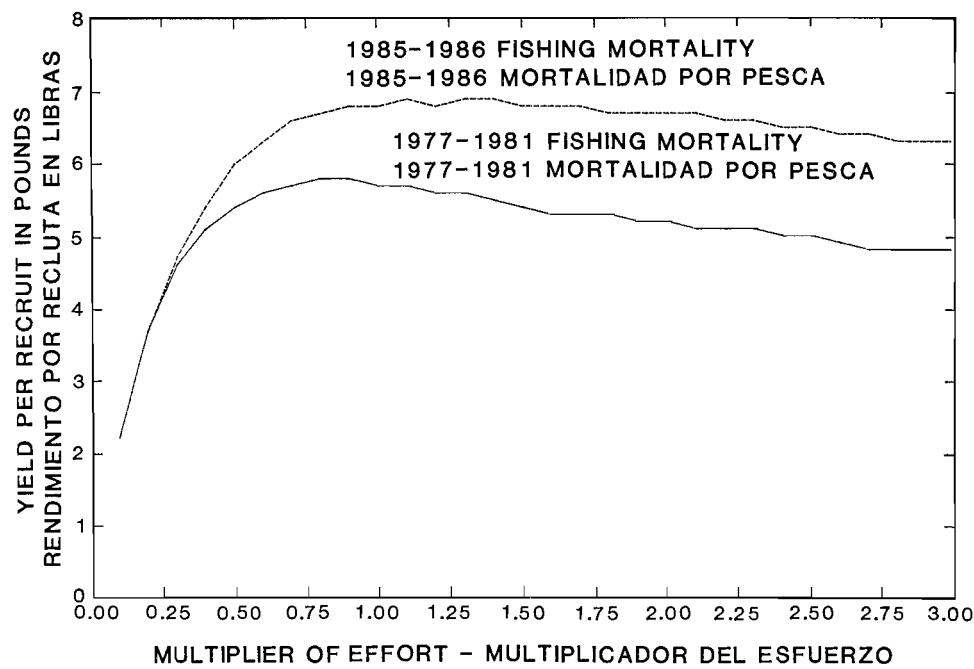


FIGURE 41. Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1977-1981 and 1985-1986.

FIGURA 41. Rendimientos por recluta para las tasas de mortalidad específica para cada edad durante 1977-1981 y 1985-1986.

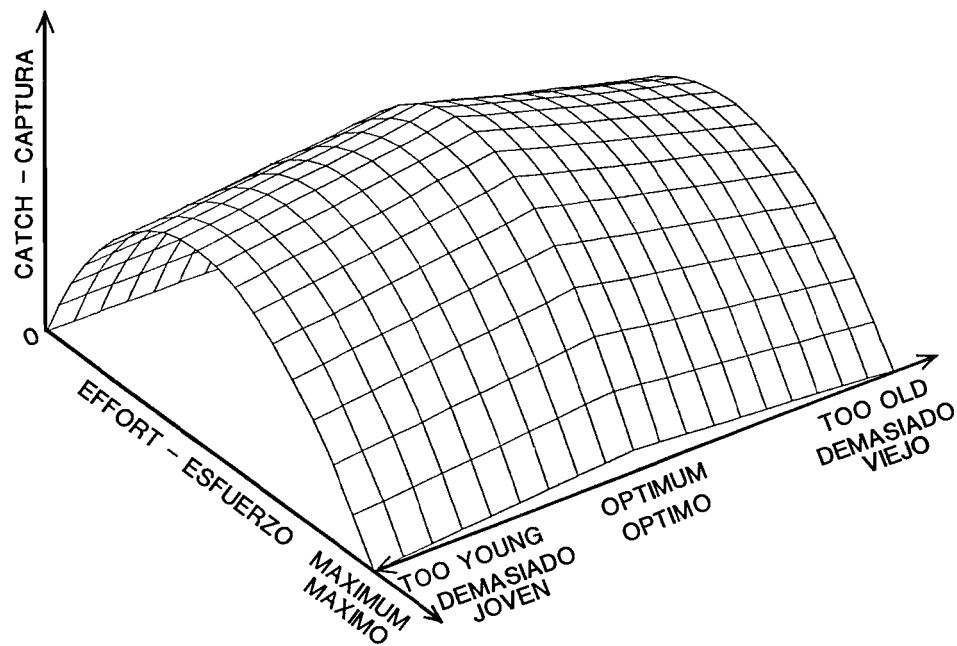


FIGURE 42. Three-dimensional representation of the relationships between productivity and fishing effort.

FIGURA 42. Representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca.

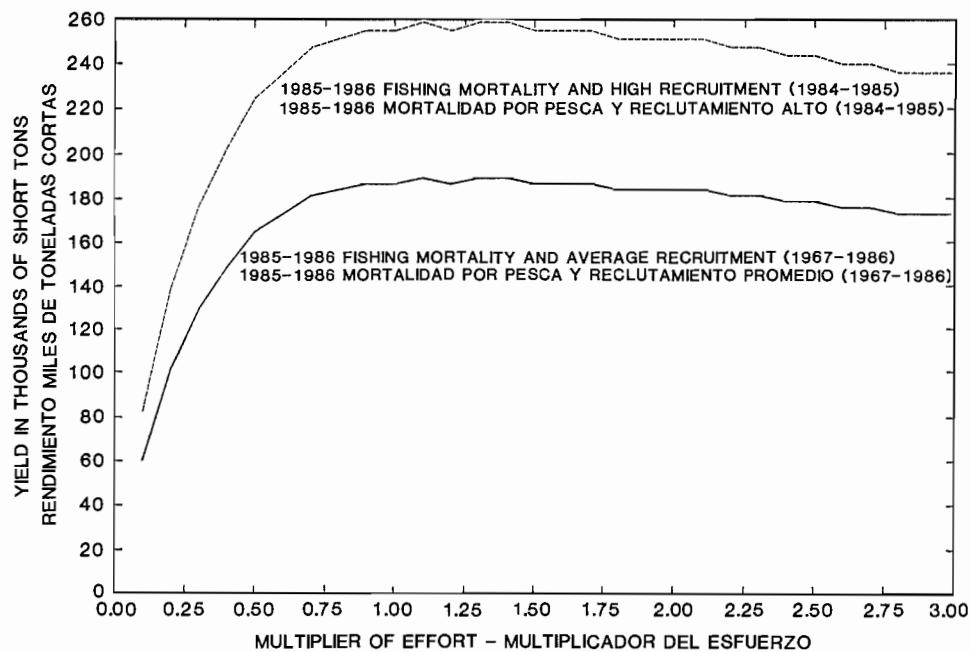


FIGURE 43. Yields for high and average recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1985-1986.

FIGURA 43. Rendimientos correspondientes a reclutamientos normales y superiores al promedio, y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a aquella del período 1985-1986.

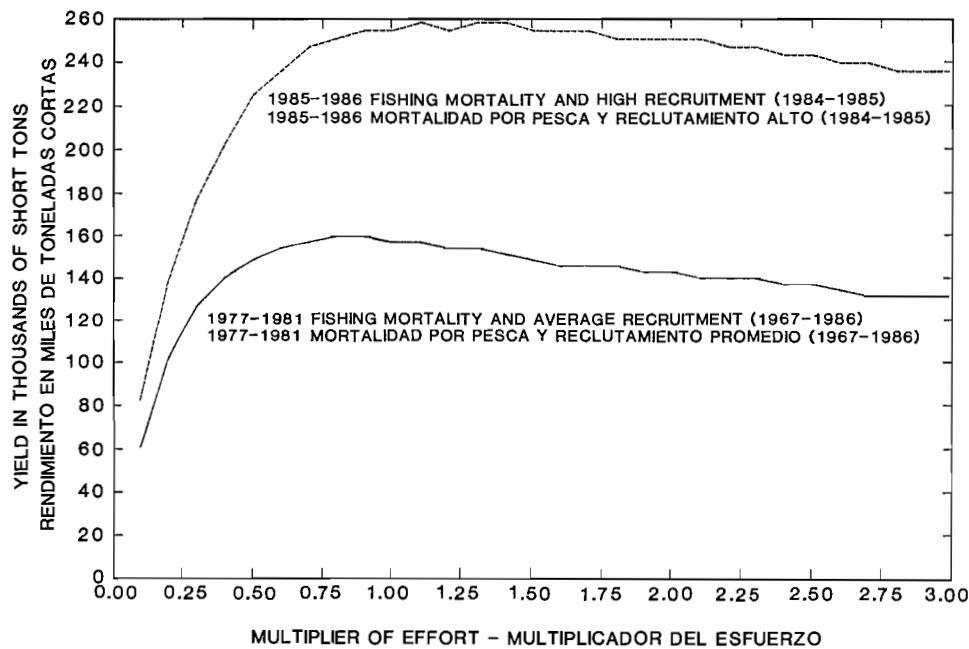


FIGURE 44. Yields for average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1977-1981 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1985-1986.

FIGURA 44. Rendimientos del reclutamiento normal y mortalidad por pesca específica para cada edad similar a aquella del período 1977-1981, y del reclutamiento elevado y mortalidad específica para cada edad similar a aquella del período 1985-1986.

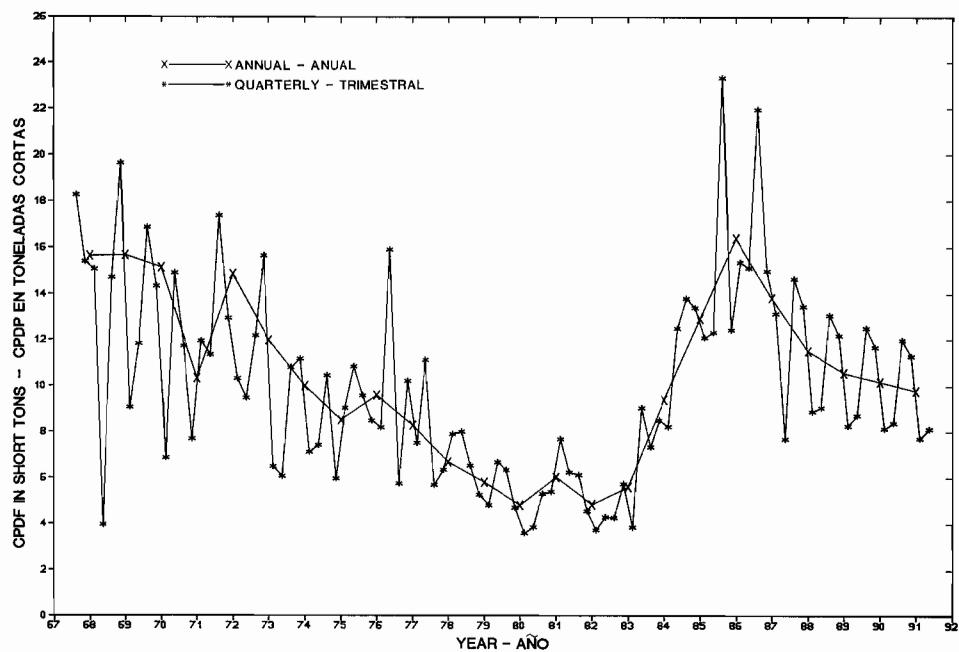


FIGURE 45. Observed and predicted abundance indices for yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 45. Indices de abundancia observada y pronosticada del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.

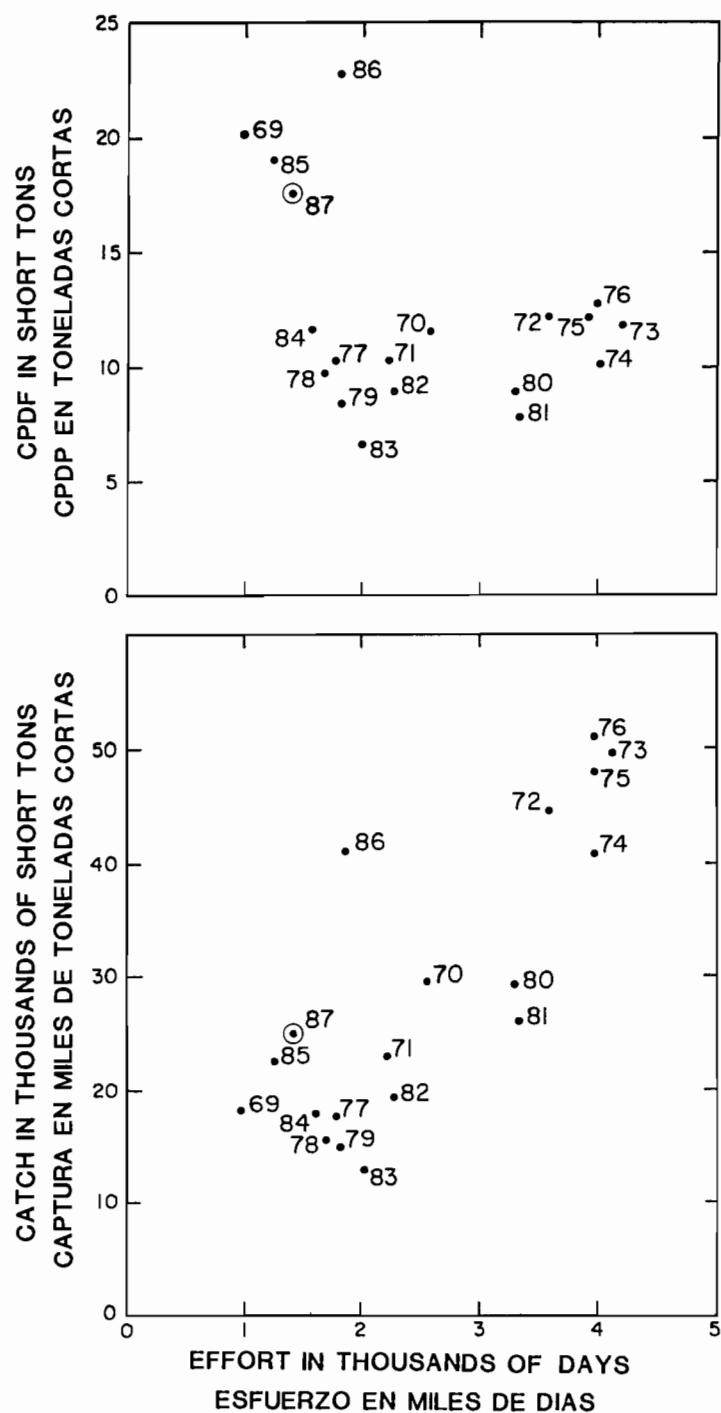


FIGURE 46. Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the area outside the CYRA, 1969–1987.

FIGURA 46. Relación entre CPDP y esfuerzo (recuadro superior) y entre captura y esfuerzo (recuadro inferior) del aleta amarilla fuera del ARCAA, durante el período 1969–1987.

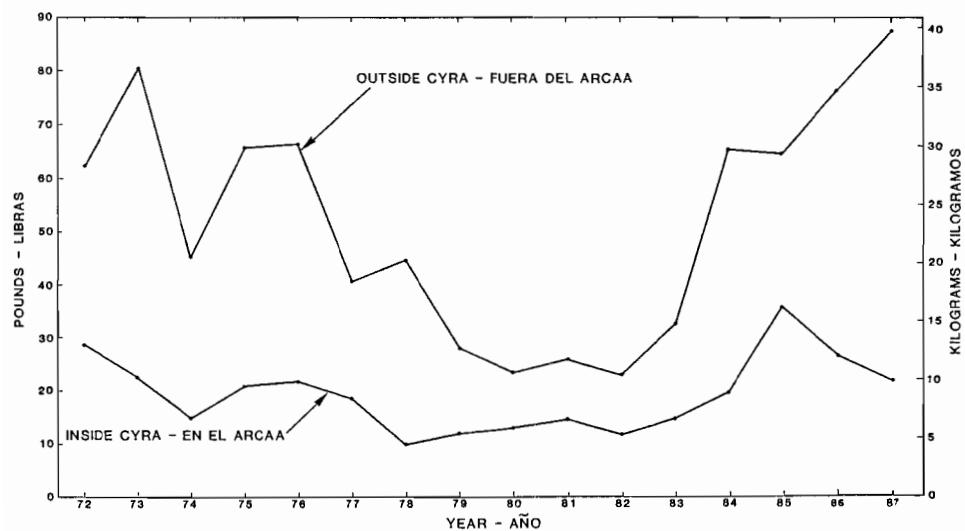


FIGURE 47. Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA.

FIGURA 47. Peso promedio de aletas amarillas capturados dentro y fuera del ARCAA.

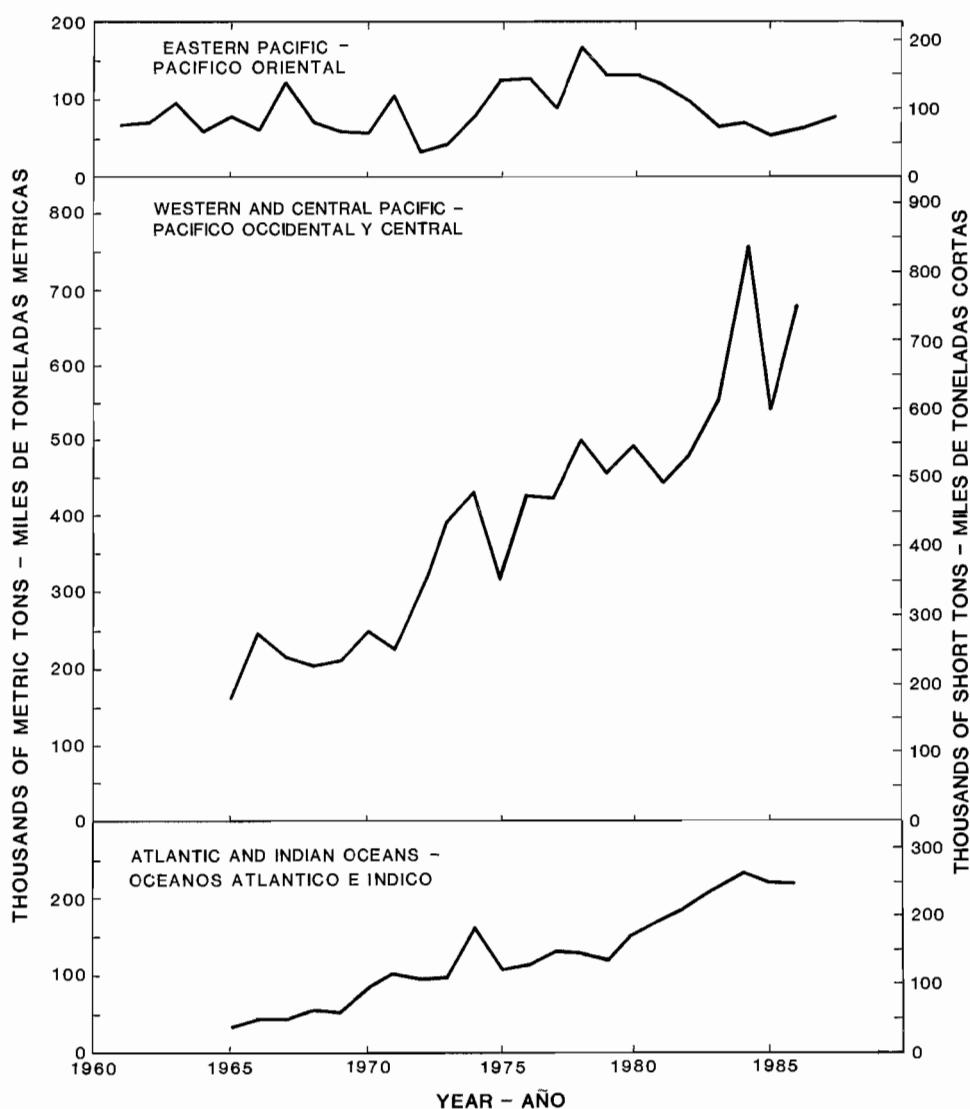


FIGURE 48. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, and Atlantic and Indian Oceans.

FIGURA 48. Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, central y occidental, y en los Océanos Atlántico e Indico.

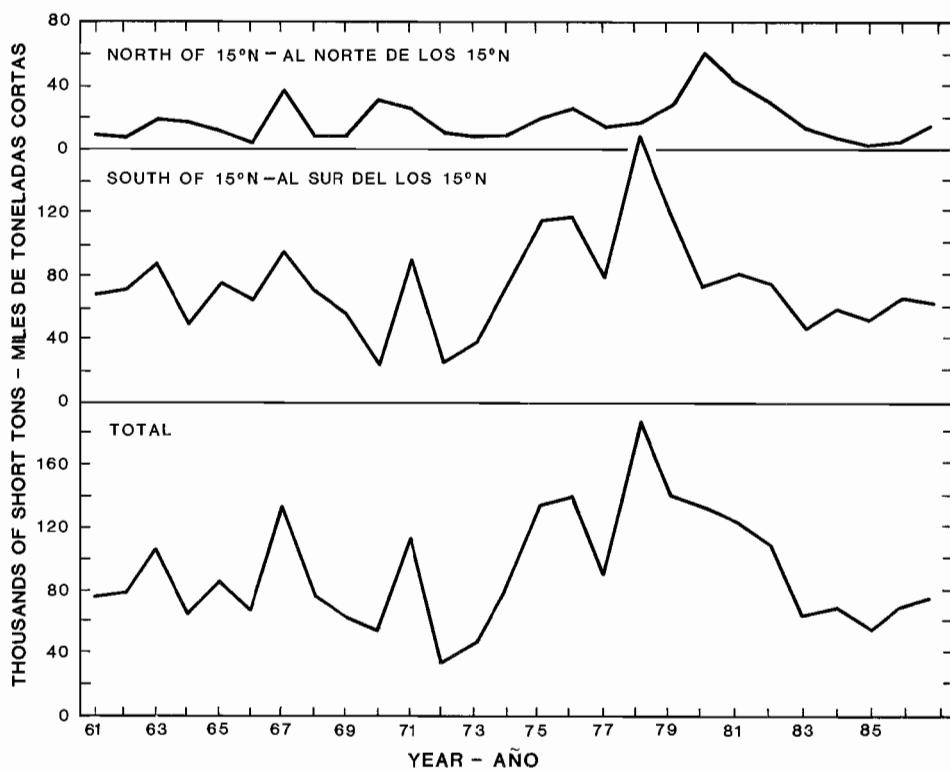


FIGURE 49. Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean north and south of 15°N.

FIGURA 49. Capturas estimadas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, al norte y al sur de 15°N.

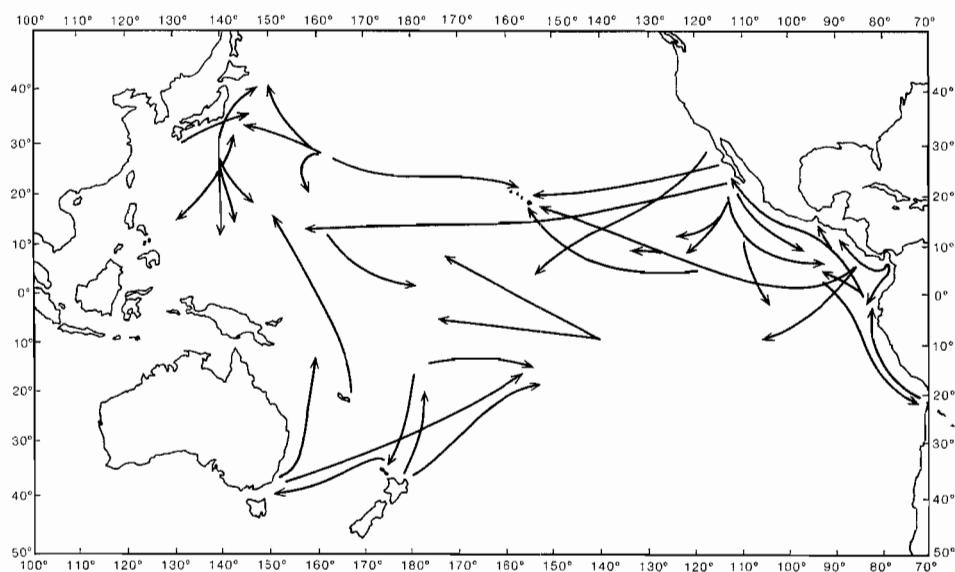


FIGURE 50. Some long-distance migrations which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

FIGURA 50. Algunas migraciones a larga distancia de barriletes marcados en el Océano Pacífico.

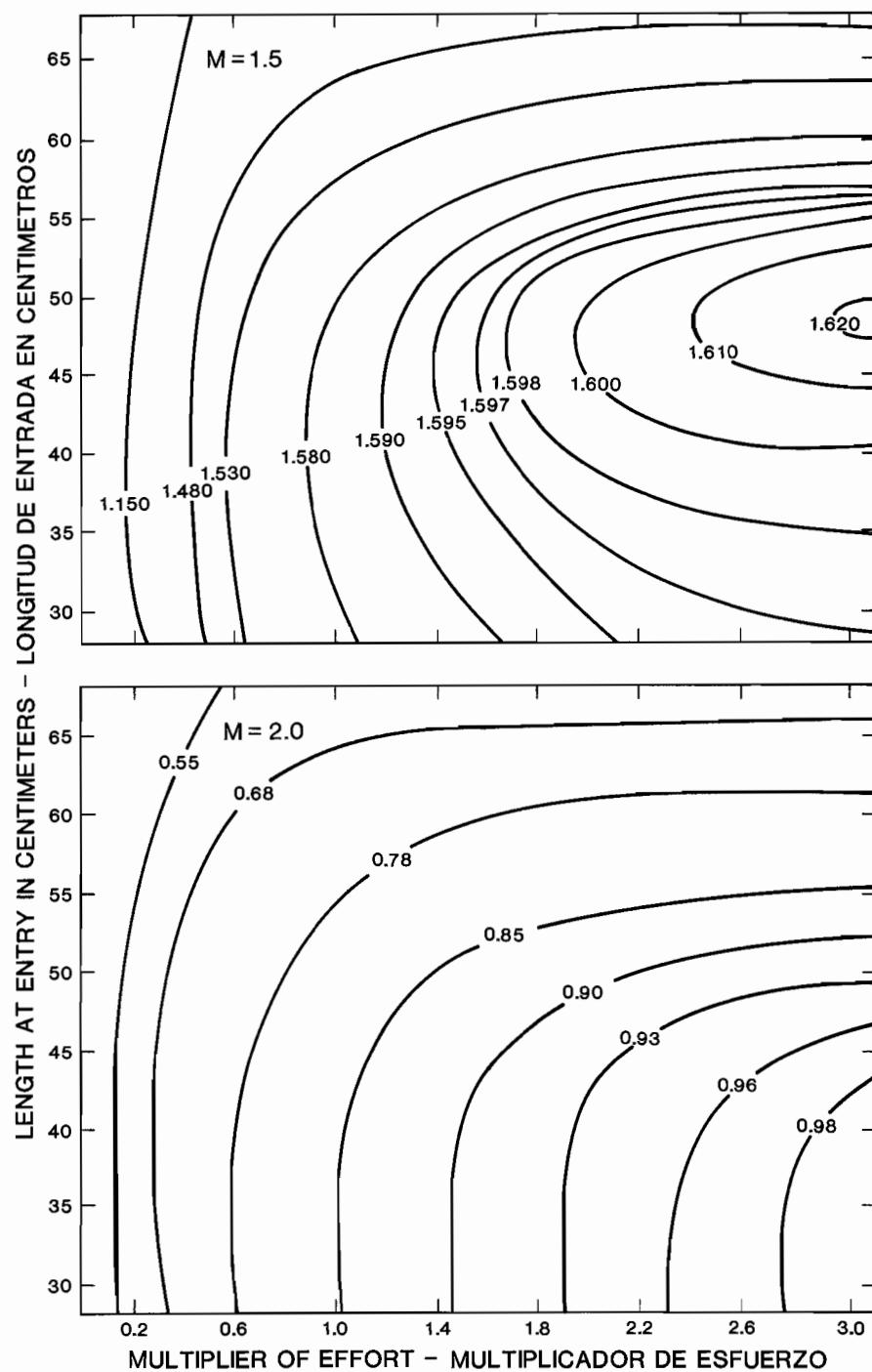
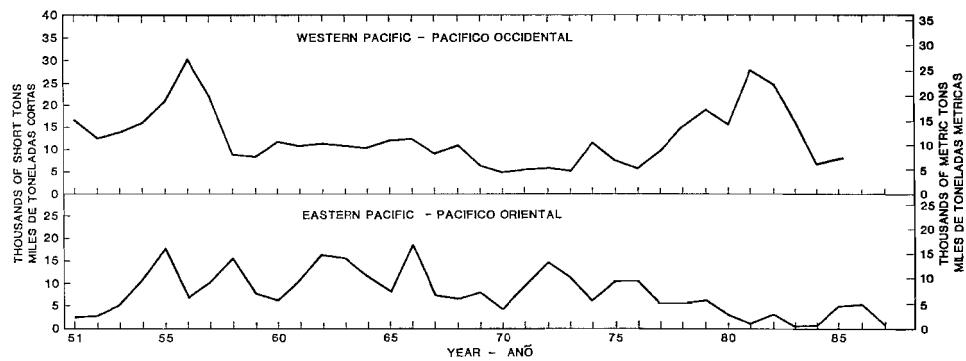
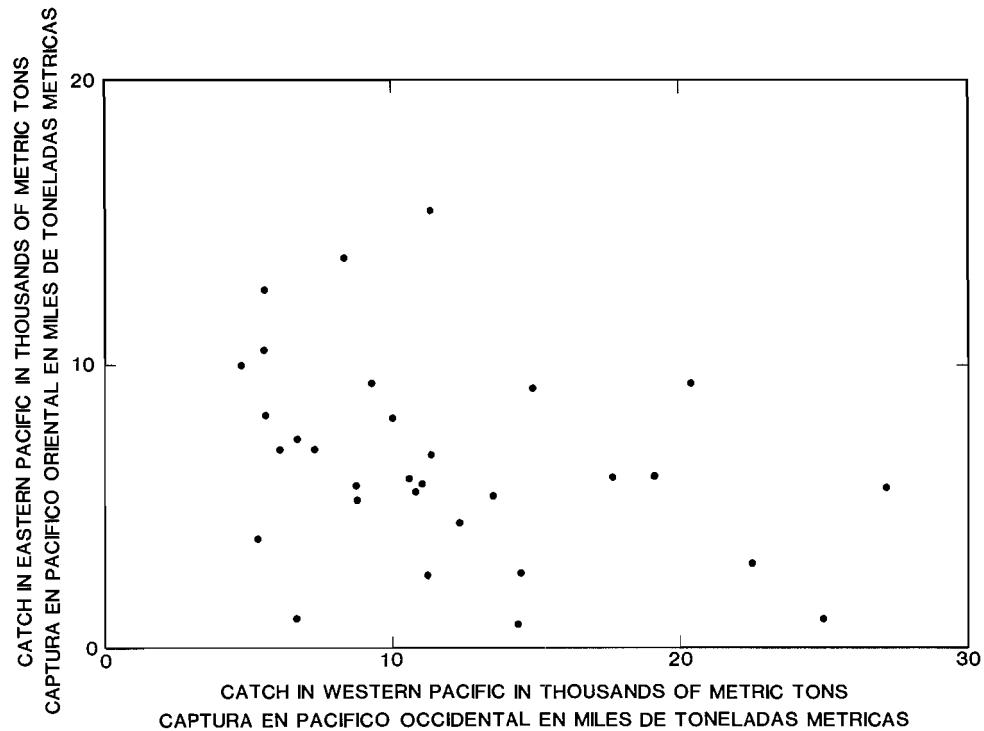


FIGURE 51. Yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and size at entry.

FIGURA 51. Rendimientos por recluta del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y tamaño de ingreso.

**FIGURE 52.** Annual catches of bluefin in the Pacific Ocean.**FIGURA 52.** Capturas anuales de atún aleta azul en el Océano Pacífico.**FIGURE 53.** Relationship between catches of bluefin in the eastern and western Pacific Ocean in the same year.**FIGURA 53.** Correlación entre las capturas de atún aleta azul en el Océano Pacífico oriental y occidental en el mismo año.

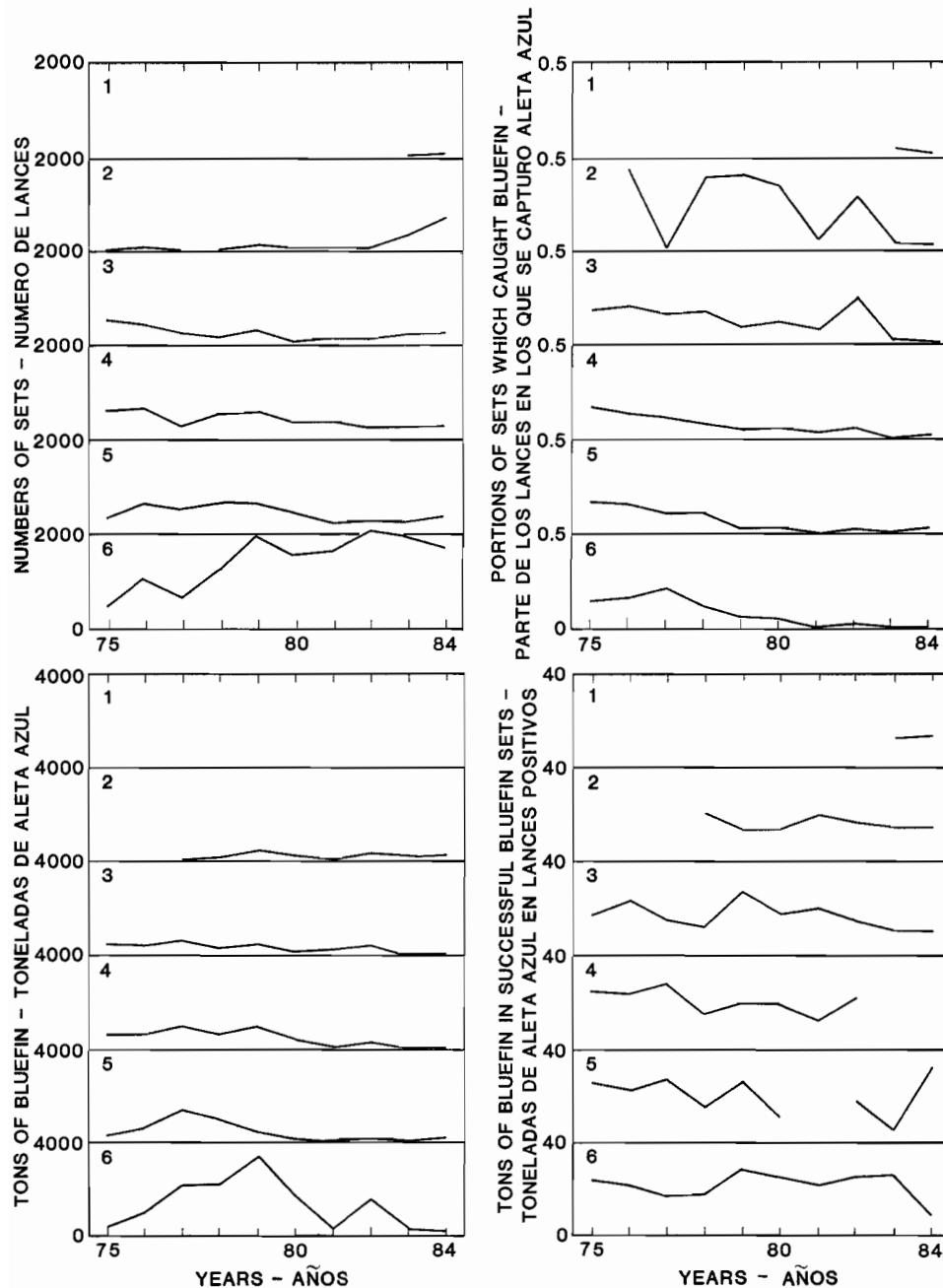


FIGURE 54. Trends in numbers of purse-seine sets in bluefin area-time strata in the eastern Pacific Ocean, portions of those sets which caught bluefin, tons of bluefin caught in those sets, and tons of bluefin caught per successful bluefin set during 1975–1984. The numbers in the upper left corners of the panels indicate the vessel size classes.

FIGURA 54. Tendencias en el número de lances cerqueros en estratos de zona y tiempo de atún aleta azul en el Océano Pacífico oriental, proporción de lances que capturaron aleta azul, toneladas de aleta azul capturadas en esos lances, y el tonelaje de aleta azul capturado por lance positivo durante 1975–1984. Las cifras en la esquina superior izquierda de los recuadros indican las clases de arqueo de los barcos.

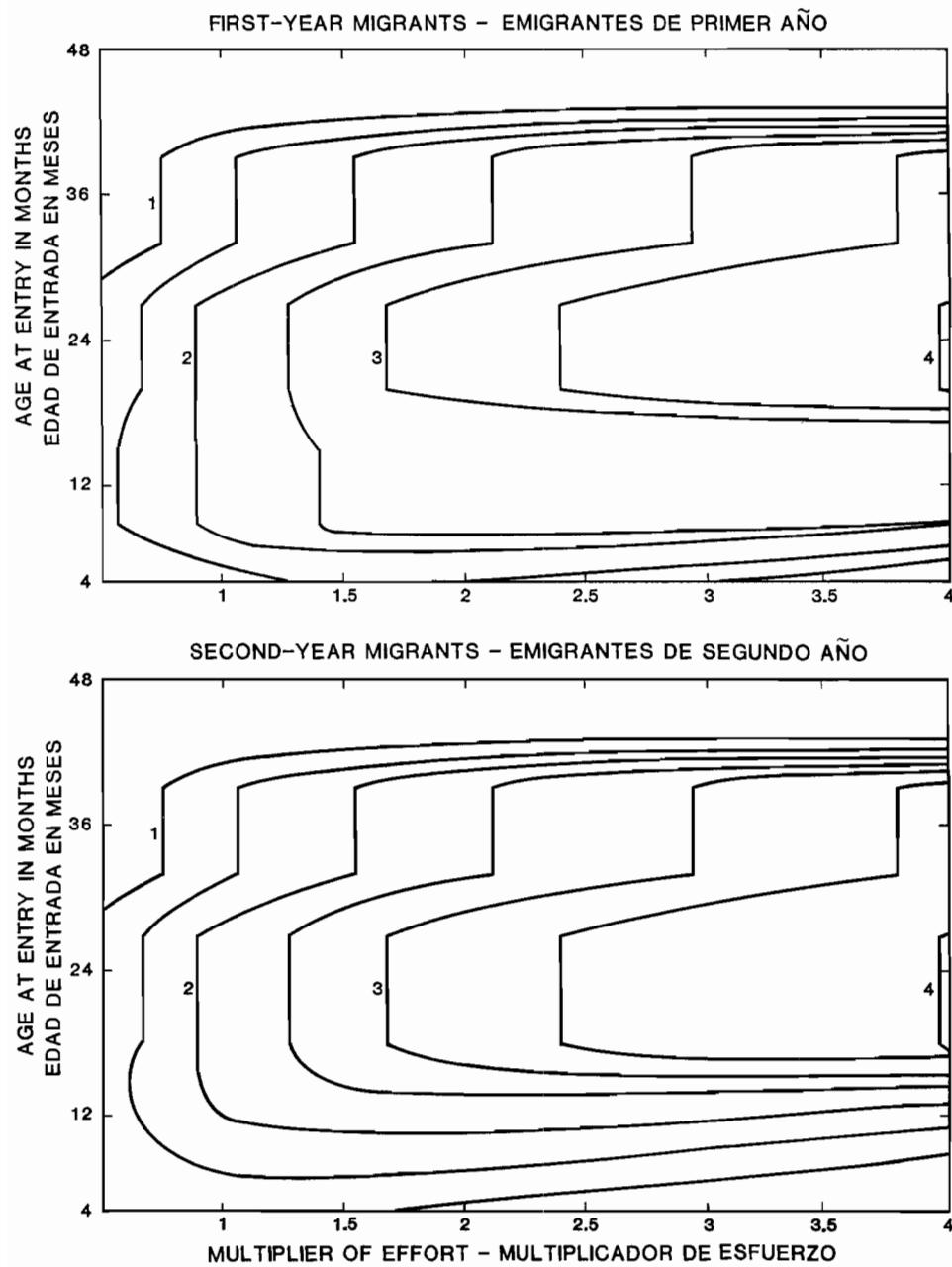


FIGURE 55. Yield-per-recruit isopleths for northern bluefin, based on the data in Table 25. The vertical portions of the isopleths are caused by the lack of fishing effort during these periods.

FIGURA 55. Isolíneas de rendimiento por recluta para el aleta azul del norte, basadas en los datos de la Table 25. Las porciones verticales de las isolíneas se deben a la falta de esfuerzo de pesca en esos períodos.

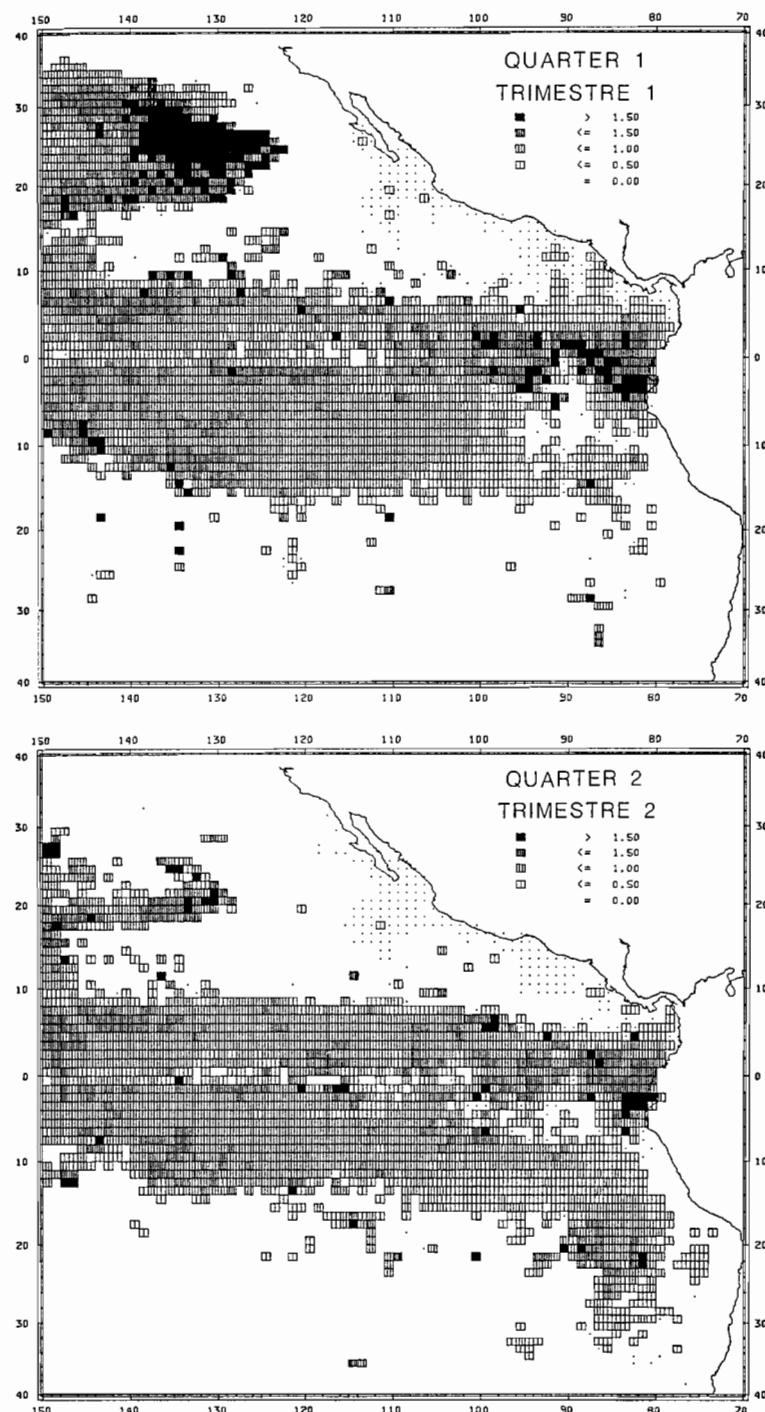


FIGURE 56. Quarterly distributions of the average hook rates (numbers of fish per 100 hooks) of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific for the 1971–1980 period.

FIGURA 56. Distribución trimestral de las tasas promedio de captura por anzuelo (número de peces por 100 anzuelos) de patudo por barcos palangreros en el Pacífico oriental, correspondiente al período 1971–1980.

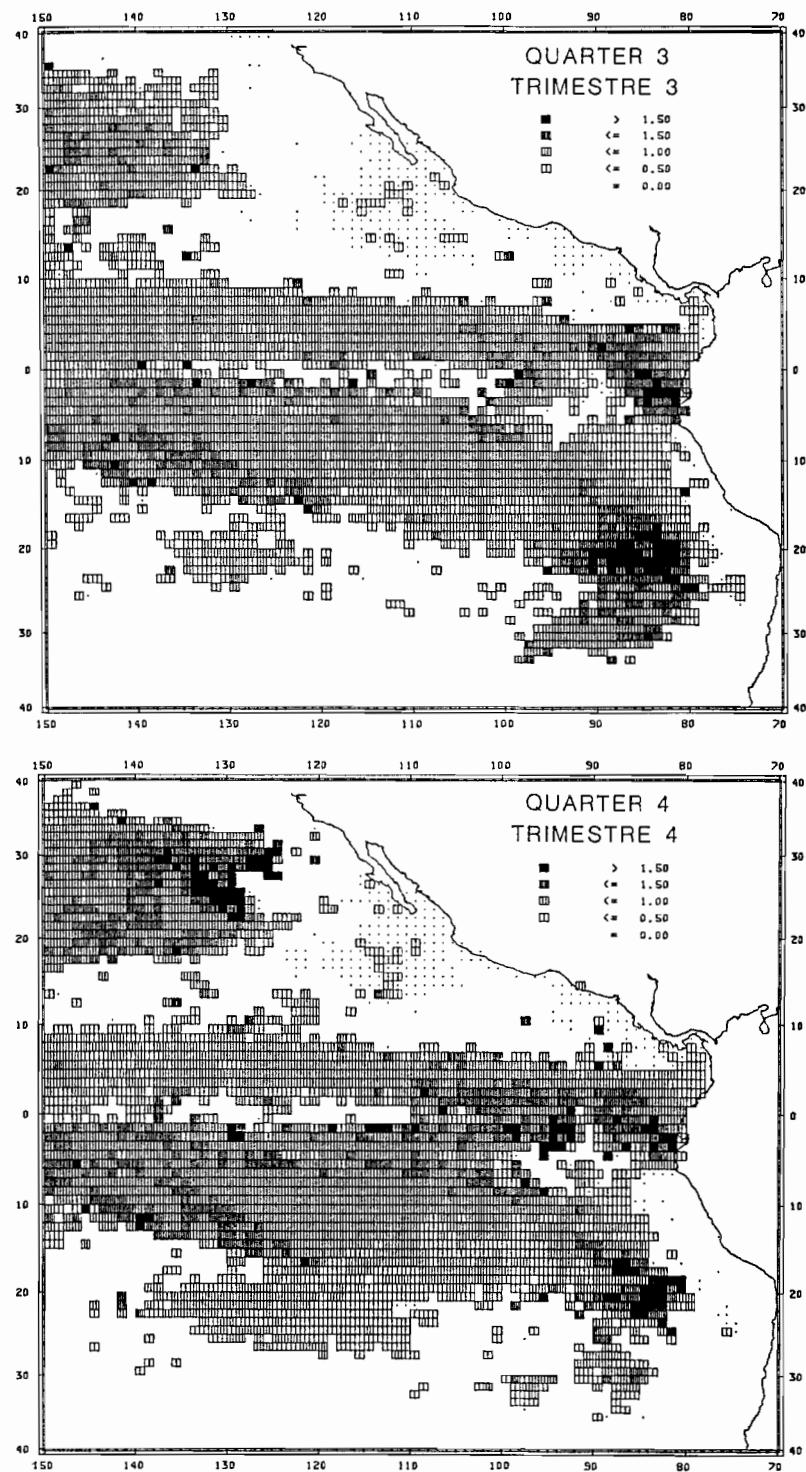


FIGURE 56. (continued)

FIGURA 56. (continuación)

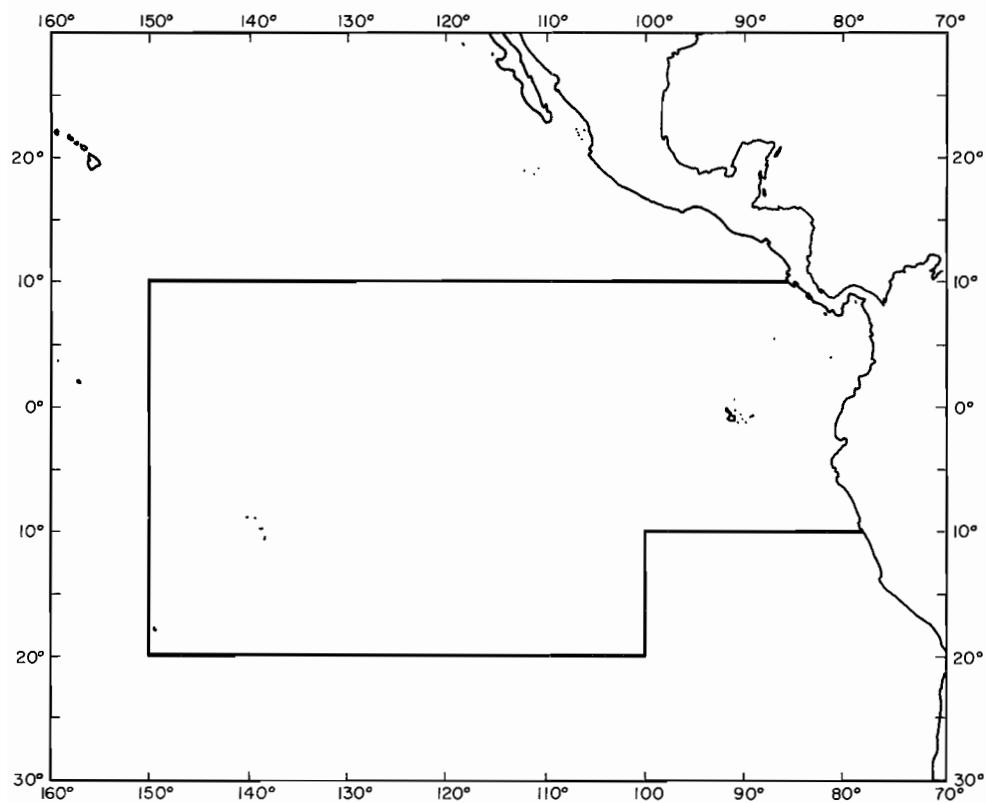


FIGURE 57. Area from which the data used for Figures 58 and 60 were collected.

FIGURA 57. Zona en la que se recolectaron los datos usados en las Figuras 58 y 60.

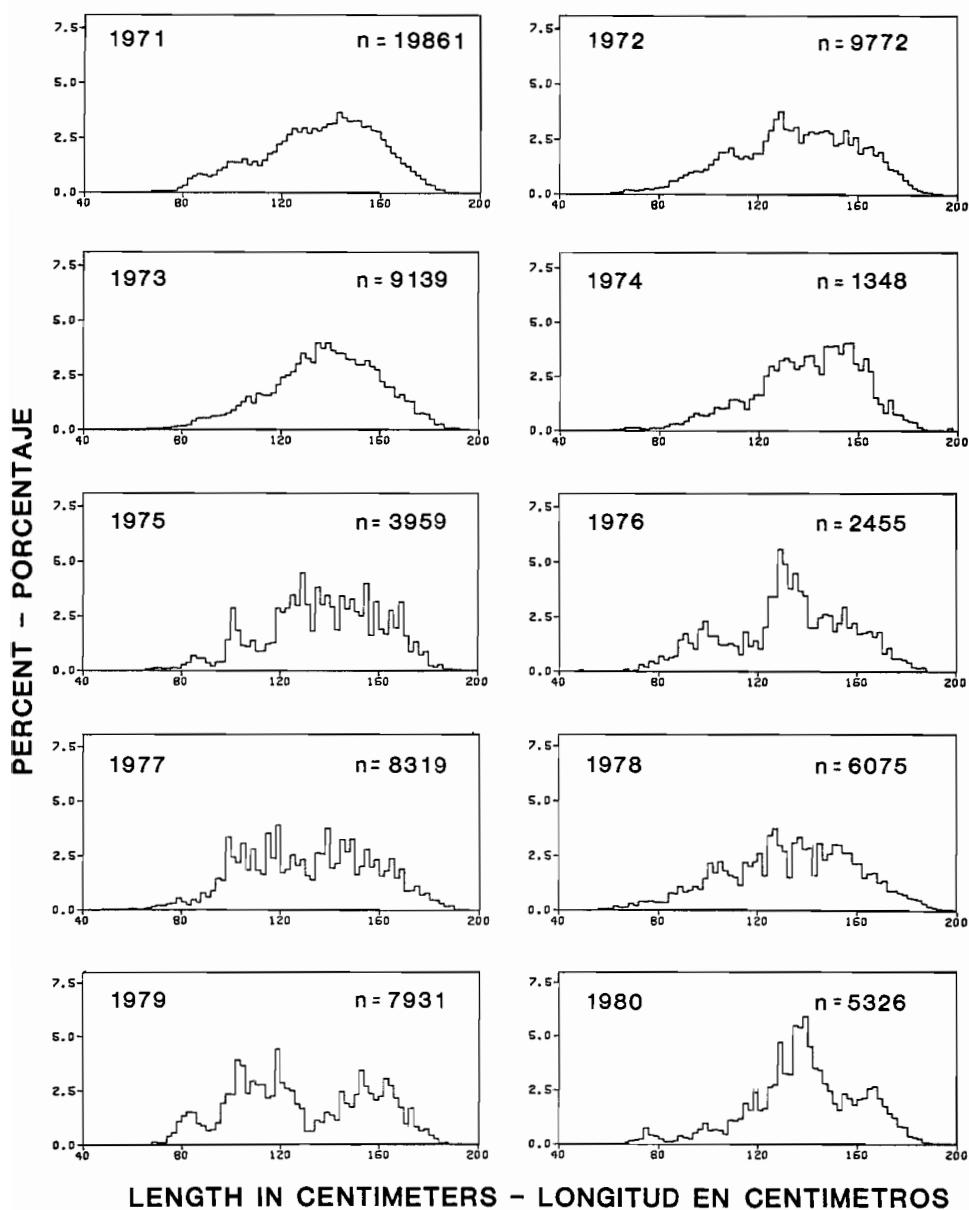


FIGURE 58. Annual length-frequency distributions of bigeye caught by longliners in the area delineated in Figure 57 during 1971-1980.

FIGURA 58. Distribución anual frecuencia-longitud del patudo capturado por palangreros durante 1971-1980 en la zona delineada en la Figura 57.

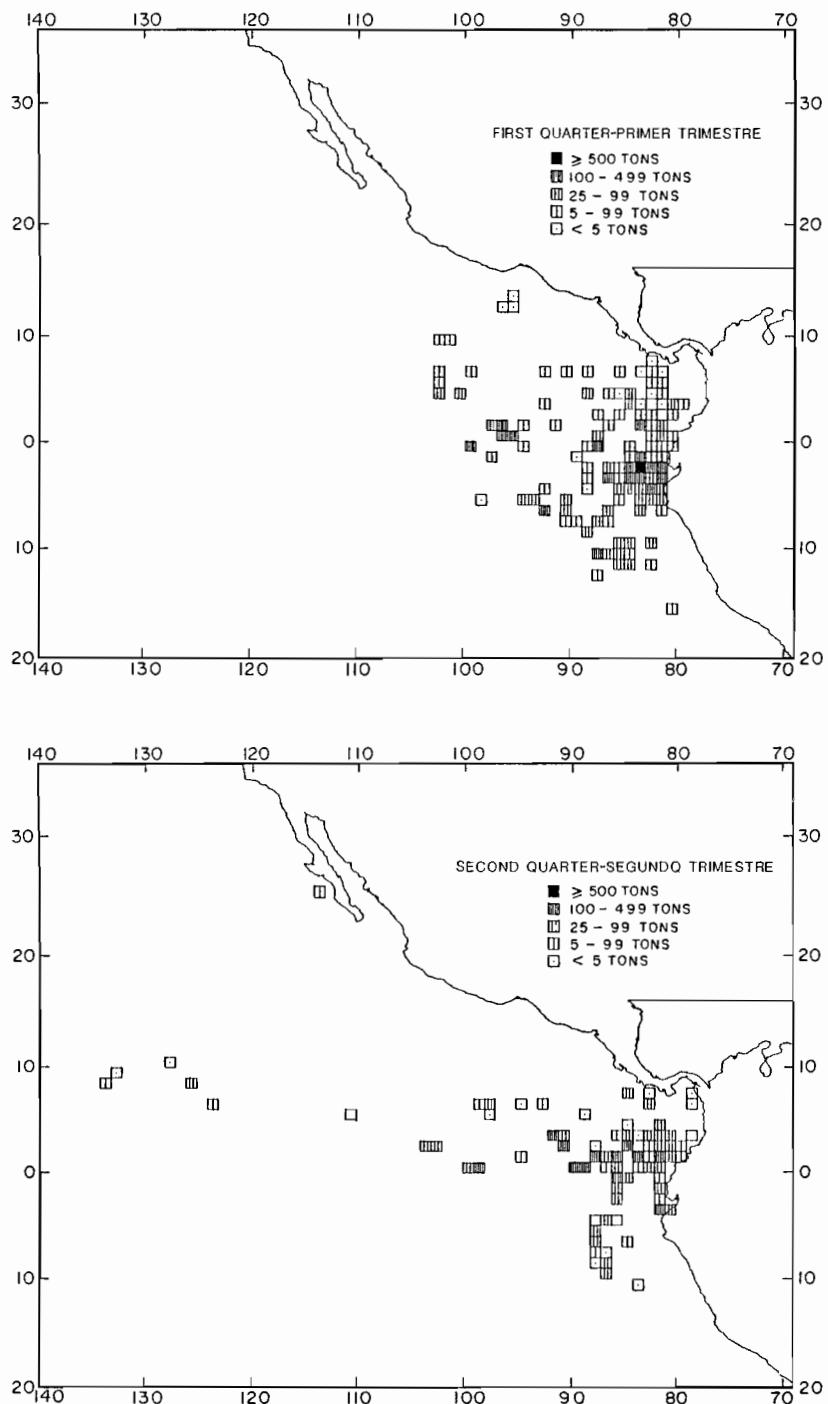


FIGURE 59. Quarterly distributions of average catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean for the 1973-1980 period.

FIGURA 59. Distribución trimestral de las capturas promedio de patudo por las artes epipelágicas en le Océano Pacífico oriental durante el periodo 1973-1980.

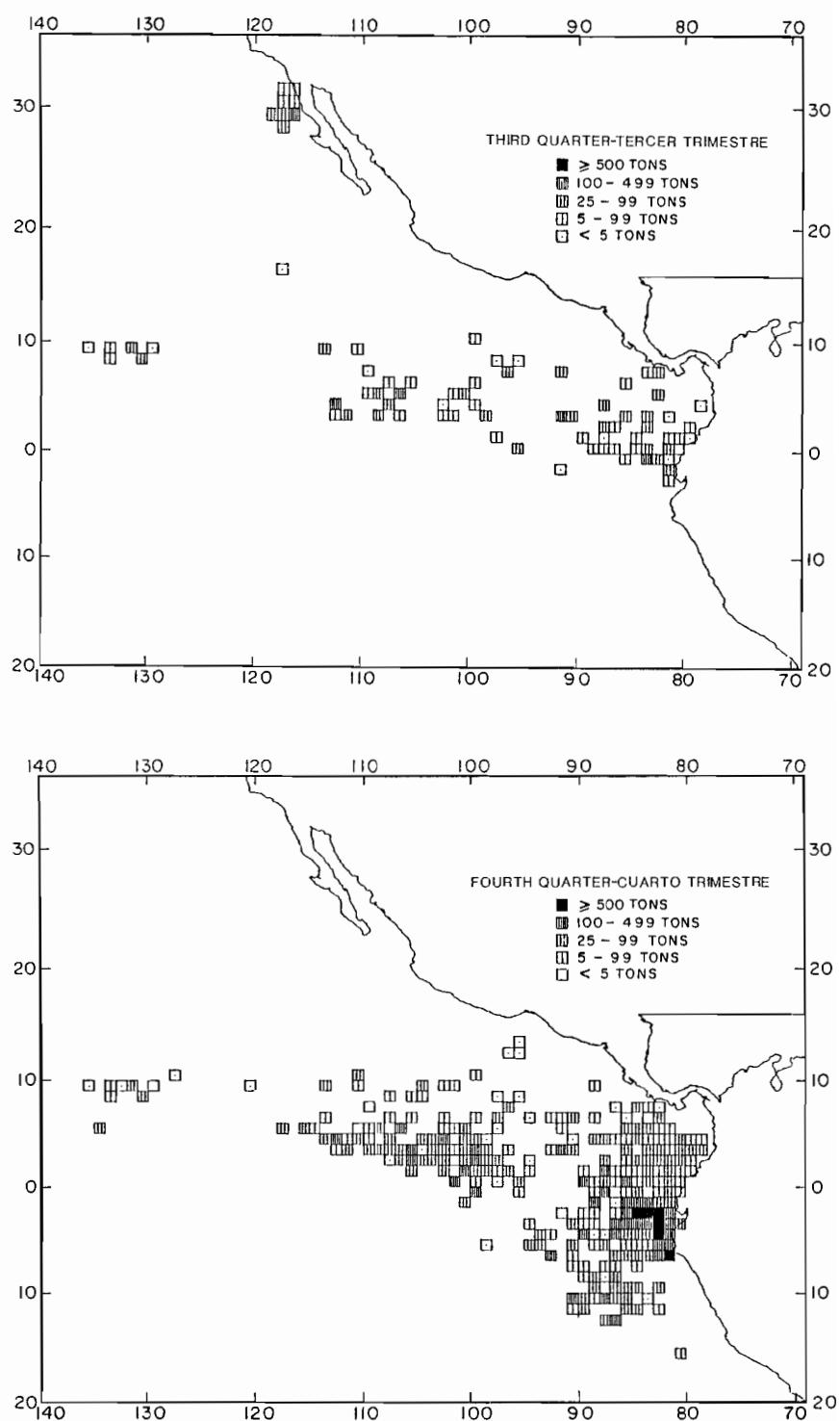


FIGURE 59. (continued)

FIGURA 59. (continuación)

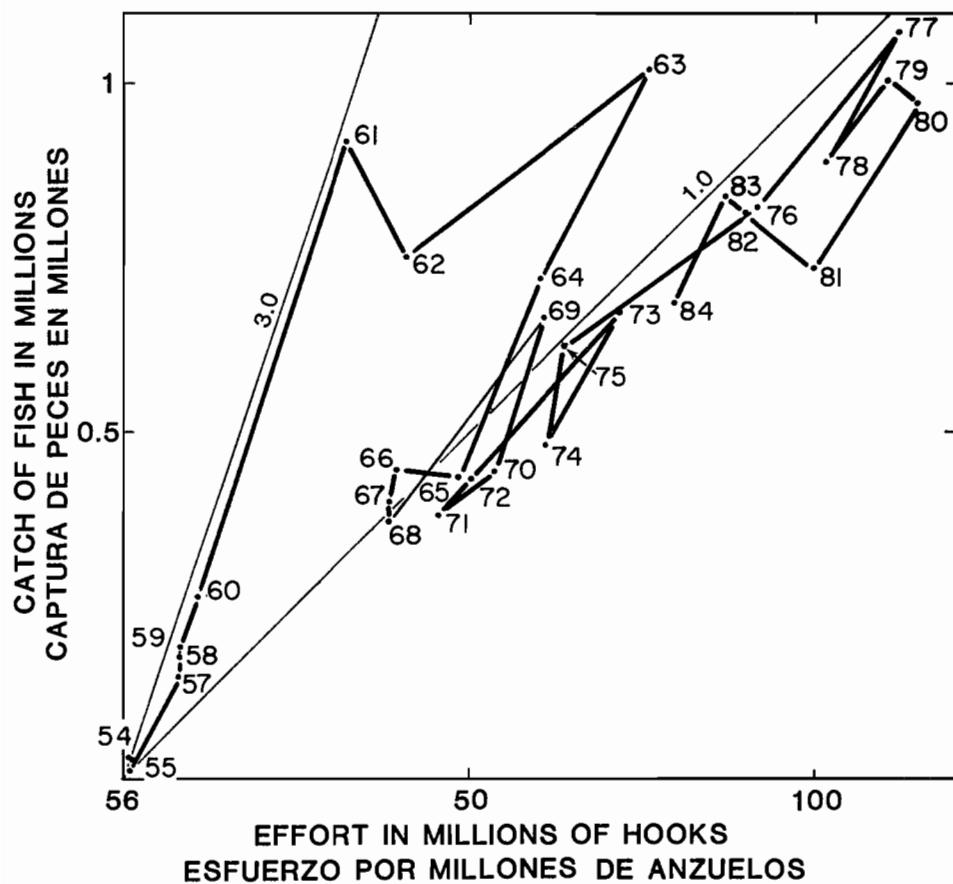


FIGURE 60. Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 57 for the 1954–1984 period. The fine lines denote CPUEs in numbers of fish per 100 hooks.

FIGURA 60. Relación entre el esfuerzo palangrero estimado y la captura de patudo en la zona delineada en la Figura 57, durante el período 1954–1984. Las líneas finas indican la CPUE en número de peces por 100 anzuelos.

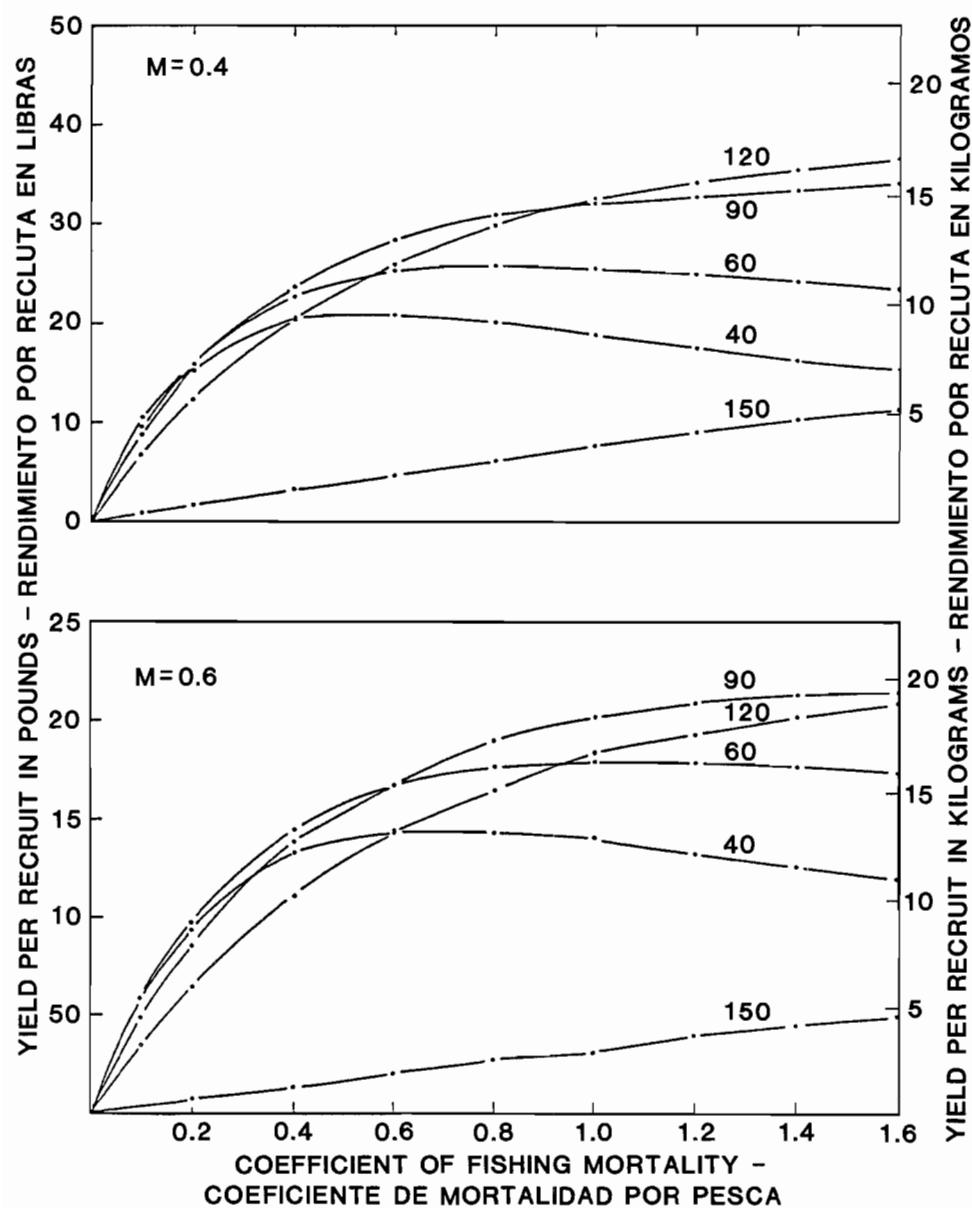


FIGURE 61. Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing effort and lengths at entry for annual natural mortality rates of 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0.

FIGURA 61. Estimación del rendimiento por recluta del patudo con varias combinaciones del esfuerzo de pesca y longitudes de ingreso para tasas de mortalidad natural de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0.

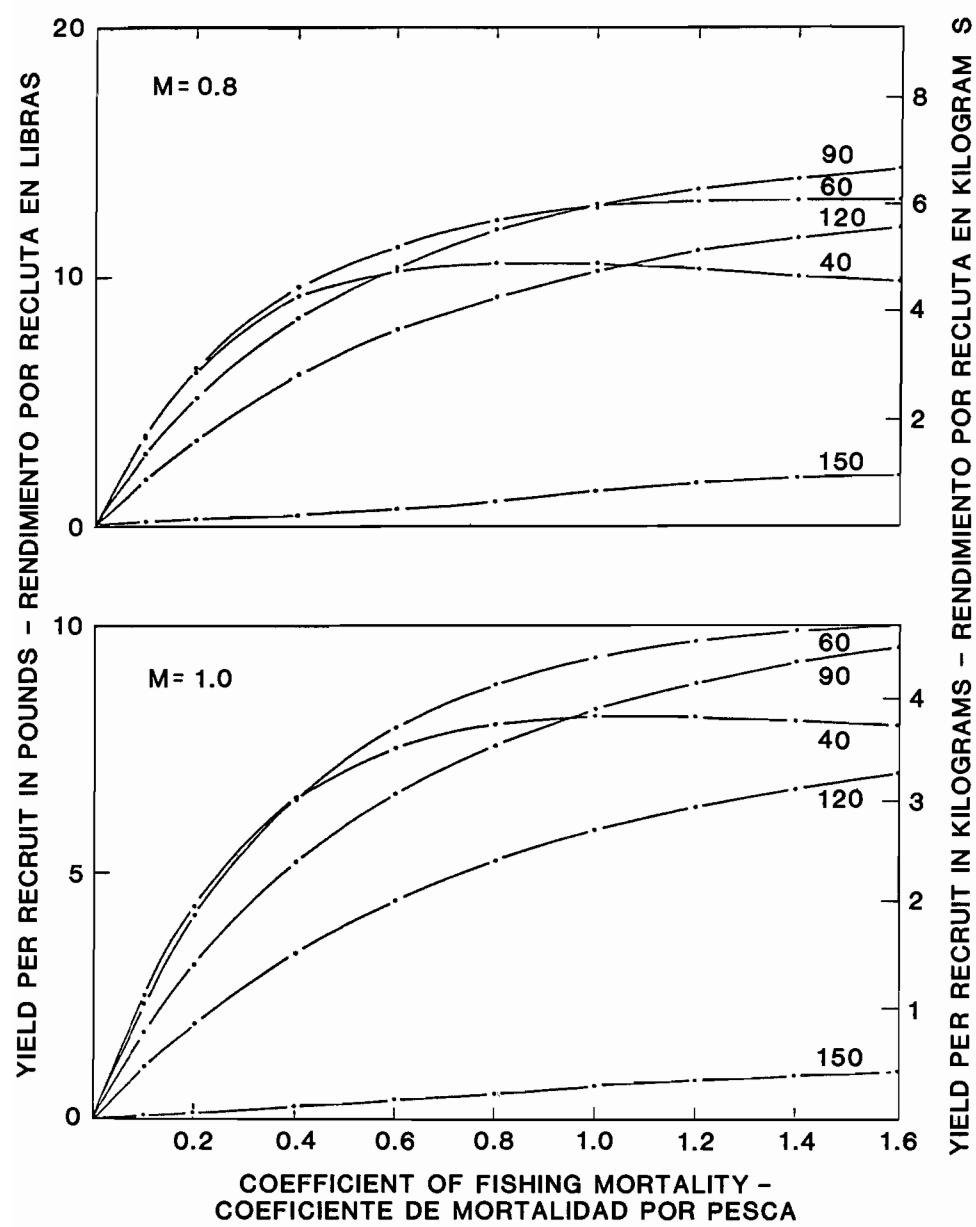


FIGURE 61. (continued)

FIGURA 61. (continuación)

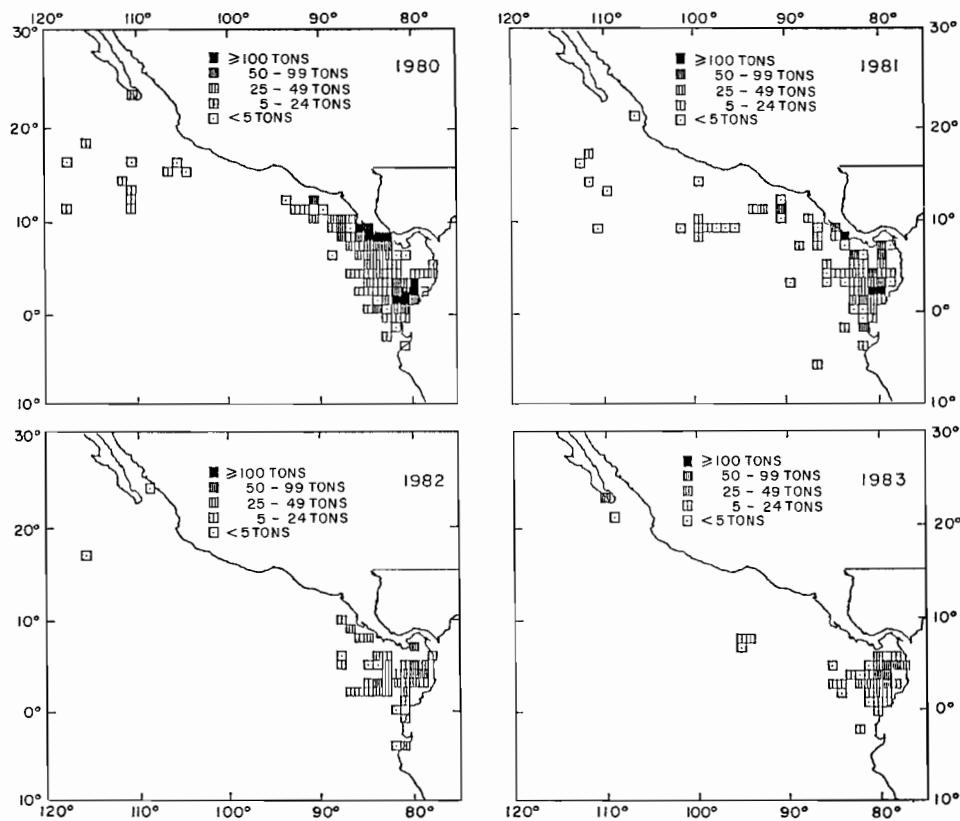


FIGURE 62. Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980-1983.

FIGURA 62. Capturas cerqueras del barrilete negro registradas en el Océano Pacífico oriental en 1980-1983.

TABLE 1. (continued)

TABLA 1. (continuación)

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic and Caribbean Atlántico y Caribe			Total, all areas and species Total, todas las zonas y especies	
	YFT	SKJ	MISC	YFT	SKJ	BET	MISC	
1961	0	0	0	14	111	0	0	206,589
1962	0	0	0	0	0	0	0	183,258
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	203,385
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	195,780
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	191,059
1966	0	0	0	0	4	0	124	183,653
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	249,424
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	228,966
1969	0	0	0	20,243	5,202	163	0	251,601
1970	0	227	0	10,321	13,094	215	1,790	276,532
1971	0	0	0	4,595	20,156	649	1,820	304,740
1972	0	0	0	14,158	14,797	234	1,094	298,129
1973	0	0	0	4,248	25,494	125	746	334,041
1974	35	0	0	6,528	21,693	957	178	371,391
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	423,622
1976	247	5,435	2	2,509	2,842	43	469	446,952
1977	157	6,822	4	8,821	7,054	365	130	370,880
1978	24	8,050	44	11,474	9,381	274	369	446,218
1979	0	4,826	0	3,491	3,097	234	659	388,267
1980	351	6,062	0	5,540	4,269	222	32	369,096
1981	5,369	6,603	0	4,401	5,047	141	186	377,428
1982	6,106	13,402	66	5,502	3,277	380	243	289,841
1983	27,930	55,325	390	10,269	6,742	0	276	282,366
1984	5,877	17,971	537	7,696	5,934	3	193	284,486
1985	991	5,368	7	7,851	4,096	0	49	328,439
1986	4,321	5,341	0	1,068	1,767	9	15	388,601
1987	1,544	4,269	54	4,119	2,143	26	107	395,064

TABLE 2. Estimates of the catches of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1986 by species, area of catch, and vessel flag, in short tons.**TABLA 2.** Estimaciones de las capturas de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1986, por especie, zona de captura, y bandera, en toneladas cortas.

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other ^a Otras ^a	Total	Percentage of total Porcentaje del total
CYRA—ARCAA										
Ecuador	19,117	25,797	551	0	0	0	285	958	46,708	14.0
Japan	1,457	0	0	0	0	0	0	0	1,457	0.4
México	102,934	8,734	11	208	350	0	3	37	112,277	33.7
USA	69,988	12,426	144	5,396	190	198	6	165	88,513	26.6
Venezuela	33,207	11,439	1,229	0	0	0	20	72	45,967	13.8
Others ^b										
Otros ^b	26,248	11,377	247	0	0	0	342	24	38,238	11.5
Total CYRA	252,951	69,773	2,182	5,604	540	198	656	1,256	333,160	
Total ARCAA										
West of CYRA (outside)—Al oeste del ARCAA (exterior)										
México	13,040	80	0	0	0	0	0	0	13,120	30.6
USA	29,410	152	0	0	0	0	0	0	29,562	68.9
Venezuela	218	0	0	0	0	0	0	0	218	0.5
Others ^b										
Otros ^b	20	0	0	0	0	0	0	0	20	<0.1
Total outside										
Total exterior	42,688	232	0	0	0	0	0	0	42,920	
Total EPO										
Total OPO	295,639	70,005	2,182	5,604	540	198	656	1,256	376,080	

^a Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.^a Incluye estorninos, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.^b Includes Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Panama, Peru, Spain, USSR, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.^b Incluye las Islas Caimán, Colombia, Costa Rica, El Salvador, España, Panamá, Perú, la URSS, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 3. Estimates of the landings during 1986 of tunas caught in the eastern Pacific Ocean (EPO) by species, area, and country of landing, in short tons.**TABLA 3.** Estimaciones de los desembarcos de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO) durante 1986 por especie, zona, y país de desembarco, en toneladas cortas.

Area and country	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other ^a Otras ^a	Total	Percentage of total Porcentaje del total
Zona y país									Total	
CYRA—ARCAA										
Ecuador	27,065	31,587	710	0	0	0	183	835	60,380	18.3
France	2,409	46	0	0	0	75	0	0	2,530	0.8
Italy	34,158	600	36	33	0	0	0	0	34,827	10.6
Japan	10,593	0	0	26	0	11	0	0	10,630	3.2
México	37,062	4,229	11	117	350	0	1	38	41,808	12.7
Panamá	24	0	0	0	0	0	0	0	24	<0.1
Perú	17	3	0	0	0	0	0	0	20	<0.1
Spain	11,730	1,524	0	33	0	0	0	0	13,287	4.0
Thailand	7,506	2,468	0	0	0	0	0	0	9,974	3.0
USA	107,351	19,319	368	5,397	190	113	20	165	132,923	40.4
Venezuela	10,434	3,523	611	0	0	0	0	43	14,611	4.4
Others ^b	5,171	2,772	0	0	0	0	62	31	8,036	2.4
Total CYRA	253,520	66,071	1,736	5,606	540	199	266	1,112	329,050	
West of CYRA (outside)—Al oeste del ARCAA (exterior)										
Ecuador	20	0	0	0	0	0	0	0	20	<0.1
France	73	0	0	0	0	0	0	0	73	0.2
Italy	10,328	0	0	0	0	0	0	0	10,328	24.2
Japan	362	0	0	0	0	0	0	0	362	0.8
México	989	69	0	0	0	0	0	0	1,058	2.5
Spain	1,264	0	0	0	0	0	0	0	1,264	3.0
Thailand	19	0	0	0	0	0	0	0	19	<0.1
USA	28,979	134	0	0	0	0	0	0	29,113	68.3
Venezuela	231	0	0	0	0	0	0	0	231	0.5
Others ^b	Others ^b	141	10	0	0	0	0	0	151	0.4
Total outside										
Total exterior	42,406	213	0	0	0	0	0	0	42,619	
Total EPO										
Total OPO	295,926	66,284	1,736	5,606	540	199	266	1,112	371,669	

^a Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.^a Incluye estorninos, tiburones, otros túنidos, y peces diversos.^b Includes Australia, Colombia, Costa Rica, and Nicaragua. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.^b Incluye Australia, Colombia, Costa Rica, y Nicaragua. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 4. Preliminary estimates of the catches of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1987, by species, area of catch, and vessel flag, in short tons.**TABLA 4.** Estimaciones preliminares de las capturas de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1987, por especie, zona de captura, y bandera, en toneladas cortas.

Area and flag Zona y bandera	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other ^a Otras ^a	Total	Percentage of total Porcentaje del total
CYRA—ARCAA										
Ecuador	18,752	24,071	309	0	0	0	326	540	43,998	12.3
Japan	914	0	0	0	0	0	0	0	914	0.3
México	98,323	7,443	6	131	151	0	162	15	106,231	29.8
USA	96,729	13,813	120	964	3,207	54	291	838	116,016	32.6
Venezuela	41,551	10,850	270	0	0	0	15	5	52,691	14.8
Others ^b										
Otros ^b	22,327	13,711	158	0	60	0	48	164	37,382	10.5
Total CYRA	278,596	69,888	863	1,095	3,418	54	842	1,562	356,318	
West of CYRA (outside)—Al oeste del ARCAA (exterior)										
México	11,226	5	0	0	0	0	0	0	11,231	42.4
USA	13,766	180	0	0	0	0	0	0	13,946	52.7
Venezuela	723	23	0	0	0	0	0	0	746	2.8
Others ^b										
Otros ^b	561	0	0	0	0	0	0	0	561	2.1
Total outside										
Total exterior	26,276	208	0	0	0	0	0	0	26,484	
Total EPO										
Total OPO	304,872	70,096	863	1,095	3,418	54	842	1,562	382,802	

^a Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.^a Incluye estorninos, tiburones, otros túidos, y peces diversos.^b Includes the Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, Panama, Peru, Spain, the USSR, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.^b Incluye las Islas Caimán, Colombia, Costa Rica, España, Panamá, Perú, la URSS, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 5. Preliminary estimates of the landings during 1987 of tunas caught in the eastern Pacific Ocean (EPO) by species, area, and country of landing, in short tons.**TABLA 5.** Estimaciones preliminares de los desembarcos en 1987 de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1987, por especie, zona, y país de desembarco, en toneladas cortas.

Area and country Zona y país	Yellowfin Aleta amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin Aleta azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other ^a Otras ^a	Total Total	Percent-age of total Porcentaje del total
CYRA—ARCAA										
Ecuador	26,450	31,032	444	0	0	0	321	594	58,841	16.5
France	6,771	420	155	0	0	0	0	0	7,346	2.1
Italy	38,141	132	18	0	0	0	0	0	38,291	10.8
Japan	7,614	0	36	119	0	0	0	0	7,769	2.2
México	26,927	5,981	6	67	151	0	8	8	33,148	9.3
Perú	129	1,467	0	0	60	0	0	0	1,656	<0.1
Spain	15,763	1,592	161	0	0	0	0	0	17,516	4.9
Thailand	439	1,263	0	0	0	0	0	0	1,702	<0.1
USA	120,632	19,529	350	909	2,995	54	0	610	145,079	40.8
Venezuela	11,393	6,301	8	0	0	0	0	0	17,702	4.9
Others ^b										
Otros ^b	22,236	4,009	50	0	172	0	139	21	26,627	7.5
Total CYRA	276,495	71,126	1,228	1,095	3,378	54	468	1,233	355,677	
Total ARCAA										
West of CYRA (outside)—Al oeste del ARCAA (exterior)										
France	643	0	0	0	0	0	0	0	643	2.4
Italy	3,594	0	0	0	0	0	0	0	3,594	13.3
Japan	9	0	0	0	0	0	0	0	9	<0.1
México	1,070	5	0	0	0	0	0	0	1,075	3.9
Spain	1,574	0	0	0	0	0	0	0	1,574	5.8
USA	19,496	224	0	0	0	0	0	0	19,720	73.0
Venezuela	15	0	0	0	0	0	0	0	15	<0.1
Others ^b										
Otros ^b	375	0	0	0	0	0	0	0	375	1.4
Total outside	26,776	229	0	0	0	0	0	0	27,005	
Total exterior										
Total EPO										
Total OPO	303,271	71,955	1,228	1,095	3,378	54	468	1,233	382,682	

^a Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.^a Incluye estorninos, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.^b Includes Australia, Canada, Colombia, Costa Rica, Israel, and Yugoslavia. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.^b Incluye Australia, Canadá, Colombia, Costa Rica, Israel, e Yugoslavia. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 6. Logged yellowfin (YFT) and skipjack (SKJ) catches by purse seiners, in short tons, in the Pacific Ocean east of 150°W, by latitude. The 1987 data are preliminary.

TABLA 6. Captura registrada de aleta amarilla (YFT) y barrilete (SKJ) por barcos cerqueros, en toneladas cortas, en el Océano Pacífico al este de 150°W, por latitud. Los datos de 1987 son preliminares.

Latitude Latitud	Species Especie	Year—Año					
		1982	1983	1984	1985	1986	1987
South of Equator	YFT	15,009	36,312	28,706	15,241	9,433	16,280
	SKJ	6,508	16,555	11,533	13,055	3,447	5,205
Equator to 5°N	YFT	13,985	2,099	6,728	13,055	12,918	17,013
	SKJ	23,867	4,262	22,685	22,467	19,451	26,046
5°N to 10°N	YFT	31,727	8,786	32,601	60,034	120,268	92,705
	SKJ	22,592	7,805	12,322	11,547	26,130	11,374
10°N to 15°N	YFT	25,950	16,475	35,519	89,979	69,302	80,429
	SKJ	10,602	11,716	1,116	574	2,132	2,144
15°N to 20°N	YFT	3,982	5,495	8,094	19,663	18,320	22,699
	SKJ	7,001	4,880	1,598	739	969	883
North of 20°N	YFT	17,142	15,364	31,271	15,684	14,396	21,023
	SKJ	18,692	6,399	3,560	139	1,080	7,591
Total for year	YFT	107,795	84,531	142,919	213,084	244,637	250,149
Total annual	SKJ	89,262	51,617	52,814	48,521	53,209	53,243

TABLE 7. Logged yellowfin (YFT) and skipjack (SKJ) catches by baitboats, in short tons, in the Pacific Ocean east of 150°W, by latitude. The 1987 data are preliminary.

TABLA 7. Captura registrada de aleta amarilla (YFT) y barrilete (SKJ) por barcos de carnada, en toneladas cortas, en el Océano Pacífico al este de 150°W, por latitud. Los datos de 1987 son preliminares.

Latitude Latitud	Species Especie	Year—Año					
		1982	1983	1984	1985	1986	1987
5°N to 10°N	YFT	0	0	0	0	19	0
	SKJ	0	0	0	0	10	0
10°N to 15°N	YFT	2	0	0	34	0	70
	SKJ	6	0	0	0	0	0
15°N to 20°N	YFT	169	82	214	482	415	301
	SKJ	247	101	658	794	82	107
North of 20°N	YFT	735	4,188	2,828	524	2,132	5,284
	SKJ	1,891	3,249	1,462	114	1,898	1,830
Total for year	YFT	906	4,270	3,042	1,040	2,566	5,655
Total annual	SKJ	2,144	3,350	2,120	908	1,990	1,937

TABLE 8. Numbers of vessels and carrying capacities in short tons of the international surface-gear fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year and the change in capacity from the previous year. The 1987 data are preliminary.

TABLA 8. Número de embarcaciones y capacidad de acarreo, en toneladas cortas, de la flota epipelágica internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental en cada año, y cambios en la capacidad de acarreo con relación al año anterior. Los datos de 1987 son preliminares.

Year Año	Number Número	Capacity Capacidad	Change in capacity Cambio en la capacidad
1965	279	48,637	
1966	248	46,255	- 2,382
1967	238	46,253	- 2
1968	234	56,480	+ 10,277
1969	226	62,781	+ 6,301
1970	220	71,987	+ 9,206
1971	359	96,003	+ 24,016
1972	392	121,114	+ 25,111
1973	353	139,570	+ 18,456
1974	353	155,041	+ 15,471
1975	365	171,480	+ 16,439
1976	392	184,589	+ 13,109
1977	372	185,380	+ 791
1978	390	187,425	+ 2,045
1979	333	188,244	+ 819
1980	320	188,946	+ 702
1981	291	186,919	- 2,027
1982	263	170,684	- 16,235
1983	271	141,856	- 28,828
1984	214	116,455	- 25,401
1985	201	129,710	+ 13,255
1986	182	124,503	- 5,207
1987	206	146,002	+ 21,499

TABLE 9. Numbers and carrying capacities in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the eastern Pacific Ocean in 1986 by flag, gear, and size class.

TABLA 9. Número de barcos que pescaron en el Océano Pacífico oriental en 1986 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas cortas, por bandera, arte de pesca, y clase de arqueo.

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo						Capacity Capacidad
		1	2	3	4	5	6	
NUMBER—NUMERO								
Costa Rica	Seiner	—	—	—	—	—	1	1 *
Ecuador	Seiner	—	5	13	6	2	4	30 6,936
	Baitboat	3	—	—	—	—	—	80
El Salvador	Seiner	—	—	—	—	—	1	1 *
Korea	Seiner	—	—	—	—	—	2	2 *
México	Seiner	—	—	1	1	2	41	45 42,977
	Baitboat	—	2	8	—	—	—	10 1,243
Panamá	Seiner	—	—	—	—	—	1	1 *
Spain	Seiner	—	—	—	—	—	2	2 1,942
USA	Seiner	5	14	5	1	1	38	64 43,235
	Baitboat	—	2	1	—	—	—	3 348
USSR	Seiner	—	—	—	1	—	—	1 *
Vanuatu	Seiner	—	—	—	—	—	3	3 *
Venezuela	Seiner	—	—	—	—	—	15	15 17,957
	Baitboat	—	—	—	1	—	—	1 *
Total of de*								9,785
All flags— Todas las banderas	Seiner	5	19	19	9	5	108	165
	Baitboat	3	4	9	1	—	—	17
	All gear	8	23	28	10	5	108	182
CAPACITY—CAPACIDAD								
All flags— Todas las banderas	Seiner	165	1,618	2,615	2,182	1,882	114,102	122,564
	Baitboat	80	352	1,239	268	—	—	1,939
	All gear	245	1,970	3,854	2,450	1,882	114,102	124,503

* Asterisks indicate data pooled to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

* Los asteriscos indican datos combinados para evitar revelar las actividades de barcos o empresas individuales.

TABLE 10. Preliminary estimates of the numbers and carrying capacities in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the eastern Pacific Ocean in 1987 by flag, gear, and size class.

TABLA 10. Estimaciones preliminares del número de barcos que pescaron en el Océano Pacífico oriental en 1987 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas cortas, por bandera, arte de pesca, y clase de arqueo.

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo						Capacity Capacidad	
		1	2	3	4	5	6		
NUMBER—NUMERO									
Ecuador	Seiner	1	5	10	6	2	4	28	6,517
	Baitboat	6	—	—	—	—	—	6	170
El Salvador	Seiner	—	—	—	—	—	2	2	*
México	Seiner	—	1	1	1	1	50	54	52,840
	Baitboat	—	4	8	—	—	—	12	1,399
Panamá	Seiner	—	—	—	—	—	5	5	5,063
Perú	Seiner	—	1	2	—	—	—	3	387
Spain	Seiner	—	—	—	—	—	1	1	*
USA	Seiner	1	9	5	1	1	37	54	41,095
	Baitboat	6	4	1	—	—	—	11	668
Vanuatu	Seiner	—	—	—	—	1	5	6	*
Venezuela	Seiner	—	—	—	—	—	24	24	28,480
Total of-de*									9,383
All flags—	Seiner	2	16	18	8	5	128	177	
Todas las	Baitboat	12	8	9	—	—	—	29	
banderas	All gear	14	24	27	8	5	128	206	
CAPACITY—CAPACIDAD									
All flags—	Seiner	80	1,447	2,441	1,917	1,846	136,034		143,765
Todas las	Baitboat	347	669	1,221	—	—	—		2,237
banderas	All gear	427	2,116	3,662	1,917	1,846	136,034		146,002

* Asterisks indicate data pooled to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

* Los asteriscos indican datos combinados para evitar revelar las actividades de barcos o empresas individuales.

TABLE 12. Search classifications. YF: yellowfin; SJ: skipjack.**TABLA 12.** Clasificaciones de búsqueda. YF: aleta amarilla; SJ: barrilete.

Search classification Clasificación de búsqueda	Set type at the end of the search Tipo de lance al fin de la búsqueda	Previous set type Tipo de lance anterior	Mixed YF + SJ or pure YF at the end of the search YF + SJ mixto o YF puro al fin de la búsqueda
1	schoolfish cardumen libre	schoolfish cardumen libre	YF
2	dolphin delfín	dolphin delfín	YF
3	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF
4	schoolfish cardumen libre	schoolfish cardumen libre	YF + SJ
5	dolphin delfín	dolphin delfín	YF + SJ
6	floating object objeto flotante	floating object objeto flotante	YF + SJ
7	different from previous set diferente al lance anterior	different from set type at end of search diferente al tipo de lance al fin de la búsqueda	YF or-o YF + SJ

TABLE 13. Predictive equations of total length versus morphometric measurements (\log_{10} measurement = $\beta_0 + \beta_1 \log_{10}$ total length).**TABLA 13.** Ecuaciones predictivas de la longitud total contra las mediciones morfométricas (\log_{10} medición = $\beta_0 + \beta_1 \log_{10}$ longitud total).

Measurement Medición	Parameter Parámetro	Northern Zona norte	Central Zona central	Southern Zona sur
SFD—HPD	β_0	-0.199	-0.144	-0.230
	β_1	0.888	0.871	0.903
	r^2	95.5%	98.3%	98.9%
SSD—HSD	β_0	0.010	-0.033	-0.091
	β_1	0.902	0.919	0.939
	r^2	98.2%	99.4%	99.5%
SAF—HAA	β_0	0.037	0.016	-0.039
	β_1	0.908	0.917	0.936
	r^2	98.4%	99.5%	99.5%
HL—LC	β_0	-0.184	-0.196	-0.352
	β_1	0.869	0.876	0.931
	r^2	95.5%	97.8%	98.7%
FDSD—PDSD	β_0	-0.383	-0.476	-0.593
	β_1	0.917	0.951	0.991
	r^2	94.1%	98.0%	98.4%
FDAF—PDAA	β_0	-0.218	-0.257	-0.333
	β_1	0.928	0.943	0.970
	r^2	96.8%	98.8%	99.2%
SDAF—SDAA	β_0	-0.420	-0.368	-0.580
	β_1	0.927	0.914	0.989
	r^2	93.9%	97.1%	98.5%

SFD = snout to insertion of first dorsal fin

HPD = del hocico a la inserción de la primera aleta dorsal

SSD = snout to insertion of second dorsal fin

HSD = del hocico a la inserción de la segunda aleta dorsal

SAF = snout to insertion of anal fin

HAA = del hocico a la inserción de la aleta anal

HL = head length

LC = longitud de la cabeza

FDSD = insertion of first dorsal fin to insertion of second dorsal fin

PDSD = de la inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la segunda aleta dorsal

FDAF = insertion of first dorsal fin to insertion of anal fin

PDAA = de la inserción de la primera aleta dorsal a la inserción de la aleta anal

SDAF = insertion of second dorsal fin to insertion of anal fin

SDAA = de la inserción de la segunda aleta dorsal a la inserción de la aleta anal

TABLE 14. Results of stepwise discriminant function analyses using jackknifed classification and cross-validation procedures.

TABLA 14. Resultados del análisis escalonado de función discriminante, usando procedimientos de clasificación por "jackknife" y validación cruzada.

Subsamples (% random) Submuestras (% al azar)	Group Grupo	Percent correct Porcentaje correcto	No. of fish classified into group	
			North	South
			No de peces clasificados en el grupo	
0	N	72.0	530	206
	S	78.7	370	1368
	Total	76.7	900	1574
20	N	71.2	421	170
	S	79.0	293	1102
	NN	75.9	110	35
	NS	79.9	69	274
	Total	77.1	893	1581
40	N	70.5	318	133
	S	79.1	217	821
	NN	74.0	211	74
	NS	78.1	153	547
	Total	76.7	899	1575
60	N	72.1	220	85
	S	79.8	143	564
	NN	71.7	309	122
	NS	78.4	223	808
	Total	76.8	895	1579
80	N	72.7	109	41
	S	77.8	80	280
	NN	73.9	433	153
	NS	76.9	318	1060
	Total	76.1	940	1534

N = North-Norte	NN = New North-Nuevo Norte
S = South-Sur	NS = New South-Nuevo Sur

TABLE 15. Growth of yellowfin, in centimeters per month, derived from tagging data (A) and predicted from otoliths (B).

TABLA 15. Crecimiento del aleta amarilla (cm/mes), a partir de datos de marcado (A) y predicho a partir de los otolitos (B).

	1976 (n = 31)		1980-1981 (n = 41)	
	A	B	A	B
Mean rate—tasa promedio	2.71	3.16	3.27	3.31
Variance—varianza	2.03	1.14	2.02	0.53
Growth rate range—rango de las tasas de crecimiento	0.1-6.2	1.2-5.1	0.2-6.4	1.7-4.8

TABLE 16. Tuna-dolphin program's sampling coverage of trips, and yellowfin captured, in the tuna-dolphin purse-seine fishery during 1987.
TABLA 16. Cobertura muestral del programa atún-delfín de viajes, y aleta amarilla capturado, en la pesca atunera con cerco durante 1987.

Number of sampled trips Número de viajes muestreados	Number of sampled trips with dolphin sets Nº de viajes muestreados con lances sobre delfines	Estimated total number of trips with dolphin sets ^a Número total estimado de viajes con lances sobre delfines ^a	Percent sampling coverage of trips with dolphin sets Porcentaje de cobertura muestral de viajes con lances sobre delfines	Percent sampling coverage of tons of tunas caught in dolphin sets ^b Porcentaje de cobertura muestral de toneladas de túnidos capturados en lances sobre delfines ^b
United States vessels Barcos de EE.UU.				
sampled by NMFS muestreados por NMFS	80	75	—	—
samples by IATTC muestreados por CIAT	44	44	—	—
Total	124	119	130	91.5
				96.7
Non-U.S. vessels and U.S. vessels chartered by Venezuelan companies (sampled by IATTC) Barcos de otros países y barcos de EE.UU. fletados por compañías venezolanas (muestreados por la CIAT)				
Costa Rica	1	0	0	—
Ecuador	3	0	10	0.0
El Salvador	2	2	5	40.0
México	51	49	166	29.5
Panamá	2	2	11	18.2
Spain—España	2		6	33.3
Vanuatu	10	8	24	33.3
Venezuela (non-U.S.) (barcos venezolanos)	17	17	63	27.0
Venezuela (U.S.) (barcos fletados)	2	2	5	40.0
Total	90	82	290	28.3
				24.3
All countries Todos los países				
	214	201	420	47.9
				52.0

^a Adjusted estimates based on IATTC logbook coverage of trips of vessels of each country in the eastern Pacific.

^a Estimaciones ajustadas, basadas en bitácoras de barcos de cada país en el Pacífico oriental recopiladas por la CIAT.

^b Using adjusted estimates of total of yellowfin and skipjack in dolphin sets, based on IATTC logbook coverage of trips of the U.S. and non-U.S. fleets.

^b Usando estimaciones ajustadas de la captura total de aleta amarilla y barrilete en lances sobre delfines, basadas en bitácoras de barcos de EE.UU. y otros países recopiladas por la CIAT.

TABLE 17. Estimates of the incidental mortalities of dolphins during 1987. At the request of the International Whaling Commission, this table has been fully stratified by stock. The stratification by area has also been maintained. Because of the difference in sampling level, the U.S. and non-U.S. fleets were treated as separate strata in 1987. To coincide with the limits established by national legislation, only data for vessels with capacities over 400 tons were included in the calculations.

TABLA 17. Estimaciones de la mortalidad incidental de delfines en 1987. De acuerdo con la solicitud de la Comisión Ballenera Internacional, se estratificó la tabla por stock, pero manteniendo la estratificación por zona. Debido a la diferencia en el nivel de muestreo, se trataron como estratos distintos en 1987 la flota estadounidense y la no estadounidense. Para concordar con los límites impuestos por legislación nacional, se incluyen solamente datos correspondientes a barcos de capacidad superior a las 400 toneladas.

	Using mortality per set Usando mortalidad por lance		Using mortality per ton Usando mortalidad por tonelada	
	Estimate Estimación	Standard error Error estándar	Estimate Estimación	Standard error Error estándar
Offshore spotted dolphin— Delfín manchado de altamar				
Northern stock-stock norteño	51,684	4,764	56,573	5,016
Southern stock-stock sureño	3,285	1,478	4,029	419
Eastern spinner dolphin— Delfín tornillo oriental				
Identified—identificados	10,227	1,198	11,638	1,389
Prorated ^a —prorratoeados ^a	131	45	147	51
Whitebelly spinner dolphin— Delfín tornillo panza blanca				
Northern stock-stock norteño				
Identified—identificados	3,562	1,012	3,988	1,206
Prorated ^b —prorratoeados ^b	32	11	35	12
Southern stock-stock sureño	2,432	1,225	2,910	544
Common dolphin—Delfín común				
Northern stock-stock norteño	7,513	4,769	7,502	4,981
Central stock-stock central	9,497	2,380	12,455	3,366
Southern stock-stock sureño	6,859	3,256	9,079	4,591
Other dolphins—otros delfines	3,200	1,140	3,577	1,270
Totals—totales	98,422	8,315	111,933	9,373

^a Unidentified prorated as eastern spinners

No identificados prorratoeados como tornillos orientales

^b Unidentified prorated as northern whitebelly spinners

No identificados prorratoeados como tornillos panza blanca norteños

TABLE 18. Herd characteristics of bottlenose dolphins stratified by area in the eastern Pacific Ocean. The areas are defined in the text.

TABLA 18. Características de las manadas de *Tursiops truncatus* estratificadas por zonas en el Océano Pacífico oriental. Se definen las zonas en el texto.

	Area-Zona				
	Coastal Costera	Near-coastal Cerca de la costa	Island De isla	Offshore Mar afuera	Far-western Extremo occidental
Median herd size—					
Tamaño de manada mediano	12	12	20	10	9
Mean herd size—					
Tamaño de manada medio	94	72	93	40	44
Sample size—					
Tamaño de la muestra	867	1149	228	3170	47

TABLE 19. Estimated recruitment, in thousands of fish, of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined. The A estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first quarter in the fishery. The B estimates correspond to the average numbers of fish alive during the first quarter in the fishery. The latter are the same as values used in Table 20.

TABLA 19. Reclutamiento estimado, en millares de peces, de las cohortes X e Y, y de las dos cohortes combinadas. Las estimaciones de A corresponden a las cantidades de peces al comienzo del primer trimestre en la pesquería. Las estimaciones de B corresponden al promedio de las cantidades de peces vivos durante el primer trimestre en la pesquería. Estos últimos son iguales a los valores usados en la Tabla 20.

	Year—Año	Y	X	X + Y
A	Average—Promedio	27802	26058	53860
B	1967	15170	20259	35429
	1968	27667	24724	52391
	1969	16850	18423	35273
	1970	18423	18106	36529
	1971	21055	24050	45105
	1972	14184	14788	28972
	1973	23535	19260	42795
	1974	51106	32091	83197
	1975	19672	23598	43270
	1976	22711	18305	41016
	1977	20476	18356	38832
	1978	48642	24984	73626
	1979	28414	30699	59113
	1980	29449	19990	49439
	1981	28681	23559	52240
	1982	18630	18851	37481
	1983	27913	28292	56205
	1984	32800	31017	63817
	1985	30489	33305	63794
	1986	30069	32435	62504
	1987	23851	33354	57205
	Average—Promedio	26180	24212	50392

TABLE 20. (continued)
TABLA 20. (continuación)

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X+Y		X			
		IV	III	II	I	0	V+	IV	III	II	I	
1980	1	96	427	1560	13645	0	80	229	1089	6498	19990	
	2	64	261	1017	7932	0	80	140	714	4146	14033	
	3	50	195	710	4705	28681	80	107	524	2871	9385	
	4	41	142	485	3459	22220	80	82	380	2131	6792	
1981	1	73	312	2463	15891	0	80	257	1525	4999	23559	
	2	34	205	1714	9943	0	80	176	1110	3487	17598	
	3	25	127	1214	5415	18630	80	129	819	2415	12878	
	4	20	73	829	2897	13949	80	98	584	1681	8921	
1982	1	41	553	1512	9579	0	80	423	968	6389	18851	
	2	26	391	806	5815	0	80	324	512	5081	13296	
	3	20	291	566	3729	27913	80	257	327	4066	9033	
	4	16	207	413	2889	20429	80	199	212	3251	6462	
1983	1	137	271	2244	14424	0	90	130	2605	5001	28292	
	2	99	184	1710	9952	0	90	88	2101	3899	21731	
	3	80	137	1269	6972	32800	90	67	1678	3056	16125	
	4	65	90	790	5403	26267	90	50	1231	2423	12456	
1984	1	50	482	4031	20684	0	100	890	1890	9917	31017	
	2	29	332	2927	16024	0	100	695	1433	7903	23706	
	3	20	215	2183	12186	30489	100	547	1071	6321	17257	
	4	16	122	1547	8786	24830	100	432	727	4880	12759	
1985	1	51	1006	6172	20104	0	150	421	3466	9834	33305	
	2	12	607	4353	15944	0	150	223	2246	7659	26916	
	3	3	383	3076	12564	30069	150	134	1378	5836	21595	
	4	2	247	2131	9717	24018	150	93	802	4444	17034	
1986	1	142	1298	6540	18976	0	150	435	3193	12804	32435	
	2	85	737	4606	14705	0	150	231	2128	9712	26099	
	3	59	452	2766	10930	23851	150	136	1383	7619	20724	
	4	46	299	1989	8069	18011	150	93	902	5768	16342	
1987	1	193	1336	5832	12789	0	100	542	4144	12005	33354	
	2	127	801	3926	8863	0	100	309	2809	8339	26098	
	3	93	441	2666	6262	37190	100	191	1907	5926	18892	
	4	73	260	1880	4733	29014	100	127	1408	4373	12860	

TABLE 21. Age-specific coefficients of fishing mortality (F) of yellowfin obtained from biomass analyses.**TABLA 21.** Coeficientes de mortalidad por pesca (F) del aleta amarilla para cada edad, obtenidos de análisis de la biomasa.

Group Grupo	Period Período	Weight Peso	<i>F</i>	
			1977–1981	1985–1986
X	first quarter of first appearance in the fishery—primer trimestre de primera aparición en la pesca	4.0 lbs (1.8 kg)	0.17	0.00
X	second and third quarters— segundo y tercer trimestre	5.6–8.0 lbs (2.5–3.6 kg)	0.72	0.10
X	fourth through eighth quarters— del cuarto al octavo trimestre	10.2–36.1 lbs (4.6–16.4 kg)	0.72	0.20
X	ninth quarter—noveno trimestre	45 lbs (20.4 kg)	0.72	0.70
X	all subsequent quarters—todos los trimestres subsiguientes	55.1–200 lbs (25.0–90.7 kg)	0.72	1.10
Y	first quarter—primer trimestre	4.0 lbs (1.8 kg)	0.20	0.08
Y	second through sixth quarters— del segundo al sexto trimestre	5.6–18.9 lbs (2.5–8.6 kg)	0.98	0.33
Y	seventh through tenth quarters— del séptimo al décimo trimestre	27.0–55.1 lbs (12.2–25.0 kg)	0.98	0.67
Y	all subsequent quarters—todos los trimestres subsiguientes	67–200 lbs (30.4–90.7 kg)	0.98	1.18

TABLE 22. Quotas, catches, and class-6 purse-seine catch per day's fishing (CPDF) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean. The quotas and catches are in thousands of short tons and the CPDFs in short tons. The 1987 data are preliminary.

TABLA 22. Cuotas, capturas y capturas de cerqueros de la clase 6 de arqueo por día de pesca (CPDP) de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Las cuotas y capturas se indican en millares de toneladas cortas y las CPDP se expresan en toneladas cortas. Los datos de 1987 son preliminares.

Year	Quota	Inside CYRA		Outside CYRA		Total catch
		Catch	CPDF	Catch	CPDF	
Año	Cuota	En el ARCAA		Zona fuera del ARCAA		Captura total
		Captura	CPDP	Captura	CPDP	
1967	84.5	90.1	?	0.0	—	90.1
1968	93	114.5	15.7	1.2	—	115.7
1969	120	126.9	16.1	19.2	20.6	146.1
1970	120	142.4	15.4	30.7	12.0	173.1
1971	140 + (2×10) ^a	113.9	9.8	22.8	10.5	136.6
1972	120 + (2×10)	152.9	15.5	44.8	12.7	197.7
1973	130 + (3×10)	178.0	12.7	49.5	11.9	227.5
1974	175 + (2×10)	191.6	10.0	41.0	10.3	232.6
1975	175 + (2×10)	176.0	8.1	47.7	12.2	223.8
1976	175 + (2×10)	210.5	9.5	50.8	12.7	261.3
1977	175 + (20+15)	202.4	7.9	17.8	9.5	220.2
1978	175 + (20+15)	184.0	6.6	16.0	9.5	200.0
1979	175 + (20+15)	195.0	5.8	15.2	8.2	210.2
1980	none—ninguna	146.5	4.8	29.6	8.8	176.1
1981	none—ninguna	174.7	6.0	26.5	7.8	201.2
1982	none—ninguna	118.7	4.8	20.1	8.7	138.8
1983	none—ninguna	91.4	5.7	13.5	6.8	104.9
1984	none—ninguna	142.3	9.5	18.2	11.5	160.5
1985	none—ninguna	216.2	12.9	24.1	18.7	240.3
1986	none—ninguna	252.9	16.8	42.7	22.2	295.6
1987	none—ninguna	278.6	15.3	26.3	17.7	304.9

^a “+ (2×10)” indicates two increments of 10 thousand tons each, which could be added to the quota at the discretion of the Director.

^a “+ (2×10)” indica los dos incrementos de 10 mil toneladas cada uno que se pueden agregar a la cuota a discreción del Director.

TABLE 23. Releases and returns of bluefin tagged in the eastern Pacific Ocean during 1958–1980. The 1962–1968 experiments were carried out by the U.S. National Marine Fisheries Service, the California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation.

TABLA 23. Liberación y recaptura de atunes aleta azul marcados en el Océano Pacífico oriental durante 1958–1980. Los experimentos de 1962–1968 fueron llevados a cabo por el National Marine Fisheries Service de los EE.UU., el California Department of Fish and Game, y el Mission Bay Research Foundation.

Year Año	Number Cantidad	Release Liberación				Recapture Recaptura								Unknown Desconocido	Total Total		
		Year 0 Año 0		Year 1 Año 1		Year 2 Año 2		Year 3 Año 3		Year 4 Año 4		Year 5 Año 5					
		East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste				
1958	122	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9		
1962	960	86	0	83	0	1	3	0	2	0	0	0	0	0	175		
1963	643	79	0	30	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	115		
1964	959	107	0	75	0	17	1	0	0	0	2	0	0	0	202		
1966	237	63	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65		
1968	35	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6		
1979	300	35	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	40		
1980	114	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7		

TABLE 24. Releases and recaptures of bluefin tagged off Japan in 1980, 1981, and 1982.

TABLA 24. Liberaciones y recapturas de aletas azules marcados frente al Japón en 1980, 1981, y 1982.

Year class Generación	Area Zona	Gear Arte	Date Fecha	Number Cantidad	Recapture—Recaptura								1983	
					1980		1981		1982		1983			
					West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este	West Oeste	East Este		
1979	Southern Kyushu Sea of Japan	troll* trap**	Jan.–Apr. 80 May 80 Jun.–Jul. 80	671 33 35	122	0	33	24	10	0	3	0	0	0
1980	Shikoku Island	troll	Aug.–Sep. 80	106	10	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1981	Shikoku Island	troll	Jul.–Sep. 81	3,297	—	—	264	0	50	24	5	1		
1982	Shikoku Island	troll	Jul.–Aug. 82	237	—	—	—	—	24	0	5	0		

* troll: curricán

** trap: trampa

TABLE 25. Input for yield-per-recruit analysis of bluefin.**TABLA 25.** Datos utilizados en el análisis del rendimiento por recluta del aleta azul.

Date	Length (cm)	Weight (kg)	Nat. mort. (annual)	Fish. mort. (annual) 1st-year migrants	Fish. mort. (annual) 2nd-year migrants	Date	Length (cm)	Weight (kg)	Nat. mort. (annual)	Fish. mort. (annual) 1st-year migrants	Fish. mort. (annual) 2nd-year migrants
Fecha	Longitud (cm)	Peso (kg)	Mort. nat. (anual)	Mort. por pesca (anual) Emigrantes 1º año	Mort. por pesca (anual) Emigrantes 2º año	Fecha	Longitud (cm)	Peso (kg)	Mort. nat. (anual)	Mort. por pesca (anual) Emigrantes 1º año	Mort. por pesca (anual) Emigrantes 2º año
Mar. 1	0.00					May 1	80.36				
Apr. 1	3.81					Jun. 1	82.77	12.86	0.6		
May 1	7.57					Jul. 1	85.15	12.99	0.6	0.5	0.5
Jun. 1	11.26					Aug. 1	87.48	14.03	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	14.87	0.07	0.6	0.5	0.5	Sep. 1	89.77	15.10	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	18.43	0.13	0.6	1.0	1.0	Oct. 1	92.03	16.20	0.6	1.0	1.0
Sep. 1	21.93	0.22	0.6	1.0	1.0	Nov. 1	94.24	17.33	0.6	0.5	0.5
Oct. 1	25.36	0.35	0.6	1.0	1.0	Dec. 1	96.41	18.49	0.6		
Nov. 1	28.74	0.52	0.6	1.0	1.0	Jan. 1	98.55	19.67	0.6		
Dec. 1	32.05	0.73	0.6	0.5		Feb. 1	100.65	20.89	0.6		
Jan. 1	35.31	1.00	0.6			Mar. 1	102.71	22.12	0.6		
Feb. 1	38.51	1.32	0.6			Apr. 1	104.74	23.38	0.6		
Mar. 1	41.66	1.70	0.6			May 1	106.73	24.66	0.6		
Apr. 1	44.75	2.15	0.6			Jun. 1	108.69	25.97	0.6		
May 1	47.79	2.68	0.6			Jul. 1	110.61	27.29	0.6	0.5	0.5
Jun. 1	50.77	3.05	0.6	0.1		Aug. 1	112.50	28.63	0.6	1.0	1.0
Jul. 1	53.70	3.63	0.6	1.0		Sep. 1	114.36	30.14	0.6	1.0	1.0
Aug. 1	56.58	4.27	0.6	1.0	0.5	Oct. 1	116.18	31.36	0.6	1.0	1.0
Sep. 1	59.42	4.98	0.6	1.0		Nov. 1	117.97	32.74	0.6	0.5	0.5
Oct. 1	62.20	5.75	0.6	0.5		Dec. 1	119.73	34.14	0.6		
Nov. 1	64.93	6.58	0.6			Jan. 1	121.46	35.55	0.6		
Dec. 1	67.62	7.47	0.6			Feb. 1	123.16	36.97	0.6		
Jan. 1	70.25	8.42	0.6			Mar. 1	124.83	38.41	0.6		
Feb. 1	72.85	9.44	0.6			Apr. 1	126.47	39.85	0.6		
Mar. 1	75.39	10.52	0.6			May 1	128.09	41.30	0.6		
Apr. 1	77.90	11.66	0.6			Jun. 1	129.67	42.72	0.6	0.5	0.5
						Jul. 1	131.22	44.22	0.6		

TABLE 26. Annual catches of bigeye, in short tons, by all gear in the Pacific Ocean and by surface and longline gear in the eastern Pacific Ocean. The 1987 data are preliminary.

TABLA 26. Capturas anuales de patudo, en toneladas cortas, obtenidas por todas las artes en el Océano Pacífico y por pesca epipelágica y palangreras en el Océano Pacífico oriental. Los datos de 1987 son preliminares.

Year Año	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear Total Océano Pacífico, todas las artes
	surface pesca epipelágica	longline pesca palangreras	
1954	303	2,187	
1955	129	2,459	
1956	44	3,271	
1957	75	13,175	
1958	256	14,389	
1959	165	16,231	
1960	202	25,562	
1961	235	72,942	
1962	362	63,503	
1963	83	89,677	
1964	75	56,889	92,900
1965	130	37,346	75,700
1966	294	42,175	85,000
1967	1,834	43,716	87,900
1968	2,821	43,072	73,900
1969	635	63,631	87,900
1970	1,469	40,519	83,800
1971	2,830	34,902	74,700
1972	2,468	43,006	98,000
1973	2,181	61,170	98,400
1974	980	48,669	98,533
1975	4,104	54,762	112,895
1976	11,229	61,348	139,500
1977	7,777	81,333	158,718
1978	12,911	82,015	129,986
1979	8,302	75,098	138,908
1980	16,998	78,928	133,931
1981	11,124		111,445
1982	4,524		119,757
1983	3,594		121,940
1984	6,453		112,149
1985	4,996		
1986	2,182		
1987	863		

**INFORME ANUAL DE LA
COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1987**

INTRODUCCION

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio suscrito inicialmente por la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, que rige desde 1950, permite la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atún en el Pacífico oriental tropical. Bajo estas disposiciones, se afilió Panamá en 1953, Ecuador en 1961, México en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, y Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978, Costa Rica en 1979, y Canadá en 1984.

Las principales obligaciones de la Comisión, según el Convenio, son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar los efectos de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia, y (2) recomendar medidas apropiadas de conservación para que los stocks de peces se puedan mantener a niveles que permitan capturas máximas sostenibles.

En 1976 se ampliaron las obligaciones de la Comisión al incluir los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Los objetivos acordados en torno a esta cuestión son: “[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad; [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca”. Las áreas específicas de participación serían: (1) investigación de la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental por pesca mediante la recopilación de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) realización de reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) análisis de índices de abundancia de los delfines y realización de estudios simulados en computadora; y (4) investigación y entrenamiento sobre artes de pesca y comportamiento de los delfines.

Para cumplir estos objetivos, la Comisión debe efectuar una gran variedad de estudios en el mar, en los puertos donde se desembarca el atún, y en el laboratorio. Los estudios son realizados por un equipo permanente de investigadores contratados a nivel internacional por el Director, quién a su vez responde directamente ante los delegados de esta entidad. (Véase el Anexo 1).

El programa científico se encuentra en su XXXVII año. Los resultados de las investigaciones son publicados en inglés y español, los dos idiomas oficiales, en la serie de Boletines de la Comisión. La revisión anual de la administración y de las actividades de la Comisión se describen en un informe anual bilingüe. Se publican otros artículos en los informes especiales de la Comisión, en libros, revistas científicas externas, y en publicaciones comerciales. Estos escritos han tenido una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance de la crítica de gran parte de la comunidad científica.

REUNION DE LA COMISION

La Comisión celebró su XLIV Reunión en Panamá, R.P., del 5 al 7 de mayo de 1987. Presidió el Sr. Armando R. Martínez V., de Panamá. Asistieron representantes de los cinco países miembros, así como observadores del Canadá, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Vanuatu, Venezuela, y la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA).

Se aprobó la siguiente agenda:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Análisis de la investigación actual
4. El año pesquero 1986
5. Condición de los stocks de atún

6. Examen del programa atún-delfín
7. Recomendaciones para 1987
8. Programa de investigación y presupuesto recomendado para el AF 1988-1989
9. Actualización de las labores referentes a las disposiciones para la administración de los túnidos en el Pacífico oriental
10. Fecha y sede de la próxima reunión
11. Nombramiento de funcionarios
12. Otros asuntos
13. Clausura

La Comisión tomó las siguientes medidas:

(1) El personal de la Comisión no recomendó una cuota de captura de aleta amarilla para 1987. Los motivos se señalan en el Documento Fundamental No. 2 que se elaboró para la reunión, el cual puede solicitarse a la Comisión. Se aprobó la siguiente resolución sobre el aleta amarilla:

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, responsable de la administración del atún y especies afines en el Océano Pacífico oriental, habiendo mantenido un programa científico dirigido al estudio de dichos recursos en forma ininterrumpida desde 1950;

Observa que el atún aleta amarilla del Océano Pacífico oriental constituye un recurso que sostiene a una de las pesquerías de superficie más importantes del mundo;

Señala, con base en la experiencia previa en esta pesquería, que existe la posibilidad de sobreexplotar el recurso si el esfuerzo de pesca es excesivo;

Tiene presente que el cumplimiento satisfactorio del programa de conservación establecido para el período 1966-1979, basado en cuotas anuales de captura, contribuyó al mantenimiento del stock de aleta amarilla a un elevado nivel de abundancia; y

Señala que, a pesar de no haberse establecido un programa de conservación para el período 1980-1986, los investigadores de la Comisión recomendaron cuotas de captura a los delegados, quienes a su vez transmitieron estas recomendaciones a sus respectivos gobiernos;

Observa, además, que el nivel de reclutamiento en 1984 y 1985 fue excepcionalmente elevado y que la composición de talla de la captura de 1985 y 1986 fue favorable, por lo que en 1987 el stock se encuentra en el máximo nivel de abundancia registrado en los últimos años; y

Considera que, en vista de este elevado nivel de abundancia, la capacidad actual de la flota del Pacífico oriental no representa un peligro para el stock, el cual debe soportar capturas similares a las obtenidas en 1986.

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, por lo tanto, no considera necesario recomendar una cuota de captura para el atún aleta amarilla durante 1987; pero

Advierte que las generaciones cuantiosas que ingresaron a la pesquería en 1984 y 1985 constituyen un hecho sin precedentes y, por lo tanto, debe esperarse que este hecho sólo ocurra con poca frecuencia en el futuro; y

Finalmente desea destacar que, a medida que dichas generaciones crezcan y que disminuya su contribución a la pesquería, es altamente probable que sea necesario recomendar cuotas de captura nuevamente.

(2) La Comisión aprobó la siguiente resolución sobre conservación de los delfines:

Notando que ciertas especies de atunes y delfines se encuentran a través de las regiones de pesca del atún en todo el mundo, pero que una íntima asociación sólo se da en el Océano Pacífico oriental, y

Observando que en el Océano Pacífico oriental los pescadores que operan con cerqueros aprovechan esta asociación para pescar el atún y que durante este proceso de captura mueren algunos delfines accidentalmente; y

Reconociendo que la mortalidad de los delfines asociada con las actividades de la pesca cerquera en el Océano Pacífico oriental ha disminuido considerablemente en comparación con los niveles observados en años anteriores, pero que ésta continúa siendo considerable; y

Teniendo presente los objetivos de la Comisión sobre este problema que contemplan 1) mantener la productividad del atún a un nivel elevado; 2) conservar los stocks de delfines a un nivel que garantice su supervivencia a perpetuidad; y 3) asegurarse de que se realice el mayor esfuerzo posible por evitar la matanza de delfines en forma innecesaria o por descuido; y

Tomando en consideración que la investigación científica, incluyendo múltiples estudios sobre la modificación de las artes de pesca y el desarrollo de técnicas pesqueras especiales para reducir la mortalidad de los delfines, junto con la frecuente colocación de técnicos científicos a bordo de cerqueros para que efectúen observaciones sobre la abundancia y mortalidad, han servido para crear una base sólida a partir de la cual es posible tomar medidas adicionales para reducir la mortalidad de los delfines;

La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por lo tanto a las Altas Partes Contratantes y demás naciones interesadas, cuyas embarcaciones abanderadas participan en la pesquería con cerqueros en el Pacífico oriental, que tomen medidas que alienten a dichas naves, al dedicarse a la pesca del atún asociado con delfín, a adoptar las disposiciones que se indican a continuación a fin de reducir la mortalidad de los delfines:

1. Cada embarcación cerquera debiera contar con un paño de seguridad de doble profundidad y malla fina, con o sin paño protector triangular, para proteger a los delfines y facilitar su liberación en las inmediaciones de la zona de retroceso.
2. Todos los cerqueros debieran emplear el procedimiento de retroceso durante los lances en que se capturen delfines, procedimiento que debe continuar hasta que se hayan liberado todos los delfines vivos. Una vez completado el retroceso, el rescate manual efectuado por miembros de la tripulación desde balsas y lanchas auxiliares deberá continuar hasta que se hayan liberado todos los delfines vivos.
3. Las embarcaciones cerqueras debieran llevar lanchas auxiliares que cuenten con el equipo necesario para remolcar las líneas de corcho cuando sea necesario y así evitar que los delfines queden atrapados a causa del colapso de las redes o formación de ondulaciones; asimismo, se debiera encargar por lo menos a un miembro de la tripulación la labor de ayudar a rescatar delfines desde la lancha en las inmediaciones del ápice del canal de retroceso.
4. Cada barco cerquero debiera llevar y utilizar una balsa inflable para una o dos personas equipada con máscaras, snorkels y/o visores, que sirva de plataforma para el rescate de delfines durante y después del retroceso, siempre y cuando las condiciones prevalecientes no pongan en peligro la seguridad de los ocupantes de la balsa.
5. Cada barco cerquero debiera contar con potentes reflectores de vapor de sodio de alta presión para facilitar la observación del procedimiento de rescate y la liberación de delfines desde la embarcación durante lances en los cuales el procedimiento de retroceso se efectúa total o parcialmente a oscuras.
6. Cada país cuya flota de barcos cerqueros opera en el Océano Pacífico oriental debiera crear un equipo asesor integrado por capitanes con experiencia y expertos en artes de pesca para mejorar el desempeño de sus embarcaciones abanderadas y de embarcaciones fletadas por compañías nacionales que navegan bajo otras banderas, objetivo que puede lograrse por medio de: realización de seminarios sobre reducción de la mortalidad de delfines, contacto directo con los capitanes que participan en esta actividad, recomendar la realización de lances de prueba para verificar la alineación del paño de seguridad para delfines, y otras medidas que se estimen apropiadas. Por último, la CIAT

Manifiesta adicionalmente a los países miembros y demás naciones interesadas que las especificaciones detalladas sobre las artes y equipo de pesca y la asistencia técnica necesarias para poner en práctica las recomendaciones aquí señaladas pueden solicitarse al personal de investigación de la Comisión, y ruega a dichos países que soliciten esta asistencia cuando lo consideren necesario.

(3) La Comisión aprobó el presupuesto recomendado de US\$3,525,454 para el año fiscal 1988–1989.

(4) La Comisión acordó realizar la próxima reunión periódica en La Jolla, California, del 8 al 10 de marzo de 1988.

(5) La Comisión eligió a las personas que ocuparán los cargos de Presidente y Secretario de la CIAT en 1988, nombrando, respectivamente, al Sr. Armando R. Martínez V. de la República de Panamá y al Sr. Abelino Aróstegui Valladares de Nicaragua.

ADMINISTRACION

PRESUPUESTO

En la XLII reunión, celebrada del 16 al 18 de octubre de 1984 en La Jolla, California, EE.UU., la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto de \$3,149,400 presentado por el Director para el año fiscal 1986–1987. Sin embargo, la cantidad aportada por las naciones afiliadas en el año fiscal 1986–1987 fue de \$2,887,134 dólares, lo que equivale a una reducción de \$262,266 dólares respecto de la suma recomendada y aprobada. A consecuencia de ésto, los investigadores cancelaron los experimentos de marcado programados para dicho año fiscal.

INFORME FINANCIERO

La contabilidad de la Comisión para el año fiscal 1986–1987 fue revisada por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 2 del presente documento se presentan las tablas compendiadas de dicho informe.

COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Durante 1987 el equipo de investigadores continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones de investigación en instituciones universitarias, gubernamentales, y privadas a nivel local, nacional, e internacional. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al corriente de los avances y el desarrollo actual en la investigación pesquera y oceanográfica mundial. A continuación se describen algunos aspectos de dichas relaciones.

Las oficinas principales de la Comisión se encuentran en los terrenos de Scripps Institution of Oceanography en La Jolla, California, uno de los principales centros mundiales de ciencias marinas y sede de varias agencias federales y estatales de pesca, oceanografía y ciencias auxiliares. Esta ubicación fomenta el contacto frecuente entre los investigadores de la CIAT y los científicos de estas entidades.

Durante el año se mantuvo la relación cordial y productiva con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la South Pacific Commission (SPC), y otros organismos internacionales. Durante 1985, 1986, y 1987 la Comisión también colaboró estrechamente con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), especialmente a través del Plan Global de Acción para la Conservación, Manejo, y Utilización de los Mamíferos Marinos. El trabajo se ha centrado en la ampliación del programa atún-delfín de la CIAT en América Latina, proyecto al cual el PNUMA ha proporcionado fondos.

Durante 1987 la Comisión continuó su estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con instituciones similares de diversos países no afiliados. Desde 1977

los investigadores de la CIAT han entrenado técnicos científicos para que recopilen, a bordo de barcos atuneros, datos sobre la abundancia, la mortalidad, y otros aspectos de la biología de los delfines. Organizaciones gubernamentales, instituciones educativas, y representantes de la industria atunera de los varios países que participan en la pesca del atún han colaborado activamente en el entrenamiento y colocación de estos técnicos. A través de los años, científicos y estudiantes de distintos países han visitado la oficina principal de la Comisión, permaneciendo durante varias semanas o meses, para aplicar a sus propios datos y material de trabajo los métodos que les enseñaron los científicos de la CIAT. En 1987, por ejemplo, un empleado de la National Aquatic Resources Agency de Sri Lanka pasó varios meses en La Jolla, donde varios miembros del personal de la CIAT la ayudaron con sus análisis de la dinámica poblacional del barrilete, utilizando modelos de la estructura de edades, y sus estudios de la maduración y reproducción de dicha especie. Los científicos de la CIAT que viajan a otros países por razones profesionales con frecuencia ayudan a los científicos de aquellos países con sus investigaciones relacionadas a la pesca del atún, y de vez en cuando viajan al extranjero con el propósito específico de prestar ayuda en tales programas investigativos. En 1987, por ejemplo, un científico de la CIAT pasó varias semanas en Australia, colaborando en un programa de muestreo para averiguar el estado reproductivo del aleta amarilla en el litoral oriental de dicho país.

La existencia de un laboratorio de investigación de la CIAT en la República de Panamá, descrito en la sección titulada **Oficinas Regionales**, permite una colaboración más estrecha entre los investigadores de la CIAT y el personal de las agencias pesqueras panameñas. Los científicos de la Comisión en este laboratorio han podido asistir a los científicos locales a realizar proyectos de investigación fuera del campo de los túnidos, sobre los pargos, por ejemplo. Se han logrado importantes avances en este tema, que se analizan en la sección titulada **Laboratorio de Achotines**.

OFICINAS REGIONALES

La Comisión mantiene oficinas regionales en San Pedro (California), Manta (Ecuador), Ensenada (México), Panamá (República de Panamá), Coishco (Perú), Mayaguez (Puerto Rico) y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos que trabajan allí recopilan estadísticas sobre los desembarcos, hacen resúmenes de las bitácoras de los barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, miden peces y recopilan demás datos sobre su biología, y colaboran en el entrenamiento y colocación de técnicos científicos a bordo de barcos que participan en el programa atún-delfín de la Comisión. Este trabajo no sólo se lleva a cabo en los puertos nombrados anteriormente, sino que también se efectúa en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, mediante visitas periódicas del personal. Sin embargo, el personal de la Comisión no siempre desempeña todas estas labores en los países antes mencionados; en 1987, por ejemplo, las actividades relacionadas con el programa atún-delfín sólo se llevaron a cabo en Ecuador, México, Panamá, y Venezuela.

La Comisión mantiene además un laboratorio en la República de Panamá, situado en la Bahía de Achotines, al oeste de Punta Mala en la Península de Azuero. El laboratorio de Achotines se emplea principalmente para estudios sobre las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que la adquisición de información sobre el ciclo vital de los atunes antes de su reclutamiento a la pesquería servirá para eliminar, en gran medida, la incertidumbre en las evaluaciones de la situación de los diversos stocks de estas especies. La Comisión piensa ampliar las instalaciones del laboratorio para poder acomodar a investigadores de otras agencias, como por ejemplo personal de la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá, la Universidad de Panamá, etc.

PUBLICACIONES E INFORMES

La pronta y completa publicación de los resultados de investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica, y el público en general se mantienen informados de los resultados de las investigaciones realizadas por los científicos de la CIAT. La publicación de datos básicos, métodos de análisis, y las conclusiones resultantes permiten que otros investigadores evalúen y critiquen los estudios, lo que sirve para verificar la validez de los resultados logrados por el personal de la CIAT y, simultáneamente, sirve para despertar el interés de otros investigadores en dicha labor. Hasta el fin de 1987 el personal científico de la CIAT había publicado 125 Boletines, 36 Informes Anuales, 5 Informes Especiales, 5 libros, y 309 capítulos y artículos en libros y revistas exteriores. En el Anexo 3 de este informe se presenta una relación de las publicaciones recibidas durante 1987.

LA PESCA EN 1987

En años anteriores, los investigadores de la CIAT han recomendado el establecimiento de cuotas de captura del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA, Figura 1), las que han sido aprobadas en las resoluciones de la Comisión y puestas en práctica por las naciones que participan en la pesquería. Durante el período 1966–1979 dichas cuotas fueron aprobadas y puestas en práctica. En la XXXVII Reunión de la CIAT, celebrada en octubre de 1979, no se llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla para 1980. Posteriormente se acordó una cuota de 165,000 toneladas cortas, con una cláusula que autorizaba un aumento a discreción del Director de la CIAT; sin embargo, la cuota no entró en vigencia. Desde la XXXVIII Reunión hasta la XLIII Reunión, el personal de la CIAT recomendó cuotas de 160,000 toneladas en 1981 y 1982, 170,000 toneladas en 1983, 162,000 toneladas en 1984, 174,000 toneladas en 1985, y 175,000 toneladas en 1986, con cláusulas que autorizaban incrementos a discreción del Director según los resultados de los análisis sobre la situación del stock efectuados por los investigadores. Dichas cuotas fueron aprobadas pero no entraron en vigencia. En la XLIV Reunión, celebrada en mayo de 1987, no se recomendó una cuota para 1987, debido a circunstancias especiales que resultaron en una abundancia extraordinariamente elevada de aleta amarilla en el Pacífico oriental, pero se hizo hincapié en que una cuota de captura sería muy probablemente necesaria en el futuro (véase la resolución en la página 150).

No se ha demostrado, hasta la fecha, la necesidad de aplicar medidas de conservación a otras especies de túnidos explotados por la pesca en el Océano Pacífico oriental (OPO).

ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESEMBARCOS

Los datos estadísticos de las oficinas regionales de la Comisión se recopilan y procesan en forma ininterrumpida. Se obtienen así estimaciones de estadísticas pesqueras con diversos grados de exactitud y precisión. La elaboración de la información definitiva puede tardar más de un año, y se han verificado y actualizado los datos de años anteriores, y por lo tanto las estadísticas anuales del presente informe son las más recientes y reemplazan a las anteriores. Los datos sobre el peso se expresan en toneladas cortas.

En la Tabla 1 se presenta la estimación anual de la captura de distintas especies de atunes y peces afines desembarcadas por barcos que pescan aleta amarilla, barrilete (*Katsuwonus pelamis*), o aleta azul (*Thunnus thynnus*) en el ARCAA durante todo o parte del año, correspondientes al período 1961–1987. (Aunque la tabla sólo contiene datos sobre la captura de la pesca epipelágica, también incluye datos de la captura de aleta amarilla en el ARCAA por la pesca palangrera.) Los datos de captura de aleta amarilla en el ARCAA y de barrilete y aleta azul en el OPO están casi completos,

salvo por ciertas cantidades mínimas de las tres especies, capturadas por barcos deportivos y de pesca artesanal, y por las capturas de barrilete y aleta azul de la pesca palangrera. Los datos de captura del Océano Pacífico occidental y el Océano Atlántico señalados en la Tabla 1 no son estimaciones de la captura total de estas especies puesto que no incluyen datos correspondientes a embarcaciones que no pescaron en el ARCAA durante el año en cuestión. La Tabla 1 no incluye, asimismo, grandes cantidades de patudo, *Thunnus obesus*, capturado por la pesca palangrera en el Pacífico oriental; esos datos se señalan en la Tabla 26.

Las estimaciones preliminares indican que la captura de aleta amarilla en el OPO en 1987, unas 305 mil toneladas, será la más abundante en la historia de la pesquería, batiendo por unas 9 mil toneladas el récord anterior de 296 mil toneladas, logrado en 1986. La captura en el ARCAA de unas 279 mil toneladas estableció también un nuevo récord, y la captura en las aguas comprendidas entre el ARCAA y los 150°W (señalada como "exterior" en la Tabla 1) fue unas 26 mil toneladas. Durante el período 1976-1986 la captura de aleta amarilla alcanzó un promedio de casi 176 mil toneladas en el ARCAA (rango: 91 a 253 mil toneladas) y aproximadamente 191 mil toneladas en el OPO (rango: 105 a 296 mil toneladas). Las capturas abundantes de 1986 y 1987 se debieron parcialmente a las capturas reducidas de aleta amarilla en el OPO durante 1982 y 1983 (139 y 105 mil toneladas, respectivamente) lo que permitió el aumento de la magnitud de la población. Las capturas reducidas de 1982 y 1983 se debieron principalmente a la baja vulnerabilidad de captura de los peces por las condiciones oceanográficas y al desplazamiento subsecuente del esfuerzo desde el Pacífico oriental hacia el Pacífico occidental.

La captura de barrilete en el OPO durante 1987 alcanzó unas 70 mil toneladas, que equivale aproximadamente a 40% del récord de 187 mil toneladas logrado en 1978. Durante el período 1976-1986 la captura de barrilete en el OPO alcanzó un promedio de aproximadamente 110 mil toneladas (rango: 54 a 187 mil toneladas). Desde 1983, sin embargo, la captura de barrilete ha oscilado entre 54 y 70 mil toneladas. Se piensa que esto se debe, al menos parcialmente, a la baja demanda de barrilete y a la correspondiente intensificación del esfuerzo en áreas en que predomina la aleta amarilla.

La captura estimada de todos los túnidos en el OPO, que alcanzó aproximadamente 383 mil toneladas en 1987, sólo ha sido superada anteriormente en tres ocasiones: 1975, 398 mil toneladas, 1976, 435 mil toneladas, y 1978, 417 mil toneladas.

Los atuneros que pescan en el OPO también operan ocasionalmente en otras regiones en el mismo año. Durante 1987, algunas embarcaciones que forman parte de la flota del OPO pescaron además en el Pacífico occidental, o en el Océano Atlántico y el Mar Caribe. Durante el período 1980-1986 estas embarcaciones obtuvieron una captura promedio de aproximadamente 23 mil toneladas (rango: 6 a 84 mil toneladas) en el Pacífico occidental, mientras que en el Atlántico y el Caribe obtuvieron una captura promedio de aproximadamente 11 mil toneladas (rango: 3 a 17 mil toneladas). Las capturas máximas de la flota atunera del OPO en estas zonas se obtuvieron en 1983, año en que se registró la menor captura total en el OPO (181 mil toneladas) desde 1961. Las estimaciones preliminares indican que la captura total en estas regiones por la flota del OPO en 1987 fue de aproximadamente 6 mil toneladas en el Pacífico occidental y de 6 mil toneladas en el Atlántico y el Caribe.

En las Tablas 2-5 se presentan las capturas de 1986 y las capturas preliminares de 1987 obtenidas en el ARCAA y en el OPO, clasificadas por abanderamiento, y los desembarcos clasificados por país. El desembarco se define como la cantidad de peces descargados durante un año civil, independientemente del año de captura. El país de desembarco es aquel en que se descargaron los peces o, en el caso de trasbordos, el país que recibió los peces trasbordados. A partir de 1984, los propietarios de embarcaciones que navegan con pabellón estadounidense comenzaron a alquilar sus servicios a compañías ecuatorianas y venezolanas. La captura de 1986 lograda por embarcaciones bajo bandera estadounidense incluye las capturas de siete naves fletadas por una compañía venezolana, y la de 1987 incluye la captura de un barco fletado por una compañía venezolana.

El atún aleta amarilla fue, sin duda, el componente más importante de las capturas totales de 1986 y 1987, formando un 80% del total de todas las especies capturadas en el OPO en ambos años. De la captura total de 296 mil toneladas de aleta amarilla lograda en el OPO durante 1986, el 86% fue capturado en el ARCAA. En 1986 las mayores capturas dentro del ARCAA fueron logradas por embarcaciones de bandera mexicana (41%) y estadounidense (28%). Fuera del ARCAA, las embarcaciones de bandera mexicana y estadounidense obtuvieron el 31% y el 69% de las capturas totales, respectivamente. En 1987 se logró el 91% de la captura total de 305 mil toneladas en el ARCAA. En dicho año embarcaciones de bandera mexicana capturaron un 35% de la captura en el ARCAA, y las de bandera estadounidense una proporción igual; de la captura exterior, embarcaciones de bandera estadounidense y mexicana capturaron el 52% y el 43%, respectivamente. Las dos banderas fueron responsables de un 72% de la captura total de aleta amarilla en el OPO; les siguieron Venezuela (14%) y Ecuador (6%).

El atún capturado en el ARCAA durante 1986 y 1987 fue desembarcado principalmente en Ecuador, México, y los Estados Unidos, correspondiendo a dichas naciones aproximadamente el 75% del total del pescado desembarcado en 1986 y aproximadamente el 83% en 1987.

Durante el período 1982–1986 aproximadamente el 62% de la captura de aleta amarilla registrada en el OPO se obtuvo en la zona comprendida entre 5°N y 15°N (Tablas 6 y 7). Las estimaciones preliminares de 1987 indican que un 70% de dicha captura se obtuvo en ésta región. En la Figura 2 se señala la distribución de la captura de aleta amarilla en el Pacífico oriental registrada por embarcaciones cerqueras. En cuanto al barrilete, las aguas al sur de 10°N han proporcionado aproximadamente el 78% de la captura registrada durante el período 1982–1986, de la cual aproximadamente el 17% se obtuvo al sur de la línea ecuatorial (Tablas 6 y 7). Las estimaciones preliminares para 1987 indican que se logró un 80% de la captura total de barrilete registrada en el OPO al sur de la línea ecuatorial (Tablas 6 y 7). La distribución de la captura cerquera de barrilete registrada en el Pacífico oriental se señala en la Figura 3.

De acuerdo con los términos del convenio bajo el cual se estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical, el objetivo primordial de los estudios efectuados por la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas en el Océano Pacífico oriental. Si se consideran los hábitos migratorios de los atunes, la movilidad de los barcos de las flotas atuneras de varias naciones, y el carácter internacional del comercio atunero, se tienen que tomar en cuenta las estadísticas mundiales al analizar las estadísticas de captura y esfuerzo del Pacífico oriental. El personal de la Comisión prepara rutinariamente estimaciones de las capturas mundiales de atún y especies afines. La metodología usada para obtener las estimaciones se describen en el Informe Interno No. 11 de la CIAT. La estimación de las capturas mundiales de atún y especies afines correspondiente a 1986, el año más reciente del que se tienen datos, se presenta en las Figuras 4 y 5. En la Figura 6 se presenta un resumen de las capturas de las principales especies comerciales, clasificadas por océano, obtenidas durante el período 1975–1985.

LA FLOTA ATUNERA DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL

La Comisión mantiene registros del abanderamiento, las artes de pesca, y la capacidad de acarreo de la mayoría de las embarcaciones que pescan aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el Océano Pacífico oriental. No se mantienen registros de embarcaciones palangreras del Lejano Oriente, ni de barcos de pesca deportiva, canoas, lanchas, u otras embarcaciones pequeñas.

Para los informes, se clasifican las embarcaciones según su capacidad de acarreo, en las siguientes clases de arqueo: clase 1, menos de 51 toneladas; clase 2, 51–100 toneladas; clase 3, 101–200 toneladas; clase 4, 201–300 toneladas; clase 5, 301–400 toneladas y clase 6, más de 400 toneladas. (Esta clasificación no debe confundirse con las 8 clases de arqueo usadas para calcular la captura por tonelada de capacidad de acarreo descrita en la sección **Captura por tonelada de capacidad de acarreo**).

acarreo.) Los registros de desembarco de cada nave se revisan anualmente, y se ajusta la capacidad de acarreo cuando es necesario. La capacidad de acarreo de las nuevas embarcaciones se basa en las estimaciones de los armadores y propietarios. En las estimaciones anuales del tamaño de la flota pesquera epipelágica se incluyen todas las embarcaciones que pescaron en el OPO durante el año, salvo los barcos palangreros del Lejano Oriente y los barcos pequeños mencionados en el párrafo anterior. Las embarcaciones que cambiaron de bandera se señalan bajo la nueva bandera si, en ese año, iniciaron por lo menos un viaje bajo el nuevo pabellón.

Gracias a la construcción de nuevas embarcaciones cerqueras de gran tamaño, la capacidad de la flota aumentó de aproximadamente 46,300 toneladas en 1967 a 184,900 toneladas en 1976. Durante el período 1977–1981, la capacidad de la flota se mantuvo relativamente estable, con un aumento aproximado de sólo 1,500 toneladas. Aunque la construcción de nuevas embarcaciones continuó durante ese período, la capacidad adicional fue contrarrestada por pérdidas ocasionadas por embarcaciones que se fueron a pique o que fueron retiradas de la pesca. Las embarcaciones que fueron dadas de baja, junto con las que abandonaron el Pacífico oriental para dedicarse a la pesca en otras regiones, entre las que destaca el Pacífico occidental, ocasionaron una reducción de aproximadamente 16,000 toneladas en la capacidad de la flota en 1982. Esta tendencia se mantuvo hasta 1984 a raíz de la merma de las tasas de captura en el Pacífico oriental ocasionada por el evento de El Niño durante el período 1982–1983. La capacidad de la flota disminuyó en aproximadamente 29,000 toneladas durante 1983 y, en 1984, sufrió una reducción adicional de 25,400 toneladas. La capacidad de la flota en 1984 fue de aproximadamente 116,500 toneladas, la menor capacidad desde 1971. Sin embargo, debido al retorno de embarcaciones que se habían desplazado al Pacífico occidental, la capacidad de la flota aumentó a unas 129,700 toneladas en 1985, y en 1987 alcanzó unas 146,000 toneladas. En la Tabla 8 se señalan las estimaciones anuales del número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera epipelágica en el OPO entre 1965 y 1987, y los cambios de capacidad en relación con el año anterior.

En las Tablas 9 y 10 se presentan el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera epipelágica del Pacífico oriental en 1986 y los datos preliminares para 1987, clasificados por abanderamiento, arte de pesca, y clase de arqueo. La magnitud de la flota en 1986 fue casi unas 5,200 toneladas inferior a la de 1985, y en 1987 fue unas 21,500 toneladas mayor que en 1986. De este total de aproximadamente 146,000 toneladas, cerca de 143,800 toneladas corresponden a embarcaciones cerqueras, y las 2,200 restantes a barcos de carnada. Los huracanes que pertenecían a la flota en 1985 abandonaron la pesquería ese mismo año. En la pesca epipelágica del OPO en 1987 participaron barcos de 9 naciones diferentes, correspondiendo aproximadamente el 64% de las 206 embarcaciones a barcos de bandera mexicana y estadounidense, con 66 y 65 embarcaciones respectivamente. Estas 131 embarcaciones poseían, en conjunto, aproximadamente 96 mil toneladas de capacidad.

LA INVESTIGACION EN 1987

ABUNDANCIA DE LOS TUNIDOS Y EXITO DE LA PESCA

Tendencias anuales en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

Los investigadores de la Comisión emplean la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día estándar de pesca (CPDEP) como índices de abundancia aparente y también como una medida general del éxito de la pesca. Los datos se obtienen de los registros de bitácora de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. Los datos que no se ajustan a ciertos criterios de exactitud y composición de las especies se eliminan del análisis antes de realizar

los cálculos. Durante los años 50, cuando la mayor parte de la captura era lograda por barcos de carnada, los datos de captura y de la CPDP de los barcos de carnada de diferentes clases de arqueo se normalizaban para calcular la CPDP de barcos de carnada de la Clase 4 de arqueo (embarcaciones con capacidad de 201–300 toneladas cortas de atún congelado). Posteriormente, cuando la mayor parte de las embarcaciones fueron adaptadas a la pesca con red de cerco, los datos de captura y de CPDP de los barcos cerqueros se normalizaron para calcular la CPDP para cerqueros de la clase 3 de arqueo (embarcaciones de 101 a 200 toneladas cortas de capacidad). A medida que se reemplazaban los barcos pequeños por embarcaciones más grandes, se comenzó a calcular la CPDP para cerqueros de la clase 6 de arqueo (embarcaciones con más de 400 toneladas cortas de capacidad) y finalmente se calculó la CPDP para cerqueros de la clase 6 de arqueo, omitiendo datos correspondientes a barcos más pequeños. La CPDP y la CPDEP pueden verse afectadas por ciertos factores, tales como los cambios temporales y geográficos en la estrategia pesquera, la distribución del esfuerzo, y la vulnerabilidad de los peces con respecto a la captura. Algunos de estos cambios pueden calcularse, haciendo los ajustes correspondientes, suponiendo que otros, tales como los provocados por condiciones ambientales, se compensan a la larga.

Los datos combinados de la CPUE de aleta amarilla y barrilete durante el período 1959–1987 se señalan en el recuadro superior de la Figura 7. Los datos del período 1968–1987 son datos de la CPDP de barcos cerqueros de la clase 6 de arqueo. Los del período 1959–1967 son datos de la CPDEP de barcos de carnada de la clase 4 de arqueo, multiplicados por 2.82; este ajuste es una compensación por el hecho de que los cerqueros de la clase 6 de arqueo son aproximadamente 2.82 veces más eficientes que los barcos de carnada de la clase 4 de arqueo. El factor de ajuste de 2.82 se calculó a partir de datos combinados de la CPDP de aleta amarilla y barrilete de cerqueros de la clase 6 de arqueo y barcos de carnada de la clase 4 de arqueo que pescaron en el mismo estrato de tiempo y zona entre 1965 y 1974, período en que una cantidad suficiente de ambos tipos de barcos se dedicaron a esta pesquería. Puesto que los datos del período 1968–1987 corresponden a la clase 6 de arqueo y los del período 1959–1967 fueron ajustados al equivalente de la CPDP para embarcaciones de la clase 6 de arqueo, de ahora en adelante se denominarán datos de la CPDP.

Para estimar el esfuerzo total en días cerqueros de embarcaciones de la clase 6 de arqueo, las capturas totales y combinadas de aleta amarilla y barrilete obtenidas al este de 150°W en viajes no regulados durante cada año se dividieron por la CPDP de ambas especies obtenidas en viajes no regulados. A continuación se dividieron las capturas totales de aleta amarilla y de barrilete por estas estimaciones del esfuerzo total para obtener la CPDP de cada especie. Los datos correspondientes se señalan en el recuadro central y en el recuadro inferior de la Figura 7.

Atún aleta amarilla

El valor preliminar de la CPDP en 1987, 14.0 toneladas/día, es inferior tan sólo a los de 1960, 1968, y 1986 (14.2, 14.3, y 16.3 toneladas/día, respectivamente). Durante el período 1959–1972 la CPDP osciló entre 9 y 14 toneladas/día, alcanzando valores mínimos en 1959, 1962, y 1971, y máximos en 1960, 1968, y 1969. A partir de 1973 la CPDP comenzó a disminuir, llegando a un valor mínimo de 4.9 toneladas en 1982, momento a partir del cual comenzó a recuperarse notablemente. Sin embargo, la pesquería ha cambiado mucho desde los años 60, por lo que se debe proceder con cautela al comparar datos de años precedentes con los de años más recientes. El principal problema se debe al hecho de que la pesca con barcos de carnada opera relativamente cerca de la costa y casi exclusivamente al norte de 15°N, mientras que la pesca cerquera es tanto costera como de altura y opera hasta aproximadamente 20°S. Los valores de la Figura 7 difieren ligeramente de los promedios ponderados de los valores de la CPDP del interior y exterior del ARCAA señalados en la Tabla 22 porque los valores de la figura se obtuvieron a partir de datos de capturas totales de aleta amarilla y barrilete, mientras que los datos de la tabla corresponden exclusivamente a datos de captura de aleta amarilla.

Barrilete

Durante el período 1959–1968 la CPDP de barrilete alcanzó un promedio de aproximadamente 10.0 toneladas diarias, con un promedio máximo de 16.0 toneladas en 1967 y un promedio mínimo de 5.5 toneladas en 1960. A fines de la década de 1960 muchos cerqueros pequeños fueron reemplazados por otros más grandes, para los cuales es más productivo pescar en zonas con mayor abundancia de aleta amarilla y menor abundancia de barrilete, produciéndose así valores reducidos de la CPDP de barrilete. Durante el período 1969–1987, el promedio diario de la CPDP fue de 4.1 toneladas, con un promedio máximo de 7.5 toneladas en 1978 y promedios mínimos de 2.4 toneladas en 1972 y 1973. Al igual que en el caso del aleta amarilla, se debe proceder con cautela al comparar datos más antiguos con datos más recientes. Además del probable sesgo causado por el hecho de que, en años recientes, el esfuerzo se dirigió en mayor medida a la pesca de aleta amarilla y en menor medida a la pesca de barrilete, se debe considerar el problema creado por la región restringida de la pesca con carnada, señalado en la sección sobre aleta amarilla.

Captura por tonelada de capacidad de acarreo

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) de la flota en el OPO proporciona un índice de las tendencias en el ingreso anual bruto relativo correspondiente a las varias clases de arqueo. Para lograr más detalle en este índice de lo que proporcionan las seis clases de arqueo usadas anteriormente por la Comisión para clasificar los barcos, se identificaron las clases de arqueo siguientes: 1) <301 toneladas; 2) 301–400 toneladas; 3) 401–600 toneladas; 4) 601–800 toneladas; 5) 801–1000 toneladas; 6) 1001–1200 toneladas; 7) 1201–1400 toneladas; y 8) >1400 toneladas.

En la Tabla 11 se presentan las estimaciones del CPTCA para el OPO y para todas las zonas pesqueras oceánicas en las cuales barcos de la flota del OPO capturaron pescado, por clase de arqueo, zona, y especie. La CPTCA de los barcos mayores consiste principalmente de aleta amarilla y barrilete, mientras que otras especies, entre ellas otros atunes y peces misceláneos, forman una parte importante de la CPTCA de los barcos más pequeños en muchos años. En años anteriores, y en aquellos años cuando la mayoría de la flota del OPO ejerce la mayoría de su esfuerzo pesquero dentro del OPO, las CPTCA del OPO y de todas las zonas pesqueras oceánicas son casi iguales. Durante el período 1974–1986, el promedio de la CPTCA combinada de todos barcos y todas especies en el OPO fue 2.1 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 1.2 a 3.0); para el aleta amarilla, el promedio fue 1.4 toneladas (rango: 0.7 a 2.4), y para el barrilete, 0.6 toneladas (rango: 0.4 a 1.0). Las estimaciones preliminares para 1987 son 2.6, 2.1, y 0.4 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente.

Estandarización de las tasas de captura del aleta amarilla

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, No. 3 se describe una alternativa a la captura por día de pesca como índice de la abundancia anual relativa del aleta amarilla. Con el índice alternativo se define cada observación de la tasa de captura como el tonelaje capturado en un lance dividido por las horas de búsqueda desde el lance anterior. Para estimar la abundancia media para el año y el Océano Pacífico oriental enteros se ponderan los datos de tal forma que cada cuadrángulo de 5°-mes recibe una ponderación proporcional al área superficial de océano que contiene y cada hora de búsqueda recibe igual ponderación dentro de un cuadrángulo de 5°-mes. Se utiliza entonces un modelo lineal generalizado para estimar la variación anual en la tasa de captura independiente de las tendencias en la eficacia del barco, las condiciones ambientales, y los métodos de pesca.

Existen datos sobre muchos factores que podrían posiblemente influir sobre las tasas de captura del aleta amarilla. Se investigaron los factores siguientes, utilizando datos de 1970–1987: la capacidad y velocidad del barco, si el barco llevaba o no un helicóptero, si llevaba o no equipo sonar, la longitud y profundidad de la red, el capitán, la temperatura de la superficie del mar, la velocidad y

dirección del viento, el lugar y hora de la pesca, el tipo de lance (cardumen puro, delfín, o objeto flotante), y si se capturó también barrilete. Todavía no se dispone de datos completos para 1987, o sea que las estimaciones son provisionales. Una vez eliminados aquellos factores que no ejercían un efecto importante, el modelo incluía los efectos de año, velocidad del barco, clasificación de la búsqueda, temporada-área, y la interacción entre clasificación de búsqueda y temporada-área. La clasificación de búsqueda (Tabla 12) es una combinación de los efectos del tipo de lance y del barrilete. En la Figura 8 se describe temporada-área. Los efectos de año son las diferencias anuales en las tasas de captura no atribuibles a los demás variables en el modelo. Sirven de índices de abundancia estandarizados por los demás variables.

Tal como se muestra en la Figura 9, la tendencia de los índices es al mismo tiempo diferente y similar a la CPDP. Los índices del modelo lineal no muestran las grandes fluctuaciones de 1970–1974 que muestra la CPDP; sin embargo, ambos muestran una reducción precipitada en 1975 y una recuperación marcada en 1976. La reducción en 1976–1982 y el aumento de 1983–1986 son más paulatinos en los índices del modelo lineal. Parece que cuando se cambia de lances sobre delfines a lances sobre objetos flotantes, tal como hizo la flota en 1973–1982, la CPDP subestima la abundancia del aleta amarilla, mientras que la sobreestima cuando vuelve a cambiar a lances sobre delfines, tal como ocurrió durante 1984–1987.

BIOLOGIA DE LOS TUNDOS

Composición de tamaño de la captura

Las muestras de frecuencia de longitud de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro, *Euthynnus lineatus*, capturados por barcos cerqueros y de carnada en el Océano Pacífico oriental son recolectadas por personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, Perú, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete fue comenzado por personal de la CIAT en 1954, y continúan realizándose en la actualidad. La información obtenida en los muestreos de frecuencia de longitud ha servido para estimar el crecimiento, la mortalidad, el rendimiento por recluta, y la abundancia de las generaciones. Los resultados de estos estudios se han publicado en varios boletines y en todos los informes anuales desde 1954.

De la captura de 1987, el personal de la CIAT recolectó y procesó 911 muestras de aleta amarilla, 359 de barrilete, 13 de patudo, 15 de aleta azul, y 23 de barrilete negro. La mayoría de éstas muestras fueron de 50 peces. Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla y barrilete se estratifican por zonas de medición (Figura 10), mes, y arte de pesca. El muestreo de cada estrato se hace en dos etapas: en la primera, se toman muestras de una "unidad" del barco (generalmente una o dos bodegas) y en la segunda se muestrean ejemplares individuales. Las unidades dentro de cada estrato se muestrean al azar, y se miden por separado los peces elegidos al azar de cada unidad de muestreo. Para estimar el total de peces de cada grupo de longitud en la unidad muestreada se divide el peso total de la captura en la unidad por el peso promedio de los peces muestreados en la unidad; a continuación se multiplica este cociente por la fracción de peces muestreados en ese grupo de longitud. Los totales de cada estrato, expresados en número de peces, para cada grupo de longitud se obtienen mediante la suma de los totales de cada unidad muestreada, cantidad que se multiplica por el cociente del peso de la captura registrada en ese estrato y el total del peso de las unidades muestreadas. Los totales trimestrales y anuales se obtienen sumando los datos de todos los estratos muestreados en el trimestre o año en cuestión. El peso promedio anual y trimestral se obtiene al dividir la suma del peso de las capturas de todos los estratos muestreados por la suma de todos los grupos de longitud en las estimaciones trimestrales o anuales.

En la Figura 11 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado en 1987, por intervalos de 2cm, basados en datos de capturas registradas en las zonas de medición en el ARCAA (Figura 10). En la figura, las zonas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). La mayor parte de la captura en la zona 1 consistió de peces con una longitud inferior a 70cm. En la zona 8 los peces en la captura midieron entre 40 y 140cm. Las modas ocurrieron a 48, 68, y 90cm. En la zona 2 la mayoría de los peces capturados midieron entre unos 50 y 160cm, y en la zona 4 los peces capturados variaron entre unos 40 y 160cm. Parecen haber varios grupos modales superpuestos, con el más prominente centrado alrededor de unos 94–98cm. Existen indicaciones de modas a unos 50, 76, y 126cm. En la zona 5 la gama de longitud de los peces en la captura fue más o menos igual que la de la zona 4. Parecen haber varios grupos modales, con el más prominente a aproximadamente 104 y 124cm. En la zona 6 la gama de tamaños fue de unos 30 a 150cm, con modas mayores a unos 62 y 126–128cm, y varias modas menores. En la zona 7 los peces capturados midieron entre unos 40 y 160cm. La captura en esta zona fue baja comparada con la de las demás zonas, y parecen haber varias modas, ninguna de ellas muy prominente. La mayoría de los peces capturados en la zona 13 midieron entre unos 120 y 150cm de longitud, y la moda más prominente se centró alrededor de aproximadamente 140cm.

En la Figura 12 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2cm, basados en las capturas registradas en todo el ARCAA durante el período 1981–1987. La estimación preliminar del peso promedio de 1987, 10.0kg (22.0 libras) es menor que los de 1985 y 1986, pero es mayor que los 1982–1984.

En la Figura 13 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2cm, basados en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental, entre el límite del ARCAA y los 150°W en cada año del período 1982–1987. En 1987 la mayoría de la captura varió entre unos 70 y 160cm. Tan sólo un 3.8% de la captura, por peso, consistió de peces de menos de 100cm de largos. El peso promedio de 1987, 37.7kg (83.1 libras) es el mayor jamás registrado en esta zona.

En la Figura 14 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1cm, basados en las capturas registradas en zonas seleccionadas de medición en el Océano Pacífico oriental durante 1987. Se han combinado las zonas 2 y 4, y las zonas 7 y 13, mientras que la zona 8 y la región entre el límite del ARCAA y los 150°W no aparecen porque allí se capturaron pocos ejemplares de barrilete y, en consecuencia, se tomaron pocas muestras de frecuencia de longitud. En la zona 1 la mayoría de los peces capturados variaron entre unos 35 y 65cm, con dos modas prominentes, una a unos 43cm y la otra a unos 55cm. En las zonas 2 y 4 combinadas los peces capturados midieron entre unos 35 y 65cm, y en la zona 5 la mayoría midieron entre unos 40 y 70cm. Estos peces, juntos con los de las zonas 6 y 7 más 13, eran bastante más grandes que los de las zonas 1 y 2 más 4. En la zona 6 la mayoría de los peces capturados midieron entre unos 35 y 70cm, con una moda prominente a aproximadamente 60cm y otra menos marcada a unos 45cm. Para las zonas 7 y 13 combinadas la mayoría de la captura midió entre unos 40 y 75cm. La moda más prominente ocurre a los 64cm.

En la Figura 15 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1cm, basados en las capturas registradas en el Océano Pacífico oriental durante el período 1982–1987. La estimación preliminar del peso promedio de 1987, 3.2kg (7.1 libras), es inferior a los promedios de 1985 y 1986, pero superior a los de 1982–1984.

Se captura el aleta azul del norte frente a California y Baja California entre 23°N y 35°N, aproximadamente, principalmente entre mayo y octubre. En la Figura 16 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta azul, por intervalos de 2cm, capturado en el Océano Pacífico oriental en cada año del período 1982–1987. La distribución de tamaños de 1987 es similar a las de 1985 y 1986, en el sentido que la mayor parte de la captura consistió de peces de entre unos 70 y 90cm de longitud.

La captura epipelágica de patudo se produce incidentalmente con la de aleta amarilla y barrilete, por lo que la captura total (Tabla 1) y la cantidad de muestras de frecuencia de longitud son muy inferiores a las del aleta amarilla y barrilete. Con frecuencia, se carece de estimaciones adecuadas del peso del patudo en las unidades de muestreo; por consiguiente, no se ha ponderado cada muestra según el número estimado de peces en la unidad muestreada. En la Figura 17 se presentan histogramas del tonelaje estimado de patudo, por intervalos de 2cm, capturado por la pesca epipelágica en el Océano Pacífico oriental durante el período 1982-1987. La estimación preliminar de la captura de patudo en 1987 es de 828 toneladas, la más baja desde 1969, y se recolectaron tan sólo 13 muestras de frecuencia de longitud.

En la Figura 18 se presentan los datos de frecuencia de longitud de barriletes negros capturados durante 1978 y 1987. El tamaño de los peces varía considerablemente de año a año.

Marcado

En 1987 fue devuelta la marca siguiente de un aleta amarilla marcado y liberado en 1981:

Liberación			Recaptura			Días en libertad	Distancia neta (nm)
Fecha	Lugar	Longitud	Fecha	Lugar	Longitud		
11 mayo 1981	10°17'N- 109°12'W	55 cm	14 mayo 1987	6°53'N- 81°11'W	163.8 cm	2,194	1,638

Esto constituyó entonces el mayor período de libertad registrado para un aleta amarilla. Sin embargo, el récord fue batido poco después por un aleta amarilla marcado y liberado por la South Pacific Commission el 11 de agosto de 1980 y recapturado el 14 de agosto de 1987, al cabo de 2,558 días en libertad.

Se continuó en 1987 el programa de marcado descrito en el Informe Anual de la CIAT para 1986, programa en el cual se marcan e inyectan con tetraciclina aletas amarillas grandes capturados por barcos de pesca deportiva. A los barcos que participaban en el programa, el *Royal Star*, *Royal Polaris*, y *Qualifier 105*, se agregó el *Polaris Supreme*. En 1987 se marcaron tres aletas amarillas, con pesos estimados de 54, 73, y 77kg (120, 160, y 170 libras). Se continuará este programa de forma oportunista hasta que se hayan obtenido suficientes otolitos de peces previamente marcados e inyectados.

Morfometría del aleta amarilla

Para evaluar una población es importante saber si consiste de uno o más stocks, y, de haber más que uno, determinar la distribución temporal y geográfica. Los caracteres morfológicos, es decir, aquellas mediciones que describen la forma del cuerpo, nos proporcionan información útil en la descripción y diferenciación de stocks de peces. La investigación de la variación temporal y geográfica mediante el análisis estadístico multivariado de dichos caracteres puede proporcionar datos que complementan aquellos obtenidos de los estudios fisiológicos, bioquímicos, y del ciclo vital.

Durante 1987 se llevaron a cabo análisis de los datos morfométricos sobre el aleta amarilla que se recolectaron de 1974 a 1976 en el Pacífico oriental de peces recién muertos. En aquella base de datos existe heterogeneidad en el tamaño de los peces en las muestras, a pesar de que el diseño del experimento estipulaba el muestreo de un rango de tamaños relativamente restringido. Puesto que la heterogeneidad de tamaño en las muestras producirá heterogeneidad en la forma, es posible que las diferencias en la forma sean el resultado espurio de la variación de tamaño. Por lo tanto, es necesario realizar una transformación para separar las variaciones de tamaño y forma, con el fin de que el análisis comparativo, en términos de las variaciones en la forma, esté libre de los efectos de la tamaño.

A pesar de que se han propuesto varias transformaciones de una variable para eliminar de los datos morfométricos el sesgo debido al tamaño, se prefiere el ajuste alométrico a un tamaño estándar porque permite eliminar por completo los efectos producidos por la variación en la tamaños. La heterogeneidad del tamaño fue probada mediante un análisis único de la varianza aplicado a las mediciones no procesadas, usando como criterio de agrupamiento a las regiones geográficas del norte (15° - 25° N), del centro (5° - 15° N) y del sur (5° S- 5° N). Se encontró una heterogeneidad significativa ($P<0.001$) en el tamaño medio de todas las variables morfométricas a lo largo de las regiones. Por lo tanto, para que las variaciones de la forma obtenidas de los datos no resultaran artificialmente heterogéneas, el análisis procedió hacia el ajuste alométrico a un tamaño estándar. En la Tabla 13 se señalan por separado los coeficientes alométricos derivados para estos datos correspondientes a las regiones del norte, centro, y sur. Todas las variables resultaron positivamente correlacionadas con el largo total (LT), lo cual indica que la variación en el tamaño presentaría problemas serios. Más aún, puesto que el tamaño absoluto se considera como un fenómeno dependiente de un solo variable, y el número de variables dependientes es pequeño, es razonable aplicar el método de transformación alométrico de varianza única que usa LT como un variable estándar del tamaño. Se aplicó el análisis de covarianza para probar las diferencias de los coeficientes entre las regiones. Se observó que existe una diferencia importante ($P<0.0005$) entre los coeficientes alométricos para las tres regiones en cada una de las siete relaciones señaladas en la Tabla 13. Para usar la matriz de varianza total-covarianza de la totalidad de la muestra, fue necesario calcular la pendiente común dentro de los grupos, o el coeficiente que se debía usar para hacer ajustes por el tamaño. Debe mencionarse que los coeficientes de regresión de la zona meridional tienden a mostrar un crecimiento relativo más rápido de los respectivos caracteres morfométricos y presentan diferencias en relación con las otras dos regiones para cualquier longitud estándar dada. Además, aunque los coeficientes alométricos (β_1) señalados en la Tabla 13 son cercanos a 1.0, hecho que señalaría la existencia de isometría, todos ellos son significativamente diferentes a 1.0 y es necesario ajustar para este pequeño grado de alometría en la transformación de los datos.

Se calculó el logaritmo de los datos editados no reducidos y se ajustaron las mediciones individuales a las esperadas para una LT de 639 mm por medio de fórmulas alométricas en las cuales se usaron los coeficientes alométricos comunes dentro de los grupos para cada una de las mediciones morfométricas. Los datos transformados se sometieron a un análisis de los componentes principales (ACP) que operan en la matriz de varianza total-covarianza. ACP es una técnica de variables múltiples que resulta útil para examinar las relaciones entre diversas variables, como por ejemplo las mediciones lineales. ACP arrojó una visión general satisfactoria de los datos. Los eigen-valores calculados indican que los primeros dos o tres componentes proporcionan un buen resumen de los datos. El primer, los dos primeros, y los tres primeros componentes explican respectivamente el 58, 71, y 81 por ciento de la varianza total de la muestra. El primer componente es una medida de la forma general. El primer eigen vector (o auto vector) tiene valores positivos altos en las siete variables y por lo tanto, el primer componente principal parecería ser básicamente un promedio de esas variables. Sin embargo, HAA, HSD, y PDAA, en ese orden, parecen tener la mayor capacidad de discriminación. (Las medidas se explican en la Tabla 13.) El segundo componente principal parecería ser un contraste de HPD, HSD, y LC, y PDSD, PDAA, y SDAA. La interpretación del tercer componente no es evidente.

Se efectuaron análisis de conglomerados sobre los datos ajustados para clasificar los peces en grupos por zona geográfica, tal como indicaban los datos, y no de forma *a priori*. Se realizaron once métodos diferentes del análisis de conglomerados jerárquico aglomerativo sobre los datos. Se determinó el número de conglomerados para cada método, utilizando los tres criterios que en nuestra experiencia mejor funcionan: un seudoestadístico de F, un seudoestadístico de t^2 , y los criterios de conglomerados cúbicos. Cada uno de los métodos de conglomerado muestra un cierto sesgo (diferentes entre sí), y por eso se utilizó un consenso de los resultados de los once métodos con respecto al número de conglomerados y la composición de éstos. En resumen, siete de los métodos de

conglomerado indican dos conglomerados, uno indica tres, dos indican cuatro, y uno indica cinco. Al nivel de dos conglomerados existe alguna conformidad sobre la composición de los conglomerados, con una dimensión norte-sur. El conglomerado que forma el componente norte contiene principalmente muestras que provienen del norte de 18°N, y el que forma el componente sur muestras que provienen principalmente del sur de 18°N.

Se usaron análisis progresivos discriminantes escalonados para clasificar peces individuales en grupos, utilizando el procedimiento de validación por "jackknife". Se usaron los resultados de los análisis de conglomerados que indicaban grupos geográficos como las variables de identificación de agrupamiento en los análisis discriminantes. Se utilizó un procedimiento de validación cruzada, en la cual es posible subdividir al azar las observaciones en un grupo en dos grupos separados; se estima a continuación del primer grupo la función de clasificación, y se clasifica el segundo grupo según la función. La proporción de peces del segundo grupo correctamente clasificados produce una medida empírica del éxito de la discriminación. Se presentan los resultados de los análisis escalonado de función discriminante en Tabla 14. El porcentaje correctamente clasificado, sin ningún submuestreo para la validación cruzada, se cifró en un total de 76.7%, con 72.0% para el grupo del norte y 78.7% para el del sur. El análisis de función discriminante descubrió que seis de los siete caracteres morfométricos investigados contribuyeron de forma significativa a la discriminación multivariada entre el grupo de peces del norte y el del sur. Estos caracteres son, en orden de importancia: SDAA, HPD, PDS, HAA, PDAA, y LC. El valor F, calculado a partir de la prueba del estadístico de D² de Mahalanobis para la igualdad de promedios de grupos, mostró una diferencia significativa entre el grupo del norte y el del sur ($F_{0.05, (6,2467)} = 153.87, P < 0.0005$).

A fin de evaluar la posible variación anual, se realizó un análisis de varianza de dos entradas para cada carácter, con las variables de agrupación zona (norte y sur) y año (1974, 1975, y 1976). Estos análisis indicaron que los caracteres morfométricos, ajustados para independencia de tamaño, mostraban una variación significativa entre las zonas ($P < 0.001$) y una variación anual significativa ($P < 0.001$) dentro de ellas. Se descubrieron además interacciones significativas entre año y zona para cada uno de los caracteres morfométricos ($P < 0.001$). Pruebas de Neuman-Keuls de rango múltiple para zona y año indican que existe una diferencia significativa para cada uno de los caracteres morfométricos entre zonas para cada uno de los años. La diferencia significativa entre años se atribuye a una diferencia en la zona del norte para cada uno de los caracteres morfométricos; 1975 es diferente a 1974 y 1976. Esto fue también la fuente de la interacción significativa entre zona y año. No hubo diferencia significativa entre años en la zona del sur.

Estudios de otolitos

Aleta amarilla del Pacífico oriental

En 1976 los investigadores de la Comisión iniciaron un experimento de marcado e inyección con tetraciclina de atunes aleta amarilla y barrilete, para establecer si sería posible estimar la edad de los peces a partir de los incrementos microscópicos en los otolitos. Para que los otolitos sirvan para determinar la edad, entonces la tasa de deposición de dichos incrementos ha de mostrar una relación consistente y mensurable con el tiempo. Ya que la marca de la tetraciclina aparece en los otolitos de estas especies al día de ser inyectado el pez, es posible medir esta relación si se cuenta la cantidad de incrementos entre esta marca y el borde creciente del otolito y se compara con el tiempo transcurrido entre la inyección y la recaptura.

Los resultados muestran que para aletas amarillas de entre 40 y 110cm de longitud (del punto del hocico a la cauda furcal) se depositan incrementos diariamente en los bordes anterior y posterior de los otolitos. Con base en los conocimientos actuales de la formación de los otolitos durante el crecimiento temprano de otras especies, se cree probable que la tasa de deposición sea diaria antes de alcanzar los peces los 40cm. La evidencia que indica que los peces de entre 110 y 180cm de longitud también depositan incrementos diariamente es circunstancial, y por consiguiente se iniciaron en

1980 y 1981 tres experimentos adicionales con peces de mayor tamaño, para investigar las tasas de deposición de peces de más de 110cm de longitud.

Es posible que la tasa de formación de incrementos se desvíe del valor anticipado de uno diario a medida que aumenta el tamaño del aleta amarilla. Se utilizaron los datos del experimento de 1980–1981 y un sencillo modelo lineal para verificar esta hipótesis, regresando los conteos de los incrementos (I) en los días de libertad (d) y la longitud de recaptura del pez. La relación entre I y d era independiente de la longitud para ambos sexos. Un análisis de covarianza indicó además que las pendientes y elevaciones de las regresiones de I sobre d para cada sexo no se diferenciaban de forma significativa. Por lo tanto se combinaron los valores para machos, hembras, y peces de sexo desconocido para producir la ecuación:

$$I = -2.78 + 1.01d \quad (n = 74)$$

El error estándar (0.005) del coeficiente de regresión es bastante pequeño, y la tasa de deposición de 1.01 incrementos/día es significativamente mayor que 1; es decir, $t_{0.05(72)} = 2.92^*$. En realidad, la consecuencia de suponer que cada incremento equivale a un día introduciría solamente un error insignificante (1.4%) en las estimaciones de la edad. Gracias a este experimento, se ha extendido la longitud máxima para la cual es razonable suponer una deposición diaria de 110 a 148cm.

En el análisis de los experimentos de marcado, es posible estimar la tasa de crecimiento de un pez directamente dividiendo la diferencia entre la longitud de recaptura (l_2) y la longitud de liberación (l_1) por el tiempo transcurrido, es decir, $(l_2 - l_1)/d = \Delta l/d$. La dificultad con esta relación es que se basa en dos normas de medición: l_1 es una medida tomada de un pez vivo, mientras que l_2 generalmente proviene de un pez actualmente o previamente congelado. Es difícil medir un pez vivo, hecho que puede causar errores y sesgos en los valores de l_1 , y el encogimiento y/o estiramiento puede tener el mismo efecto sobre lo cual puede llevar a un valor de Δl erróneo o sesgado. (Si los errores o sesgos son suficientemente grandes, algunos de los valores de Δl hasta pueden llegar a ser negativos. Si se eliminaran los datos correspondientes a estos peces, ésto introduciría un sesgo, ya que es imposible detectar errores o sesgos en el sentido contrario.) El resultado final es que la varianza de las tasas de crecimiento basada en el marcado (G_i) pudiera ser demasiado grande, y que ésto se notaría particularmente en peces que permanecieron tan sólo un breve tiempo en libertad. Sin embargo, bajo ciertas condiciones es posible obtener una medida más realista de esta varianza.

Se puede obtener una estimación independiente del crecimiento en longitud, G_i , de aletas amarillas que han sido marcados y también inyectados con tetraciclina. Si se mide la distancia del primordio, o punto de crecimiento original, a la marca, y de la marca al borde del otolito, entonces se puede estimar la longitud de liberación y de recaptura a partir de una curva de crecimiento que relaciona la longitud del otolito a la del pez. Los valores correspondientes de la tasa de crecimiento del otolito (G_o) y G_i pueden ser estimados para cada pez a partir de estas medidas. Las ventajas de estimar la tasa de crecimiento de un pez mediante este procedimiento son: (1) se evitan los errores asociados con la medición de peces vivos; (2) los valores de G_i se basan en una norma consistente de medición (peces descongelados) mediante la relación entre la longitud del pez y la del otolito; y (3) todo valor de G_i tiene que ser positivo, ya que G_o no puede ser negativo. Bajo estas condiciones, la varianza de G_i debería ser menor y más confiable que la varianza de G_t correspondiente preparada a partir de datos de marcado. Esto se ve apoyado por las comparaciones derivadas de los experimentos de 1976 y 1980–1981 presentados en la Tabla 15. No se incluyen en ésta valores negativos de G_i .

Barrulete del Pacífico oriental

A diferencia de la deposición diaria de incrementos en el aleta amarilla, el experimento de 1976 mostró que el barrulete deposita un promedio de tan sólo 0.76 incrementos/día (I/d). Al principio se creyó que esta desviación de lo esperado podría deberse al comienzo de la madurez sexual en las hembras. Para investigar esta posibilidad más a fondo, se estableció el sexo de los peces recuperados en los experimentos de 1980–1981 por medio de la examinación general de las gónadas. El análisis

preliminar señala que las tasas de deposición son parecidas para ambos sexos, y que son inferiores a un I/d , es decir: machos, 0.73 I/d ($n = 14$); hembras, 0.70 I/d ($n = 23$). Estas tasas se basan en los conteos máximos de incrementos obtenidos de los otolitos tras examinar tres diferentes posiciones de conteo. Al principio se realizaron los conteos en la superficie distal de las proyecciones anteriores del otolito, tal como se hizo en el experimento de 1976. Se obtuvieron además conteos subsecuentes en la superficie distal de las proyecciones en el cuadrante ventral-anterior, y de ambas superficies de las proyecciones posteriores centrales. Se obtenían con frecuencia diferentes conteos de diferentes posiciones, y es posible que algunos incrementos sean demasiado pequeños para poder distinguirlos con un microscopio de luz (1200x). Por lo tanto se están preparando secciones de otolitos para examinación a niveles más altos de magnificación, usando un microscopio de barrido electrónico.

Aleta amarilla del Atlántico oriental

Se aplicó la experiencia ganada en la identificación y conteo de los incrementos en los otolitos en los experimentos arriba descritos a un pequeña muestra de otolitos de aletas amarillas del Atlántico oriental. Los peces fueron marcados, inyectados, y recapturados durante 1979–1983, y los otolitos fueron enviados a la CIAT por el Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, Costa de Marfil. Fue posible contar con confianza en tan sólo cinco peces los incrementos desde la marca de tetraciclina hasta el borde del otolito. En la relación entre incrementos y tiempo, es decir,

$$I = -6.95 + 1.05d \quad (n = 5)$$

el coeficiente 1.05 (± 0.15) no se diferencia significativamente de 1.0. Parece entonces que el aleta amarilla del Atlántico oriental también deposita incrementos diariamente, o por lo menos la muestra es demasiado pequeña para poder rechazar tal hipótesis. Este resultado es alentador, a pesar de la pequeñez de la muestra.

Biología reproductora del aleta amarilla

Es importante entender la biología reproductora del atún aleta amarilla para comprender la dinámica poblacional de esta especie. No se comprenden bien varios aspectos de dicha biología, por ejemplo la ubicación, hora, y frecuencia del desove, y la edad y tamaño al madurar. También es necesario establecer si son distintas las características reproductoras de peces de diferentes zonas del Pacífico oriental. Se espera que la investigación de la biología reproductora del aleta amarilla contribuya a la comprensión del vínculo entre el desove y el reclutamiento, y posibilite la evaluación del efecto de la pesca sobre el potencial reproductor de la población.

En septiembre de 1987 se comenzó un programa de muestreo a gran escala para obtener gónadas (ovarios y testículos) del atún aleta amarilla en el mar. El objetivo de este programa es de obtener información sobre las características reproductoras específicas para cada edad del aleta amarilla en el Pacífico oriental entero. Los técnicos científicos de la CIAT que recolectan datos sobre delfines a bordo de barcos cerqueros recolectarán además muestras de gónadas durante por lo menos dos años. El muestreo en el mar es necesario para el análisis histológico de las gónadas del aleta amarilla, ya que es necesario colocar el tejido en un fijador antes de congelar el pez. El programa está ideado para obtener muestras de machos y hembras por estratos de clase de longitud, mes, y zona. Los intervalos de clase de longitud van de 50 a 150cm, por incrementos de 10cm. Los estratos de zona incluyen al norte de 20°N, 10°N–20°N, 0°–10°N, y al sur de 0°. Es imprescindible al éxito del programa la cooperación de los armadores y capitanes de los cerqueros, y hasta ahora ha sido excelente.

No se espera obtener muchas muestras de peces capturados en la zona norte de Pacífico oriental en el muestreo en el mar, y por consecuencia se recolectarán muestras de gónadas de peces capturados al norte de 17°N al ser éstos descargados o procesados en Ensenada (Méjico) y Terminal

Island (California). Estas muestras se usarán solamente para establecer la fecundidad y la temporada del año en que ocurre el desove.

Entre el 3 y el 7 de mayo de 1987, a varias horas del día y de la noche, se recolectaron cerca de la Isla Clipperton muestras de ovarios de 23 aletas amarillas de longitud de 88 a 122cm. Se ha terminado el análisis histológico de estas muestras. El muestreo y el análisis tenían como objetivo confirmar los resultados del análisis del material recolectado durante el muestreo de 1986 en la Isla Clipperton (Informe Anual de la CIAT, 1986: 193) y proporcionar además información adicional que ayudaría a definir el horario del desove y las tasas de absorción de los folículos postovulatorios del aleta amarilla.

Parece que el desove ocurre entre las 2000 y las 2400h. Esta estimación se basa en el hecho que los ovarios recolectados entre las 1500 y las 1900h en 1987 se encontraban entre la etapa temprana y tardía del núcleo migratorio, la cual precede el desove, y que las hembras capturadas entre las 2330 y las 0330h poseían folículos postovulatorios clasificados como muy recientes (de solamente varias horas). Aunque parece probable que sea realista el tiempo entre la etapa del núcleo migratorio y el desove mismo, y también la estimación de la edad de los folículos postovulatorios, serán necesarios estudios de laboratorio con aletas amarillas cautivos para validar la interpretación de estas estructuras histológicas en peces capturados en el mar.

Las muestras recolectadas en 1987 proporcionaron más pruebas directas del desove diario del aleta amarilla, del cual se informó en el Informe Anual de 1986. Cada uno de los peces capturados entre las 1500 y las 1900h que poseía ovocitos entre la etapa temprana y tardía del núcleo migratorio poseía además folículos postovulatorios (Figura 19). Suponiendo que estos folículos son detectables tan sólo durante 24 horas en el aleta amarilla, ésto indica que el desove ocurrió durante las 24 horas anteriores y que volvería a ocurrir dentro de pocas horas. Con base en la incidencia de hembras con folículos postovulatorios, se estimó la frecuencia del desove del aleta amarilla durante los cuatro días del muestreo en la Isla Clipperton. En 18 de los 23 peces se detectaron folículos postovulatorios en varias etapas de degeneración durante el análisis histológico: esto significa que un 78% de las hembras habían desovado en las 24 horas antes de ser capturadas. Esto señala que el intervalo medio entre desoves es aproximadamente 1.3 días en el caso de esta muestra: es decir que el desove ocurre casi cada día. Este resultado es esencialmente idéntico a la estimación de la frecuencia del desove basada en las muestras recolectadas durante 1986.

Modelado

El período entre el desove y el reclutamiento de peces juveniles a la pesquería es una parte importante del ciclo vital, debido a la mortalidad elevada y muy variable que ocurre durante este período. Se sabe bastante sobre el desarrollo, el hábitat, la posición en la red alimenticia, etc., de algunas especies durante este período, pero no se entienden bien para ninguna especie aquellos factores que afectan la supervivencia. Cada aleta amarilla hembra adulta produce centenares de millares de huevos por año, pero generalmente, suponiendo que se produce igual cantidad de machos y hembras, tan sólo unos 5 o 10 de los huevos producidos serán reclutados a la pesquería, y de ellos unos dos llegarán a ser peces maduros. Es difícil averiguar los cambios en la abundancia de peces larvales y juveniles de cualquier especie directamente, mediante un muestreo en el océano, y sería completamente imposible hacer ésto para el aleta amarilla en la totalidad de su zona de distribución. Por lo tanto los investigadores pesqueros intentan encontrar relaciones estadísticas entre los reclutas y los peces reproductores que les produjeron. Estos esfuerzos tienen generalmente poco éxito, ya que la varianza residual que sobra después de ajustar el modelo estadístico es generalmente tan grande que los resultados no sirven para predecir el reclutamiento. En vez de hacer ésto se estima la abundancia relativa de los reclutas a partir de datos de pesca, y se administra la pesquería

a base de ésto. Así utiliza el personal de la CIAT el análisis de cohorte para evaluar la condición del stock de aleta amarilla en el Pacífico oriental y hacer recomendaciones para su administración.

Para cualquier especie, un mecanismo dependiente de la densidad tiene que entrar en función a un cierto nivel de abundancia, y por lo tanto es más probable que una población aumente si se encuentra a un nivel inferior a aquel que es naturalmente capaz de soportar, y que disminuya si se encuentra a un nivel superior a éste. Estos mecanismos mejoran una situación estocástica; al reducirse la población mejora la probabilidad de que sobreviva cada individuo, lo cual reduce la probabilidad de que la población se extingua; similarmente, cuando la población alcanza un nivel alto, su crecimiento se reduce y el tamaño de la población cesa de aumentar. La dependencia de la densidad es generalmente más aparente en la fertilidad de los adultos o en la supervivencia de las crías. Los adultos pueden reducir o prescindir de la reproducción cuando la densidad es muy elevada, mientras que las crías suelen estar peor protegidas contra el ambiente. Al calcular modelos matemáticos de las poblaciones de animales, se descubre a menudo que la dependencia de la densidad puede causar ciclos en la abundancia, especialmente cuando se asocia con demoras inherentes en la reproducción. Se ha demostrado ésto de forma más clara en el caso de los insectos.

Generalmente, las poblaciones de peces son relativamente estables, ya que varias generaciones contribuyen de forma importante a la producción de huevos. (Los salmones del Pacífico, sin embargo, desovan una sola vez y luego mueren, y las poblaciones de esta especie están sujetas a grandes fluctuaciones y ciclos persistentes.) Dadas las tasas de mortalidad generalmente altas de los peces, sería de esperar que la generación más joven de peces adultos contribuiría la gran mayoría de los huevos, y que si la abundancia de dicha generación fuese especialmente alta o baja, entonces la producción de huevos, y consecuentemente de reclutas, aumentaría o disminuiría. Sin embargo, los peces, a diferencia de la mayoría de los animales estudiados, continúan creciendo después de madurar. Ya que la fecundidad es aproximadamente proporcional al peso del pez, los peces mayores son mucho más fecundos que los jóvenes. Si a lo largo de varios años la pérdida de individuos en una cohorte es más o menos igual al aumento en el peso de los individuos sobrevivientes, entonces la producción de huevos de esa cohorte será más o menos constante en ese período. Esto resulta en un reclutamiento más estable del que ocurriría si los peces cesaran de crecer una vez maduros. En la Figura 32 se presentan las biomassas estimadas de aletas amarillas de las varias edades que se capturan en la pesquería. Peces de edad 1, 2, y 3 contribuyeron las biomassas mayores en 14, 5, y 2 casos, respectivamente, y peces de edad 4 y 5 contribuyen de forma significativa en muchos años. La reproducción no depende por lo tanto casi exclusivamente de la abundancia de una sola generación, lo cual podría causar una inestabilidad, y la población es suficientemente estable para que cualquier relación entre stock y reclutamiento sea ocultada por otros factores que todavía no se comprenden.

Para que los estudios de reproductores y reclutas sean útiles, entonces es necesario reunir una larga serie de datos sobre los pesos totales de los reproductores y las cantidades de reclutas resultantes, para así comprender la dependencia de la densidad. Una vez lograda una comprensión adecuada de la relación entre reproductores y reclutas, entonces se puede predecir el número de reclutas a partir del peso total de los reproductores, suponiendo siempre que no varíe mucho la relación entre los dos. Es naturalmente necesario para estos estudios disponer de estimaciones bastante exactas del peso total de los reproductores y de la cantidad de reclutas producidos. Se pueden obtener éstos de los datos de captura por unidad de esfuerzo, suponiendo siempre que la captura por unidad de esfuerzo proporciona una medida adecuada de la abundancia y que la madurez ocurre después del reclutamiento. Pero si los peces de la generación más joven están solamente parcialmente reclutados, y la porción reclutada varía de año a año, entonces no es posible estimar con confianza el vigor de una generación anual al aparecer ésta por primera vez en la captura. En la mayoría de las pesquerías, incluso la del aleta amarilla, la captura por unidad de esfuerzo no proporciona un índice confiable de la abundancia, y por lo tanto se utiliza el análisis de las cohortes. En este método, el investigador adivina la abundancia de una de las generaciones de los

peces mayores y luego compara las cantidades de la cohorte que se capturaron en períodos anteriores, a edades menores. Se mejora la estimación para cada generación anual anterior como función de la mortalidad total por pesca que se impone sobre la cohorte en el intervalo entre las dos estimaciones de la edad. Por consiguiente, para que el análisis de las cohortes sirva para evaluar la población adulta, se tiene que seguir sometiendo las generaciones mayores a una presión pesquera significativa después de que hayan cesado de ser una parte significativa de la distribución de frecuencia de edad. Este procedimiento resulta en estimaciones más exactas para las generaciones de menor edad, pero solamente una vez sean de mayor edad.

Esta demora impuesta por el procedimiento de estimación puede hacer menos útil para la predicción la relación entre el stock y el reclutamiento. Hasta sería posible obtener una estimación de la abundancia de los peces reclutados del análisis de las cohortes antes de que el mismo procedimiento pudiera producir una estimación confiable de los reproductores que produjeron dichos peces.

Identificación electroforética de juveniles primarios del aleta amarilla

Hasta ahora no se ha descubierto un método para diferenciar los juveniles primarios de los atunes aleta amarilla y patudo a base de caracteres morfológicos o merísticos. Se pueden distinguir los adultos de dichas especies a base de la configuración electroforética del isozima muscular glicerol-3-fosfato deshidrogenasa (alfa glicerol fosfato). Dada la importancia de la identificación de los juveniles primarios de estas dos especies para los estudios del ciclo vital temprano, parecía lógico investigar si las técnicas electroforéticas servirían para este propósito, por lo tanto se comenzó un proyecto cooperativo entre los investigadores de la CIAT y científicos de la Universidad de San Diego.

Entre la 2100 y 2400 horas del 8 de mayo de 1986, a bordo del barco de pesca deportiva *Royal Polaris*, se recolectaron cerca de la Isla Clipperton atunes larvales y juveniles primarios de 10 a 20 mm de longitud. Se atrajeron los especímenes con luces, y se recogieron con salabres de malla fina de nylon a una profundidad de aproximadamente 1 metro. Se tomaron unos 100 ejemplares, la mayoría de los cuales se congelaron rápidamente en agua de mar. Sobre la base de características morfológicas y pigmentarias externas, fue posible identificarlos como miembros del complejo al cual pertenecen el aleta amarilla y el patudo.

Se capturaron con caña ejemplares adultos de aleta amarilla y patudo frente al sur y el norte, respectivamente, de Baja California, México. Se tomaron y congelaron inmediatamente muestras de unos 500g del tejido muscular blanco de los peces recién capturados.

En el laboratorio se descongelaron los especímenes de juveniles primarios, se midieron al milímetro más cercano, y se examinó la pigmentación caudal. Se decapitaron y se colocaron las cabezas en etanol al 95% para estudio posterior de los otolitos. La musculatura restante de cada individuo se homogenizó, centrifugó, y almacenó sobre hielo para la electroforesis. El tejido de los aleta amarilla y patudos adultos se homogenizó y centrifugó, y se extrajo y almacenó sobre hielo el sobrenadante.

Se procesaron setenta y siete juveniles primarios, de entre 10 y 21mm de longitud. Se registró la actividad del glicerol-3-fosfato deshidrogenasa en 68 individuos. Todos los juveniles primarios registrados mostraron una banda de glicerol-3-fosfato deshidrogenasa de tipo muscular de baja movilidad anodal, idéntica a la de los adultos de aleta amarilla. No se descubrió ninguno con la banda de los patudos adultos.

Este estudio ha proporcionado un método sencillo para identificar de forma inconfundible las larvas y juveniles primarios del aleta amarilla. Quizás sea posible descubrir con esta técnica un carácter morfológico que permita la identificación rápida de juveniles primarios de esta especie y del patudo.

Laboratorio de Achotines

Estudios del ciclo vital temprano

Los científicos pesqueros opinan que el vigor de una generación anual de peces se ve determinada principalmente durante las etapas tempranas (huevo, larva, y juvenil) del ciclo vital. No se sabe mucho acerca del ciclo vital temprano de los atunes, y fue precisamente para estudiar este aspecto de la biología de los túnidos que se estableció el laboratorio de Achotines.

La Bahía de Achotines está situada en el extremo sur de la Península de Azuero, en la provincia de Los Santos de la República de Panamá. Dicho lugar limita con el Océano Pacífico oriental en una zona donde hay fuertes temporadas de desove del atún y, además, el perfil de 100 brazas de profundidad se encuentra tan sólo a 6.5 millas náuticas (12km) de la costa, permitiendo fácil acceso a aguas oceánicas donde se sabe que aparecen especímenes juveniles de atún aleta amarilla. La Bahía de Achotines ofrece un fondeadero protegido para barcos pequeños y acceso a aguas claras del océano cuyas temperaturas anuales oscilan entre aproximadamente 22° y 28°C (72° y 82°F).

En 1983 se adquirió un terreno de 10 hectáreas, y se emprendió la construcción de las instalaciones. En el Informe Anual de 1986 se presentó una descripción del laboratorio, el cual se ha ampliado en 1987. Las añadiduras principales incluyen un segundo edificio residencial, nuevos depósitos para combustible, un depósito para agua de mar, y un sistema completo de recirculación de agua para el laboratorio, el cual incluye la biofiltración del agua para extraer metabolitos tóxicos. Este sistema de circulación intermitente es considerado óptimo para mantener peces marinos en acuarios, y permitirá mejor control de los parámetros críticos de la calidad del agua en experimentos futuros.

El programa de investigación de la CIAT en Achotines se basa en una combinación de estudios de campo y de laboratorio. Los experimentos de laboratorio dependen de la conservación en acuarios de los delicados especímenes juveniles durante largos períodos. Por lo tanto, la mayor parte de las actividades se han centrado en el desarrollo de métodos que permitan capturar, trasladar, y mantener vivos a los escómbridos cautivos.

Se atraen a los escómbridos juveniles de noche con una luz subacuática, se recogen con un salabre, y se trasladan al laboratorio. El éxito de tales operaciones varía de temporada a temporada, según las condiciones metereológicas y la variabilidad del desove. El mejor muestreo de 1987 tuvo lugar en el cuarto trimestre, durante el cual se capturaron y mantuvieron en depósitos a bordo del barco unos 135 escómbridos. En las muestras el barrilete negro, *Euthynnus lineatus*, era unas dos veces más abundante que las melvas, *Auxis* sp., que a su vez eran tres veces más abundantes que los juveniles primarios del aleta amarilla o patudo, *Thunnus* sp. Se recolectaron además sierras, *Scomberomorus sierra*, y un ejemplar que era probablemente un pez vela, *Istiophorus platypterus*. La presencia de grandes cantidades de atunes juveniles primarios frente a Achotines en el cuarto trimestre concorda con observaciones previas, según las cuales el período de desove más intenso comienza típicamente en diciembre frente a Centroamérica, y continúa hasta por lo menos el fin del primer trimestre del año siguiente.

En 1987 se registró cerca del isobato de 100 brazas la primera captura de aletas amarillas o patudos juveniles primarios en las aguas frente a Achotines. Se capturaron 16 especímenes; la longitud estándar de los que fue posible medir varió entre 9 y 16mm (Figura 20). No se conoce ningún método para distinguir las dos especies a este tamaño por medio de características anatómicas internas o externas, o por la pigmentación de la piel. Del punto de vista de la Comisión, *Thunnus* sp. son las especies de mayor interés para el estudio, pero no han sido comunes en las muestras tomadas cerca de la costa.

Durante 1987 mejoró la supervivencia de especímenes desde el momento de captura hasta el punto donde están bien establecidos en los acuarios del laboratorio, fenómeno que se debe

probablemente a mejores técnicas de traslado en el mar. Ahora se usan rutinamente la aeración y un nuevo material polímero denominado PVP en conjunto con grandes bolsas de plástico para trasladar los peces. PVP se usa en la cirugía humana para bañar los órganos, reduciendo así la pérdida de electrolito del tejido dañado. Lo usan ahora los piscicultores para ayudar a mantener la capa mucosa en la piel al manejar los peces, lo cual ayuda la osmoregulación. Los peces cautivos en Achotines mueren a causa del contacto con las paredes de los depósitos, de hambre cuando se niegan a comer, del canibalismo, y de la depredación por parte de larvas megalopas de cangrejo que a veces se capturan accidentalmente con los escómbridos en los salabres.

El programa de investigación en Achotines está ideado para proporcionar simultáneamente especímenes para intentos de cría en el laboratorio y estudios *in situ* del crecimiento, la inanición, y la ecología alimenticia. Se utilizan varias técnicas para conservar aquellos individuos que mueren durante la captura y el traslado para el análisis subsiguiente. Se colocan algunos en etanol neutro para así conservar los otolitos para estudios del crecimiento. Se examinará también el contenido del estómago de estos ejemplares. Otros se conservan en fijador de Bouin para el análisis histológico de la degradación del tejido, indicador de la desnutrición y la muerte por inanición inminente. Se están recolectando también los estómagos de peces piscívoros capturados en la zona para la investigación de depredación de escómbridos.

Se está ampliando actualmente el programa de investigación, conforme con el proyecto de investigación del ciclo vital temprano de los atunes, en el cual los estudios de laboratorio y de campo se apoyan mutuamente. Se está preparando un muestreo de ictioplancton con redes de arrastre, en conjunto con estudios oceanográficos del ambiente físico. Se está preparando además equipo oceanográfico, el cual incluye un sistema de medición de CTDO (conductividad, temperatura, profundidad, y oxígeno), para el monitoreo sistemático a largo plazo de variables ambientales claves que pudieran influir sobre el crecimiento y supervivencia de atunes larvales y juveniles. Se está diseñando un programa piloto para definir las escalas temporales y geográficas de la variación ambiental en las aguas frente a la península de Azuero y el Golfo de Panamá. Este programa proporcionará una base de datos que delimitará la frecuencia, amplitud, y configuración óptimas de las observaciones para el monitoreo a largo plazo de la variación oceánica. El muestreo concurrente del ambiente físico y las escómbridos larvales con redes bongó proporcionará datos sobre las relaciones entre la temporada y el desove y entre la variación oceanográfica y metereológica y la ocurrencia, el crecimiento, la variabilidad alimenticia, y la mortalidad de las etapas tempranas del ciclo vital de los atunes.

Estudios sobre recursos de pargo

El personal de la CIAT inició un proyecto de colaboración con científicos de la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) de la República de Panamá para estudiar algunas especies de peces costeros importantes para el comercio en la Provincia de Los Santos de Panamá. El objetivo de este proyecto es obtener datos fundamentales sobre la biología y recursos de estas especies. La industrialización reciente, principalmente relacionada con el perfeccionamiento del procesamiento y exportación de las capturas, y el posible ingreso de embarcaciones de mayor tamaño a la pesquería, hacen que sea deseable contar con estimaciones del rendimiento potencial. En 1986 se inició un programa de muestreo para estudiar y evaluar los recursos de pargo, familia Lutjanidae, y otras especies costeras. Un biólogo de la DGRM está recopilando información diaria sobre la captura, el esfuerzo, la longitud, y el peso. Estos datos básicos proporcionarán información sobre la composición por especie, composición por tamaño, factores que afectan la condición de la especie, y la captura versus el esfuerzo, usando configuraciones alternativas de las artes de pesca, y las correspondientes variaciones estacionales. La especie más importante es *Lutjanus jordani*; otras especies, capturadas en cantidades mucho menores, incluyen *L. guttatus*, *L. argentiventralis*, *L. novemfasciatus*, *Hoplopagrus guntheri*, *Rabirubia inermis*, y *Epinephelus* sp.

OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DE LOS ATUNES

Reclutamiento del aleta amarilla

El grado de mezcla en las capas superiores del océano es proporcional al cubo de la velocidad del viento, denominado el índice de mezcla por el viento (IMV). Es posible que el grado de mezcla en las zonas de desove de los aletas amarillas y barriletes capturados en el Océano Pacífico oriental afecte la concentración de los organismos que alimentan a las larvas del atún, afectando su supervivencia y, eventualmente, el reclutamiento a la pesquería. Se ha descubierto que el reclutamiento del barrilete en el Pacífico oriental está relacionado de forma significativa e inversa al IMV de año y medio antes en las zonas de desove de dicha especie en el Pacífico central. Fue también posible correlacionar el reclutamiento del aleta amarilla en el Pacífico oriental con el IMV durante el período del desove.

Se encuentran larvas de aleta amarilla en todas partes del Pacífico donde la temperatura superficial del agua es 26°C o más. Datos sobre la distribución de las larvas del aleta amarilla publicados en una revista japonesa indican que casi nunca se encuentran al sur de la línea ecuatorial en el Océano Pacífico al este de 120°W. A partir de datos en la misma publicación, se calcularon las siguientes concentraciones de larvas de aleta amarilla, en cantidades capturadas por 1,000 metros cúbicos de agua filtrada, para cinco zonas del Pacífico:

entre la línea ecuatorial y 30°N desde 80°W hasta 120°W	0.012
entre 20°S y 30°N	
desde 120°W hasta 150°W	0.031
desde 150°W hasta 180°	0.036
desde 180° hasta 150°E	0.122
desde 150°E hasta 120°E	0.204

Suponiendo que los aletas amarillas capturados en la pesquería del Pacífico oriental sean desovados al norte de la línea ecuatorial y al este de 120°W, es posible someter la cantidad estimada de reclutas de dicha especie a una prueba de correlación con el IMV en esta zona en el período estimado del desove. Se estima que los reclutas de aleta amarilla pesan 1.8kg (4.0 libras) durante el primer trimestre de ingreso a la pesquería (Informe Anual de la CIAT para 1985: 149). La edad a este peso es unos $\frac{3}{4}$ de año. En la Tabla 11 del mismo Informe Anual se presenta el reclutamiento estimado del aleta amarilla en su primer trimestre en la pesquería para las cohortes X e Y en el período 1967-1985. Los peces de la cohorte X son reclutados a la pesquería durante el primer trimestre del año, y los de la cohorte Y durante el tercero. Ya que los reclutas tienen unos $\frac{3}{4}$ de año de edad, se pueden comprobar las cantidades contra el IMV de nueve meses antes, cuando se estima que fueron desovados.

No se han calculado valores promedios trimestrales del IMV correspondientes a la zona entera de desove del aleta amarilla al norte de la línea ecuatorial y al este de 120°W. No obstante, si existen para nueve zonas de barrilete de 5° en la parte central de la pesquería del barrilete entre 5°N y 15°N. Esta zona comprende aproximadamente la mitad de la zona de desove del aleta amarilla, y se opina que los valores del IMV para estas nueve zonas son representativas de la zona de desove del aleta amarilla. Se calcularon las correlaciones entre estos valores del IMV y el reclutamiento del aleta amarilla, con los resultados siguientes: reclutas de aleta amarilla de la cohorte X en el primer trimestre y IMV en el segundo trimestre del año anterior, $r_s = 0.498$ (no significativo) y $r = 0.336$ (no significativo); reclutas de aleta amarilla de la cohorte Y en el tercer trimestre y IMV en el cuarto trimestre del año anterior, $r_s = 0.173$ (no significativo) y $r = 0.032$ (no significativo); suma de los reclutas de las cohortes X e Y y IMV promedio, $r_s = 0.324$ (no significativo) y $r = 0.265$ (no significativo). Se esperaban coeficientes negativos, debido a las correlaciones inversas de reclutas de barrilete y los IMV, pero todos los coeficientes de la correlación son positivos, incluso el único

significativo. No existe por consecuencia ninguna indicación de que el índice de la mezcla por el viento ejerza un efecto consistente sobre el reclutamiento del aleta amarilla.

Un nuevo El Niño en el ARCAA

Hace más de veinticinco años que el personal de la CIAT observa las temperaturas de la superficie del mar (TSM) y otros datos oceanográficos y metereológicos para contribuir a la evaluación de la condición de los varios stocks de atunes en el Océano Pacífico oriental. Eventos de El Niño, caracterizados por TSM y nivel del mar superiores a lo normal, termoclinas más profundas de lo normal, cambios en la fuerza de los vientos de superficie, y unas reducción en el contenido nutritivo de las capas superiores del océano, son de interés especial debido a su aparente efecto negativo sobre la pesca del atún, especialmente frente a Centro- y Sudamérica. Durante los años 60, época de crecimiento rápido de la flota cerquera, no ocurrió ningún evento significativo de El Niño en el Pacífico oriental tropical (POT), excepto en 1969, desde cuyo año han ocurrido cinco que han influido sobre la pesca atunera en dicha zona. Esto es comparable a los años 20 y 30, en los cuales se registraron en el POT TSM muy superiores a lo normal durante seis años seguidos, 1925-1930. El evento de El Niño de 1982-1983, el más extensivo e intenso del siglo, interrumpió de forma muy grave la pesca del atún en el POT en aquellos dos años, y menos de cinco años después se desarrolló un nuevo evento de El Niño frente al litoral de Sudamérica durante el verano austral (del hemisferio sur) de 1986-1987. Durante los veranos australes de 1975-1976 y 1985-1986 ocurrieron condiciones incipientes de El Niño frente al Ecuador y el Perú, pero las TSM volvieron a su nivel normal antes de comenzar los inviernos australes siguientes de 1976 y 1986. En ambos casos comenzó un evento de El Niño de intensidad moderada durante el verano austral siguiente, y persistió durante más o menos un año. Si las circulaciones atmosféricas y oceánicas en el Pacífico tropical se vuelven, y permanecen, anormales 6 meses o más, generalmente persistirá y se intensificará un evento de El Niño. Sin embargo, si vuelven a su estado normal antes de mitad de año, tal como ocurrió en 1976 y 1986, el evento no se desarrolla hasta más tarde, si las TSM son entonces superiores a lo normal.

Durante el cuarto trimestre de 1986 se desarrolló lentamente en el POT un evento de El Niño de débil a moderado. Durante el primer trimestre de 1987 las temperaturas fueron tan sólo de 1° a 3°C superiores a lo normal a lo largo de la línea ecuatorial y frente a los litorales de Ecuador y Perú, y El Niño alcanzó su intensidad máxima durante el segundo trimestre. En la Figura 21 se señala la extensión de esta agua cálida en abril de 1987. La configuración de la anomalías de las TSM (diferencias entre las TSM medias mensuales y las TSM medias de largo plazo) en la Figura 21 es característica de los otros meses de 1987, excepto que las anomalías mayores ocurrieron durante el segundo trimestre, frente a los litorales de Ecuador y Perú y a lo largo de la línea ecuatorial al este de 130°W. Manta (Ecuador), donde las TSM habían permanecido inferiores a lo normal entre mediados de 1984 y fines de 1986, comenzó a sentir TSM superiores a lo normal en enero de 1987 (Figura 22). La mayor anomalía ocurrió en abril del mismo año, y a partir de ese mes las TSM en Manta y las demás estaciones costeras de Ecuador y Perú comenzaron a volver lentamente a su nivel normal. Al terminar el segundo trimestre el agua cálida asociada con el evento de El Niño no se había extendido más al norte que 10°N.

En el tercer trimestre de 1987 la mayor parte del agua con TSM más de 1°C superiores a lo normal se limitó al POT al sur de 10°N y al este de 90°W. En la zona al norte de 10°N las TSM fueron inferiores a lo normal debido a la gran frecuencia de las tormentas tropicales, acompañadas por vientos fuertes y nubosidad intensa. Las tormentas terminaron al comenzar el cuarto trimestre, y las TSM al norte de 10°N aumentaron rápidamente gracias a un calentamiento local y vientos suaves. Durante el período transitorio entre las circulaciones del viento del monsón veraniegas e invernales ocurre generalmente un fuerte calentamiento de la superficie del océano en la parte norteña del ARCAA. Este calentamiento frente a los litorales de México y Centroamérica no indicaba una extensión hacia el norte del evento de El Niño durante el cuarto trimestre de 1987. Al

terminar el año regresaban a su estado normal las condiciones oceánicas y atmosféricas que causaron el desarrollo del evento de El Niño durante el verano austral de 1986–1987. Sin embargo, las TSM habían permanecido de 1° a 2°C superiores a lo normal durante la mayor parte de 1987 en gran parte de la zona tropical al sur de 5°N, y a raíz de un calentamiento estacional la extensa zona tropical con TSM superiores a lo normal persistió, a pesar de haberse debilitado el evento de El Niño.

En la Figura 23 se presentan datos sobre las anomalías de las TSM correspondientes al litoral ecuatoriano y sobre profundidades de la termoclinia obtenidos de perfiles verticales de temperatura recolectados a bordo de buques comerciales en la zona al este de 100°W entre 5°N y 5°S. Los datos de las TSM indican que el evento de El Niño no comenzó cerca del litoral hasta el fin de 1986, a pesar de que se registró un calentamiento gradual que luego desapareció durante el verano austral de 1986–1987. A principios de 1986 comenzó a bajar la termoclinia, pero durante el invierno austral volvió a subir. No obstante, a partir de septiembre de 1986 y durante todo 1987, permaneció a una profundidad mayor que de costumbre. Este fenómeno se vió confirmado por unos resultados preliminares basados en datos de batítermografo registrados durante varios cruceros de investigación de delfines realizados en 1986 y 1987. Durante estos cruceros se ubicó la termoclinia a una profundidad media de más de 20 metros mayor a la normal correspondiente a la zona ecuatorial entre 2°S y 5°N, al este de 130°W, y también a lo largo de la costa del Ecuador (comunicación personal de D. W. Behringer, Atlantic Oceanographic and Metereological Laboratory, U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration, Miami, Florida).

En julio de 1986, antes de comenzar a bajar la termoclinia, el nivel del mar empezó a subir. En la Figura 24A se presentan datos sobre las anomalías en el nivel del mar (diferencias del nivel del mar promedio normal) basados en datos promediados de tres estaciones costeras desde Colombia hasta el norte del Perú. A partir de junio de 1986 el nivel del mar a lo largo del litoral occidental de Sudamérica permaneció superior a lo normal excepto durante un breve período en diciembre del mismo año cuando fue ligeramente inferior a lo normal. En febrero de 1987 había llegado a un nivel 10cm superior a lo normal, después de cual fecha descendió lentamente hasta alcanzar su nivel normal a fines de año. En mayo de 1987, 3 meses después de haber alcanzado su máximo el nivel del mar, las TSM llegaron a su máximo de 3°C sobre lo normal, y luego se stabilizaron a unos 1° o 2°C sobre lo normal, donde permanecieron hasta el fin del año (Figura 24A).

Al desarrollarse un evento de El Niño suele disminuir la fuerza de los vientos alisios del este sobre el Pacífico del sur, especialmente frente a la costa de Sudamérica al sur de 15°S. Esto resulta en una mezcla por el viento (factor necesario para mantener un afloramiento fuerte en la parte costera de la Corriente del Perú) inferior a lo normal. Esta disminución en la circulación de los vientos está vinculada con cambios a gran escala en las circulaciones atmosféricas, representados generalmente por el Índice de Oscilación del Sur (IOS), definido como la diferencia en la presión al nivel del mar entre Darwin (Australia) y el promedio de la Isla de Pascua y Tahiti. Se comparan las diferencias entre años o meses individuales con las diferencias en los promedios de la presión a largo plazo para descubrir las anomalías en el IOS. Las anomalías negativas representan vientos de superficie menos fuertes y presiones al nivel del mar más bajas que la norma en el POT al sur de la línea ecuatorial, y las positivas lo contrario. En la Figura 24B se presentan datos sobre las variaciones en el IOS correspondientes a 1986 y 1987. Durante la mayor parte de 1986 el IOS osciló alrededor de la línea cero, pero a partir de octubre se volvió negativo y permaneció así hasta noviembre de 1987. Es decir que hacia fines de 1987 la caída del nivel del mar a lo largo del litoral sudamericano y la tendencia normalizante del IOS indicaban que se atenuaba el evento de El Niño en el POT. No obstante, las TSM permanecían superiores a lo normal, y la termoclinia estaba todavía a una profundidad mayor que de costumbre (Figura 23), lo cual indica que los efectos residuales del Niño persistirán durante el verano austral de 1987–1988.

No se espera que este evento de El Niño se regenere después del fin del verano austral de 1987–1988.

El Niño y las bajas tasas de captura

Eventos de El Niño significativos ocurren generalmente entre cada 4 y 6 años en el POT, pero su intensidad y extensión varía marcadamente. Por lo visto la reacción de los atunes a tales eventos es de alejarse de la zona, posiblemente en busca de alimento, y por lo tanto se hacen menos vulnerables o disponibles a la captura por barcos cerqueros.

El evento de El Niño de 1986–1987, descrito en la sección anterior, fue de intensidad moderada, pero su efecto sobre el ambiente oceánico en el POT no fue muy extendido. Durante la mayor parte de 1986–1987 se limitó al POT al sur de 5°N, donde las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) fueron muy pobres durante 1986 y 1987, especialmente en la zona costera frente a Ecuador y el norte del Perú. La pesca fue en cambio bastante buena durante aquellos dos años en el POT al norte de 5°N, donde los efectos del Niño parecen haber sido mínimos. Una de las zonas afectadas con mayor frecuencia por eventos de El Niño es aquella frente al Golfo de Guayaquil, bordada por la línea ecuatorial, 5°S, 85°W, y el litoral de Ecuador y Perú, donde la pesca suele ser intensa. Durante 1986 y 1987 las capturas de barrilete y aleta amarilla fueron generalmente inferiores a la captura anual media de dicha zona entre 1965 y 1984. (Es de destacar, sin embargo, que la tendencia en las capturas de ambas especies ha sido descendiente en el período 1961–1984).

En la Figura 25 se presentan datos sobre el esfuerzo de pesca y las CPUE para barriletes y aletas amarillas correspondientes a 1986 y 1987 y a 1965–1984 para la zona de 5° arriba descrita. En 1986 el esfuerzo de pesca (Figura 25A) fue inferior al promedio de 1965–1984 durante el año entero. En 1987 fue inferior al promedio de 1965–1984 durante el primer semestre, y fue tan bajo entre febrero y mayo que los datos sobre la CPUE correspondientes a aquellos meses carecen probablemente de sentido. La pesca mejoró en el tercer trimestre, y el esfuerzo aumentó marcadamente, pero volvió a disminuir al persistir el Niño y llegar el verano austral en el cuarto trimestre de 1987. Las CPUE de barrilete en 1986 fueron muy inferiores al promedio de 1965–1984, excepto en diciembre (Figura 25B), y durante enero de 1987 fue inferior la CPUE de barrilete a las de 1986. En agosto de 1987 la CPUE superó las cinco toneladas de barrilete por día de pesca, pero las CPUE fueron inferiores al promedio de 1965–1984 en los demás meses. Las CPUE de aleta amarilla fueron bajas en enero en ambos años (Figura 25C). Al aumentar el esfuerzo en junio, se comenzó a capturar más aleta amarilla, hecho indicado por el aumento marcado en las CPUE entre junio y agosto de 1986 y junio y julio de 1987. Por lo visto los aleta amarilla se trasladaron a la zona costera o se hicieron más vulnerables a la captura a mediados de 1986, antes de empezar El Niño, y de nuevo a mediados de 1987, al comenzar a atenuarse el evento. También se registraron en esta época CPUE de aleta amarilla elevadas al sureste de las Islas Galápagos. Durante el cuarto de trimestre de 1986, y de 1987 también, las CPUE de aleta amarilla descendieron de nuevo bajo el nivel medio de 1965–1984. La captura anual media de aleta amarilla y barrilete al sur de 5°N durante 1986 y 1987 fue 26.4% inferior a la captura anual media al sur de 5°N durante 1982–1983, época que correspondió al evento de El Niño más intenso del siglo. Resulta difícil comprender este período prolongado de capturas de atún muy pobres durante 1986 y 1987 al sur de 5°N. Es posible que a partir de 1985 la circulación débil del océano y de los vientos de superficie en el POT, junto con una reducción en el afloramiento, puedan haber reducido el enriquecimiento de los nutrientes, y la producción subsecuente de alimento.

INVESTIGACIONES ATUN-DELFIN

Tal como se señala en la página 149 del presente informe, las responsabilidades de la Comisión incluyen la investigación de los problemas que se derivan de la asociación entre atunes y delfines en el Océano Pacífico oriental.

Recolección de datos

El personal de la CIAT embarca técnicos científicos en cerqueros de aquellos países que pescan atunes asociados con delfines en el Pacífico oriental y que cooperan con sus programas. Estos técnicos obtienen datos sobre la mortalidad incidental de delfines, la abundancia de mamíferos marinos, y el esfuerzo de pesca. Se pretenden obtener muestras representativas de la totalidad de viajes y así minimizar la varianza de las estimaciones de abundancia y mortalidad de delfines. Cerqueros que navegan bajo banderas de Costa Rica, Ecuador, El Salvador, España, Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatú, y Venezuela llevaron técnicos de la CIAT en 1987. Los barcos estadounidenses llevaron además observadores del programa nacional de los Estados Unidos, administrado por el National Marine Fisheries Service (NMFS).

En 1987 los dos programas juntos cubrieron aproximadamente el 42% de los viajes de la flota internacional. La cobertura estimada de viajes en 1987 con lances sobre delfines fue un 48%, incluidos aquellos viajes que comenzaron en 1986 y terminaron en 1987, así como los que comenzaron en 1987 y terminaron en 1988. En la Tabla 16 se resume la cobertura de los viajes de la flota internacional con lances sobre delfines y tonelaje de atún capturado en esos lances. En total se muestrearon 214 viajes en 1987, 134 por la CIAT y 80 por el NMFS. Esta muestra representa un aumento de 77% sobre la de 1986 (121 viajes), aumento debido principalmente a una cobertura más intensiva de la flota estadounidense en 1987.

Al igual de 1986, en 1987 la selección de viajes a muestrear fue diferente para los barcos de Estados Unidos y para los de los otros países. A principios del año, el NMFS inició un programa de muestreo del 100% de los primeros viajes de barcos de bandera estadounidense, y del 50% de viajes subsecuentes, programa ideado para evaluar la metodología de la estimación de la mortalidad de los delfines y de los programas de muestreo, y para mejor evaluar la actuación de cada capitán. El NMFS llevaría a cabo el muestreo de los primeros viajes, y compartiría la cobertura al 50% subsecuente con la CIAT, pero en febrero se extendió la cobertura al 100% para el año entero, tarea que el NMFS y la CIAT dividirían por partes iguales. Algunos barcos habían ya comenzado sus segundos viajes antes de entrar en vigor la extensión del muestreo al 100%, y por consiguiente no hubo observador del NMFS ni técnico de la CIAT presente en aquellos viajes.

Los programas de la CIAT y el NMFS cubrieron aproximadamente el 96% de los viajes de la flota estadounidense en 1987. La cobertura estimada de los viajes de barcos estadounidenses que efectuaron lances sobre delfines en 1987, incluyendo los viajes iniciados en 1986 y que no terminaron hasta 1987, fue de aproximadamente 92% (Tabla 16).

En cuanto a las embarcaciones de otros países, clasificación que incluye una con bandera de EE.UU. fletado en Venezuela, el personal de la CIAT intentó mantener una cobertura del 33% de las partidas durante el año. Se exceptuó la flota cerquera de bandera ecuatoriana de este muestreo, ya que aquellos cerqueros ecuatorianos considerados como suficientemente grandes para pescar atunes asociados con delfines suelen lanzar casi exclusivamente sobre cardúmenes libres u objetos flotantes cerca del litoral, y por lo tanto no se les ha muestreado con la misma frecuencia que los cerqueros de otras banderas que se basan en el Ecuador y que suelen pescar a mayor distancia de la costa.

Los programas de la CIAT y el NMFS cubrieron una muestra de aproximadamente el 23% de los viajes de la flota no estadounidense en 1987. La cobertura estimada de los viajes de barcos no estadounidenses que efectuaron lances sobre delfines en 1987, incluyendo los viajes iniciados en 1986 y que no terminaron hasta 1987, fue de aproximadamente 28% (Tabla 16).

Entrenamiento de técnicos

En 1987 se llevaron a cabo cinco cursos para entrenar técnicos científicos en la recolección de datos sobre delfines a bordo de barcos cerqueros. Tres de estos eran para nuevos técnicos del NMFS: se complementó el entrenamiento que recibieron del NMFS con instrucción sobre los procedimientos

de la CIAT sobre la recolección de datos y la estimación del tamaño de las manadas de mamíferos marinos. Estos cursos tuvieron lugar en San Diego, del 4 al 10 de marzo y del 27 de mayo al 2 de junio, y en La Jolla, del 17 al 21 de agosto.

Se organizaron dos cursos para técnicos mexicanos, uno en la Ciudad de México, del 9 al 20 de marzo, y el otro en Ensenada, del 23 al 30 de noviembre. Se les dió a los participantes instrucción sobre la identificación de mamíferos marinos y túnidos, los requerimientos y procedimientos de la recolección de datos, la estimación del tamaño de las manadas de mamíferos marinos, las artes y operaciones de la pesca atunera, y el protocolo y la seguridad a bordo de los barcos.

Programa de artes de pesca

Los esfuerzos para reducir la mortalidad de los delfines en las redes de cerco atuneras siguen siendo una parte importante del programa atún-delfín. Algunos proyectos, tal como el uso de balsas ancladas en el mar para atraer atunes grandes, fracasaron, mientras que otros, tal como los sistemas de iluminación desarrollados para reducir la mortalidad de delfines en retrocesos efectuados a oscuras, han logrado su objetivo. Ahora es obligatorio para los barcos estadounidenses utilizar reflectores de alta intensidad durante retrocesos nocturnos, y muchas embarcaciones de otras banderas también los usan. La CIAT posee algunos de estos reflectores, y los presta a barcos que todavía no disponen de ellos. En 1987 se prestaron 12 de ellos a varias embarcaciones.

El personal participó en cuatro alineaciones de paños de seguridad durante 1987, dos en barcos mexicanos, uno en un barco vanuatuense, y el otro en un barco venezolano. El objetivo de este procedimiento es alinear el paño de seguridad en el canal de retroceso de tal manera que permita la liberación de delfines más eficaz posible, y ésto se efectúa mediante un lance de prueba en aguas locales.

Mortalidad incidental de los delfines

Los datos recolectados por los técnicos científicos de la CIAT y los observadores del NMFS se usan para varios fines, entre ellos el cálculo de estimaciones de la mortalidad incidental de delfines. El número récord de viajes de los cuales se obtuvieron datos en 1987 permite considerar estratificaciones adicionales para mejorar las estimaciones. En 1984, una revisión de los datos disponibles para el período 1979–1983 indicó que se debían estratificar los datos por la especie o stock en cuestión y la ubicación de los lances, para así poder tratar mejor las heterogeneidades principales observadas. El entonces tamaño de la muestra no permitía tratar otras fuentes posibles de heterogeneidad. La selección de diseños de muestreo que eliminarían algunos sesgos posibles permitía tratar algunas de estas fuentes, como por ejemplo la bandera o capacidad del barco. El objetivo es lograr un nivel de muestreo que sirve para el procedimiento de estimación y que está bien repartido entre las varias flotas y clases de acarreo. En los últimos años se han logrado avances considerables hacia este objetivo, pero la decisión tomada en 1987 por el NMFS de aumentar la cobertura de barcos de bandera estadounidense al 100%, para así poder evaluar el muestreo y obtener más datos sobre la actuación de los capitanes, resultó en un nivel de cobertura de viajes de barcos estadounidenses mucho más elevado que aquel de las demás flotas. Esto causaría resultados sesgados si las actuaciones de las distintas flotas diferieran entre sí, y por lo tanto se decidió estratificar los datos de 1987 también por bandera. Por consiguiente se calculan las estimaciones de la mortalidad sumando las estimaciones de las flotas estadounidenses y no estadounidenses, y no a partir de los datos combinados.

La mortalidad de 1987 se calculó también por stock, haciendo así la información más útil para la administración; en años anteriores se reconocían solamente algunos de los stocks en las estimaciones. Se introdujeron dos más modificaciones en 1987, para hacer la base de datos más compatible con los reglamentos de los varios países que participan en la pesquería. En primer lugar,

las cifras sobre mortalidad por tonelada y tonelaje de atún capturado sobre delfines se refieren únicamente al aleta amarilla. Anteriormente se incluían todas las especies de atunes, entre ellas el barrilete, pero ya que éstas forman generalmente tan sólo una pequeña proporción de la captura total en lances sobre delfines, el cambio no fue muy significativo. En segundo lugar, se muestran e incluyen en las estimaciones solamente barcos de capacidad mayor a las 400 toneladas; en muchos de los viajes observados de barcos de capacidad menor (11 en 1987) no se efectuaron lances sobre delfines, y se obtienen más datos si se limita el muestreo a los barcos de mayor capacidad. Se propone revisar las estimaciones previas, incorporando estos cambios en todo caso posible, produciendo así una serie consistente de estimaciones que concuerden con los parámetros establecidos por los reglamentos que rigen esta pesquería.

En la Tabla 17 se presentan los resultados para 1987. En 1987 se efectuaron más lances sobre delfines que en cualquier año anterior. Los 12,500 lances estimados representan un aumento de casi 25% sobre los 10,500 de 1986. Sin embargo, la mortalidad en 1987 fue inferior a la de 1986: 98,383 delfines muertos (129,459 en 1986) calculado a partir de mortalidad por lance, y 111,933 (124,597 en 1986) calculado a partir de mortalidad por tonelada. La mortalidad por lance se redujo considerablemente (8.2 en 1987 contra 12.3 en 1986), mientras que la mortalidad por tonelada disminuyó en un 5% (0.575 en 1987 contra 0.610 en 1986). Algunos de los factores que contribuyeron a esta reducción son:

1. Capturas medias de atunes en lances sobre delfines en 1987 (16.13 toneladas) inferiores a las de 1986 (20.75 toneladas).
2. Duración media de los lances en 1987 (2.77 horas) inferior a la de 1986 (2.97 horas).
3. Proporción de lances sobre delfines comunes (5.2%) inferior a la de 1986 (7.2%).
4. Proporción de lances nocturnos en 1987 (11.0%) inferior a la de 1986 (12.5%).
5. Proporción de lances sin mortalidad alguna en 1987 (45.7%) mayor a la de 1986 (38.1%). Además, la proporción de lances con mortalidad muy elevada (>50 animales) disminuyó del 5.7% al 3.2%.
6. Cantidad de delfines que permanecieron en la red después del retroceso en 1987 inferior a la de 1986 (4.1 contra 5.2 en lances diurnos, 6.9 contra 12.8 en lances nocturnos).
7. Tamaño de las manadas rodeadas en 1987 (407 animales) inferior al de 1986 (483 animales).

Estimación de la abundancia de los delfines

Durante 1987 se prosiguió la tarea de estimar la abundancia de los varios stocks de delfines involucrados en la pesquería del atún. Se han explicado los métodos en Informes Anuales anteriores, y por lo tanto se presenta aquí tan sólo un breve resumen, destacando los acontecimientos más recientes.

Se estima la abundancia a partir de información sobre los avistamientos y el esfuerzo de búsqueda recopilada por técnicos científicos de la CIAT y del NMFS a bordo de barcos atuneros. Se utiliza el método de transectos lineales para obtener estimaciones de la abundancia de estos datos. El método de transectos lineales es teóricamente bien simple, pero surgen muchos problemas al aplicarlo, y es necesario dedicar mucho tiempo y esfuerzo a su resolución, meta no siempre posible de lograr. A continuación se describen algunos de los problemas que se han tenido que tratar.

Ya que ni los delfines ni el esfuerzo de pesca se encuentran distribuidos de manera uniforme en el Océano Pacífico oriental, se estratificó éste en regiones geográficas, cada una de las cuales representaba aproximadamente la extensión del stock en cuestión. Si se dispone de suficientes datos dentro de una región, se lleva a cabo una estratificación adicional. Se calcula una tasa de encuentro suavizada para cada cuadrángulo de 1°, y entonces se combinan en los mismos estratos los cuadrángulos con estimaciones similares. Dentro de cada estrato la distribución de las manadas de

delfines es más o menos uniforme, lo cual permite suponer una distribución aleatoria de las manadas dentro del estrato. Idealmente se efectuaría una estratificación adicional, para separar los datos por temporada o por método de pesca, por ejemplo. Para la mayoría de los stocks se carece de suficientes datos para permitir un tal procedimiento, pero se cree que los factores de estratificación más importantes son aquellos ideados para compensar por los efectos de una búsqueda no aleatoria. Todavía pueden surgir algunos problemas; por ejemplo, si ocurren concentraciones locales de manadas, y los pescadores logran localizarlas, se sobreestimarán la densidad.

Los avistamientos por los helicópteros resultan de un procedimiento de búsqueda muy diferente. El helicóptero no sigue la línea de derrota del barco, y si se examinan las distancias perpendiculares desde la línea de derrota de los avistamientos efectuados por el helicóptero, se descubre que el hombro de la curva de detección se extiende muchas millas más allá de la línea de derrota. No se pueden pasar por alto estos avistamientos, ya que es imposible saber cuáles manadas hubieran sido detectadas por el barco si el helicóptero no las hubiera descubierto primero, y por lo tanto se combinan los avistamientos del helicóptero y de la tripulación. En este enfoque se considera al helicóptero como un mecanismo para incrementar la probabilidad de detectar una manada lejos de la línea de derrota. Ya que se truncan las distancias perpendiculares a 5 millas náuticas (mn), distancia a la cual es probable que las manadas sean detectadas desde el barco sin la ayuda del helicóptero, las pocas manadas adicionales que quedarían sin detectar si no se empleara ayuda aérea ejercen poco efecto sobre los análisis. Los análisis de los datos suelen confirmar ésto: en 1970 casi no se usaban helicópteros, mientras que en 1986 la mayoría de los barcos los empleaban, pero no es posible detectar una tendencia en las estimaciones del ancho efectivo de la banda.

En condiciones poco propicias para los avistamientos, son de esperar tasas de encuentro más bajas y anchos efectivos de la banda menores. Los análisis indican que la tasa de encuentro se reduce al incluir datos recolectados cuando la velocidad del viento era mayor al grado 3 en la escala de Beaufort (7 a 10 nudos), pero no se detecta ningún efecto del viento sobre el ancho efectivo de la banda. Ya que se subestimaría la densidad si se utilizaran todos los datos, se excluyen de los análisis los datos de avistamientos y esfuerzo de búsqueda recolectados cuando la velocidad del viento era mayor al grado 3 de Beaufort.

Durante la mayoría de los días de un viaje pesquero ocurren períodos cuando el barco está buscando pero el observador no está de turno, durante el almuerzo, por ejemplo, o cuando está tomando muestras. La tripulación no informa siempre al observador de los avistamientos efectuados durante estos períodos, y el uso de los datos correspondientes reduciría la tasa de encuentro. Para evitar los sesgos negativos que resultarían en las estimaciones de la densidad, se descartan estos datos.

Para poder estimar con precisión la distancia perpendicular de una manada de la línea de derrota, es necesario que el observador registre con exactitud la distancia y el ángulo del avistamiento antes de que la manada reaccione a la presencia del barco. Desgraciadamente, a veces no se registran estos datos antes de girar el barco hacia la manada, lo cual resulta en un ángulo medio de avistamiento para el viaje menor del esperado. Un ángulo medio de avistamiento pequeño sugiere que no se informó al observador de la presencia de la manada inmediatamente al avistarla, o si no que el observador no registró con precisión el ángulo y la distancia. Al cabo de un análisis de los datos se decidió descartar los datos de aquellos viajes con un ángulo medio de avistamiento menor de 20°.

Tampoco se utilizan datos sobre manadas avistadas primero por el observador, ya que es probable que dichas manadas ya hayan reaccionado a la presencia del barco al ser avistadas. La supresión de estos datos resulta en una subestimación de la densidad de las manadas, pero el efecto es mínimo para los stocks de interés.

Si las estimaciones de las distancias y los ángulos son insesgadas, es poco probable que los errores de medición causen dificultades serias, excepto si el ángulo registrado es cero. Se suele

redondear ángulos pequeños a cero, lo cual crea una proporción artificialmente alta de distancias perpendiculares igual a cero. Se aplica una técnica de "extendido" para reducir tal efecto.

La estimación del tamaño de las manadas es una parte importante del procedimiento general de estimación. Se han calculado factores de ajuste basados en los avistamientos realizados en las mejores condiciones, y se aplican a aquellos avistamientos para los cuales se dispone solamente de estimaciones menos confiables. Pueden surgir sesgos en el tamaño medio de las manadas si la probabilidad de detección disminuye con el tamaño de la manada. Se descubrieron pocos casos de cambios en el tamaño de la manada con distancia a menos de 5mn de la línea de derrota, y por lo tanto se seleccionó esta distancia como punto de truncamiento para la estimación del tamaño medio de la manada y del ancho efectivo de la banda.

Se consideraron modelos de serie de Fourier, de serie de polinomios de Hermite, y de tasa de riesgo para las estimaciones por transecto lineal de la abundancia de los delfines, a base de los buenos resultados obtenidos con ellos en estudios simulados. Sin embargo, los modelos de serie (Fourier y polinomio de Hermite) no funcionaron siempre bien con los datos verdaderos, y por lo tanto se utilizó el modelo de tasa de riesgo.

No se satisfacen las conjecturas necesarias para obtener varianzas insesgadas por medio de métodos analíticos, y consecuentemente se calcularon varianzas de "bootstrap", designando a cada viaje de un barco como unidad de muestreo.

Se está actualmente intentando mejorar los procedimientos de estimación de la abundancia de los delfines. Si es posible estimar, para un punto aleatorio en cada región, la tasa de encuentro esperada, el ancho efectivo de la banda, y el tamaño media de la manada (que no será el tamaño medio de todas las manadas en la zona, ya que corresponde a un punto aleatorio, y no a una manada aleatoria), se podrían combinar estas estimaciones para así obtener una estimación de la abundancia. El uso de varianzas de "bootstrap" supera el problema de las correlaciones entre los componentes, especialmente entre la tasa de encuentro y el ancho efectivo de la banda. Se puede utilizar la estratificación de "tasa de encuentro" arriba descrita para obtener una estimación de la tasa de encuentro esperada, y una estratificación por tamaño de manada debería proporcionar una estimación relativamente insesgada del tamaño esperado de la manada en un punto aleatorio. Se estima el ancho efectivo de la banda para cada año, usando variables tal como la velocidad media del viento, la temperatura media, el porcentaje de lances efectuados sobre delfines, etc., por cuadrángulos de 1°, suavizados de forma parecida a la que se usó para las tasas de encuentro. Puede que una ordenación haga entonces posible la combinación de los datos de cuadrángulos "similares", que entonces proporcionarán la estratificación. Se espera que este enfoque mejore la confiabilidad de los procedimientos para la estimación de la abundancia relativa, ya que toma en cuenta la variabilidad geográfica del tamaño de la manada y los efectos de factores tal como la velocidad del viento, la temperatura, el método de pesca, etc., sobre el ancho efectivo de la banda.

Atunes, objetos flotantes, y delfines

En 1987 se inició un proyecto de estudio de las asociaciones entre atunes y delfines y atunes y objetos flotantes. Se distribuyó un nuevo formulario a los observadores responsables de la recolección de datos, en el cual se registra información sobre la distribución y características de objetos flotantes. En el nuevo formulario, titulado *Registro de Información sobre Objetos Flotantes*, se apuntan los siguientes detalles acerca de objetos flotantes avistados durante el crucero: la fecha, posición, y hora del avistamiento; condiciones oceánicas (turbiedad, corrientes, temperatura) y metereológicas (nubosidad, índice de Beaufort); descripción del objeto flotante (tipo, forma, dimensiones); flora y fauna asociadas con el objeto; y, si se efectuó un lance, el tonelaje de cada especie capturado y los rangos de peso de los peces individuales. Se está comenzando a recibir esta información, junto con dibujos de los objetos flotantes, y se diseñará una base de datos correspondiente. Fue evidente de los primeros informes que se recibieron que se obtendrá una

abundancia de información sobre cómo derivan los objetos flotantes y sobre las operaciones pesqueras que se realizan sobre ellos. Como ejemplo, se presentan en la Figura 26 dos casos en los que se lanzó repetidamente para atunes sobre un objeto flotante durante períodos varios días. Las capturas obtenidas en días consecutivos indican que los peces bajo el objeto flotante se renovan constantemente.

La mayoría de los objetos flotantes de origen natural parecen entrar en los océanos por las desembocaduras de los ríos tropicales. Las configuraciones de sus derivas son importantes, ya que es posible que los atunes los usen como indicadores de la presencia de aguas productivas. Para obtener mayor información sobre estas derivas, se decidió marcar algunos objetos flotantes, y pedir a las tripulaciones de los barcos que navegan en las zonas de mercado que registraran varios datos al avistar dichas marcas. Las primeras operaciones de marcado se llevaron a cabo en el litoral Pacífico de Colombia, entre Tumaco y Bahía Solano, y cerca de la desembocadura del río Guayas, en el Ecuador. En ambas zonas existe una pesquería importante sobre objetos flotantes, y figuran probablemente entre los más importantes puntos de entrada de objetos flotantes al océano.

La CIAT fletó el barco de carnada colombiano *Santa Catalina II*, del 25 de septiembre al 14 de octubre, para marcar objetos flotantes y atunes frente al litoral Pacífico de Colombia. Esta es la temporada de lluvias en Colombia, y los ríos del país llevan muchos desperdicios al océano. Antes del crucero se sobrevoló el litoral en una avioneta, en busca de concentraciones de objetos flotantes: se encontraron éstos frente a Buenaventura, Cabo Corrientes, y Bahía Solano. Se realizó la mayoría del marcaje en esa zona, de 5 a 20 millas de la costa.

En total se marcaron 249 objetos flotantes, la mayoría grandes pedazos de árboles, con cuadrados flotantes de plástico PVC numerados, de 61 x 61 x 0.5cm. Se sujetaron éstos al objeto con un cable de acero inoxidable revestido de vinilo. Se sujetaron además dos marcas de plástico más pequeñas, de 7.5 x 15cm, directamente al objeto. Para mejorar la probabilidad de que fueran avistados los objetos marcados, se sujetaron tiras de plástico reflectante a aquellas ramas que flotaban por encima de la superficie del agua. Un 20% de los objetos marcados mostraban señas de actividad humana, en forma de marcas de hacha, machete, o aserradero; en los demás no se vieron marcas de origen humano, y es probable que hayan llegado al océano sin la intervención del hombre.

Se avisó a las embarcaciones (Figura 27), tanto las pesqueras como las no pesqueras, del proyecto, y se pidió a las tripulaciones registrar en sus bitácoras todo avistamiento de los objetos flotantes, junto con detalles sobre atunes vistos o capturados en las inmediaciones del objeto. Hasta el 31 de diciembre no se había registrado ninguna observación de un objeto flotante marcado.

Otro objetivo del crucero fue marcar atunes asociados con los objetos flotantes marcados. No se realizó este objetivo, ya que no se encontró ningún atún durante el crucero.

Se agradece a los Dres. Orlando Mora y Rafael Negret, del Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente (INDERENA), Bogotá (Colombia), su valiosa asistencia al programa.

Se propone realizar un crucero con propósitos similares en el Golfo de Guayaquil en 1988.

Cursos sobre mamíferos marinos

Los objetivos principales del programa atún-delfín son evaluar el efecto de la pesquería sobre los delfines y reducir la mortalidad causada por la pesca. La metodología científica para el estudio de los delfines desarrollada por la Comisión, y la experiencia lograda por el personal en este tipo de trabajo, se pueden aplicar a muchos aspectos del estudio de los mamíferos marinos en general. La diseminación de estos conocimientos y esta experiencia entre los científicos de las naciones de la región ayudará a desarrollar una más amplia capacidad para el estudio de los mamíferos marinos, especialmente los delfines, y del impacto de la actividad humana sobre ellos. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) suscribe también a este credo, y ha contribuido ayuda financiera a la Comisión para el entrenamiento técnico de científicos en América Latina.

Tres miembros del personal de la CIAT, Dres. Stephen T. Buckland y Martin A. Hall y Lic. Alejandro Anganuzzi, y tres instructores de la Universidad de Washington, Miguel Pascual, Ana Parma, y Silvia Vega, dirigieron un curso titulado "Estimación de la Abundancia de los Mamíferos Marinos" en La Paz, Baja California, México, del 3 al 15 de agosto de 1987. El curso fue organizado por la CIAT, junto con la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y la Sociedad Mexicana para el Estudio de los Mamíferos Marinos (SOMEMMA). Lic. Anganuzzi coordinó las actividades. El programa fue muy similar al que se llevó a cabo en Cabo Polonio, Uruguay, descrito más adelante. Los siguientes estudiantes asistieron al curso:

Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California (UABC),
 Ensenada—Antonio Almanza, Horacio de Anda, Arturo Sandoval
 Escuela Superior de Ciencias, UABC, Ensenada—Gorgonio Ruiz
 Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada—Bruno Castreza, Gabriela Montaño, Angélica Ramírez
 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Ensenada—Ana María Padilla
 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Sede Guaymas—Gerardo Alvarez, Ana Luisa Figueroa, Jesús Maldonado, Daniel Revilla, Robert de la Rosa
 Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F.—Juan Pablo Gallo Reynoso
 Laboratorio de Vertebrados, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.—Carlos Alvarez, Luis Bourillon, Benjamín Morales, Mario Salinas
 Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP), La Paz—Sergio Flores, Arturo López García, Esperanza Michel, Manuel Olguín, Jorge Ramírez
 CRIP, Ensenada—José Ramón González, José González Avilés, Amado Villaseñor
 Área de Ciencias del Mar, UABCS, La Paz—Gerardo Aceves, Oscar Arizpe, Roberto Carmona, Juan Gabriel Díaz, John Elorduy, Alejandro Hinojosa, Eduardo Palacios, Silvia Ramírez, Sergio Ruiz, Jorge Urbán
 Centro de Investigaciones Biológicas, La Paz—Tania Zenteno
 Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz—Francisco Alejandres, Ofelia García, Carlos Gómez, Casimiro Quiñones, Mauricio Ramírez, Arturo Tripp
 Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida—Lorenzo Rojas
 Instituto Nicaragüense de la Pesca, Managua, Nicaragua—Rodolfo Sánchez
 IATTC, Ensenada—Ernesto Altamirano

El personal de la CIAT desea reconocer la cooperación y el apoyo proporcionado por el Dr. H. Ceseña Montaño, Director de la UABCS, M.S. Jesús Druck y Dr. Juan Guzmán Póo de la sección de Ciencias Marinas de la Universidad, y Almirante G. López Lira y Lic. C. de Alba, presidentes previo y actual de SOMEMMA.

Durante 1987 se celebraron en Sudamérica dos cursos más sobre mamíferos marinos, organizados por la CIAT y las organizaciones locales participantes, y subvencionadas por el PNUMA. Los cursos estaban dirigidos a científicos y estudiantes posgraduados que trabajan con mamíferos marinos en la Argentina, Brasil, y Uruguay. Se presenta a continuación una descripción de los cursos:

Curso 1: Biología y Ecología de Mamíferos Marinos

Sede: Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Ushuaia, República Argentina.

Fecha: 9 al 20 de noviembre, 1987 (inclusive un viaje de campo a la Península Valdés el 19 y 20 de noviembre)

Coordinadores: Lic. Alejandro Anganuzzi y Michael Scott (CIAT)

Instructores: Michael Scott (CIAT), Dr. Alex Aguilar (Universidad de Barcelona), Aleta Hohn y Dr. William Perrin (NMFS, EE.UU.), Carolyn Heath (University of California at Santa Cruz), Ing. Omar Vidal (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Sede Guaymas)

Programa:

Introducción a los mamíferos marinos: características generales de los cetáceos, los pinnípedos, y los sirenios.

Técnicas de laboratorio para el estudio de mamíferos marinos:

Disección de cetáceos y pinnípedos;

Recolección y conservación de especímenes;

Biología reproductora: anatomía, fisiología, y análisis.

Estimación de la edad: preparación de dientes de pinnípedos y delfines y de tapones auditivos de ballenas; análisis e interpretación.

Técnicas de campo para mamíferos marinos:

Procedimientos en caso de varamiento;

Procedimientos en caso de capturas incidentales;

Usos de la fotoidentificación;

Estudios de marcado: técnicas para estudiar desplazamientos, comportamiento, estructura social, reproducción;

Sistemas de rastreo: radio, sonar, y satélite;

Observaciones del comportamiento en el mar y en colonias;

Fotogrametría y acústica.

Conservación y administración de mamíferos marinos:

Interacciones de las pesquerías;

Organismos internacionales de investigación y administración.

Curso 2: Estimación de la Abundancia de Mamíferos Marinos

Sede: Industria Lobera y Pesquera del Estado (ILPE), Cabo Polonio, Uruguay

Fecha: 23 de noviembre al 5 de diciembre, 1987

Coordinadores: Dres. Martín Hall (CIAT) y Isaías Ximénez (ILPE)

Instructores: Lic. Alejandro Anganuzzi, Dres. Steven Buckland y Martín Hall (CIAT), Lic. Ana Parma (University of Washington), Dra. Anne York (NMFS, EE.UU.)

Programa:

Problemas en la conservación y administración de los mamíferos marinos.

La interacción con el hombre: pesca directa y capturas incidentales.

Modelos para la administración de los mamíferos marinos: rendimiento máximo sostenible, variaciones, suposiciones, deficiencias, y los resultados de su uso.

El monitoreo de los mamíferos marinos como método alternativo para el modelaje de la administración y conservación.

¿Qué es estimación? Sesgo, precisión, abundancia absoluta y relativa, tendencias.

Diseño de muestreo para poblaciones de mamíferos marinos.

Estimación de varianzas: métodos analíticos y no paramétricos.

Métodos para estimar la abundancia:

Transectos lineales y por bandas: modelos y suposiciones;

Reconocimientos: terrestres, aéreos, y marinos; diseño y comparación;

Conteos: problemas prácticos y limitaciones;

Estudios de marcado y recaptura: suposiciones, modelos (poblaciones abiertas y cerradas);

Métodos de captura por unidad de esfuerzo: Leslie y DeLury, y el uso de marcas y fotoidentificación como métodos de “captura”;
 Métodos de cambio de proporciones: Kelker, Chapman, y Paulik-Robson;
 El uso de la simulación para evaluar el sesgo y la precisión de los métodos.
 Estimación de la mortalidad incidental.
 La utilidad del modelado de sistemas en la administración de recursos: simulando el comportamiento de sistemas dinámicos.

Estudiantes (ambos cursos):

ILPE—Luis Mario Batalles, Mauricio Lima, Alejandro Malek, Enrique Páez, Alberto Ponce de León
 Instituto Nacional de Pesca, Uruguay—Omar Defeo, Oscar Pin
 Museo Argentino de Ciencias Naturales—Luis Capozzo
 Universidad Nacional de Buenos Aires—Javier Corcuera, Guillermo Díaz, Marcela Klein, Florencia Monzón, Graciela Pérez Macri, Sandra Vivequín
 Universidad Nacional de La Plata, Argentina—Mario Cozzuol, María Pía Heras
 Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Argentina—Ana Roux
 CADIC—Margarita Godoy, Patricia Hansen, Adrián Schiavini
 Centro Nacional Patagónico, Argentina—Enrique Crespo, Alejandro Purgue
 Fundação Universidade do Rio Grande, Brasil—Fernando Rosas
 Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, Brasil—Lucienne Andrade, Barbara Fiori, Liliane Lodi, Claudio Nunes, Salvatore Siciliano
 Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas, Brasil—Elton Pinto Colares, Vera Da Silva
 Projeto Peixe-Boi Marinho, Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Forestal, Brasil—José Delgado

*Distribución y tamaño de las manadas del delfín *Tursiops**

Las diferencias en los tamaños de manadas de delfines costeros y pelágicos siempre han sido difíciles de estudiar, debido a los problemas logísticos del estudio de los delfines en alta mar. Hipótesis anteriores sugerían que la combinación de una dispersión más irregular de la presa y una intensa presión de predación resultaría en la formación de grupos de mayor tamaño, logrando así mejor protección y búsqueda de alimento más eficaz. En el caso de una especie que vive en varios ambientes diferentes, sería de esperar que las manadas aumentaran de tamaño a medida que aumenta la distancia al litoral.

Miembros del personal de la CIAT y del NMFS intentaron comprobar esta hipótesis en el caso del delfín *Tursiops truncatus*, especie particularmente adecuada para un tal estudio, ya que su hábitat se extiende de las caletas costeras a alta mar. No se ve muy afectado por la pesca cerquera del atún, y por consiguiente la pesca no afecta el tamaño de las manadas, a diferencia de otras especies. Se dispone además de datos comparativos procedentes de estudios de poblaciones costeras de *Tursiops truncatus* en otras áreas, y se pueden buscar similitudes entre esta especie y otros delfines de la región, por ejemplo los delfines manchados y tornillos, *Stenella*, y los delfines comunes, *Delphinus*.

Se usaron dos fuentes de datos de avistamientos en este estudio. La mayoría proviene de observaciones hechas por técnicos científicos de la CIAT y el NMFS durante 1,018 cruceros a bordo de cerqueros atuneros entre 1971 y mediados de 1986. Datos adicionales provienen de avistamientos hechos durante 24 cruceros de investigación realizados por el NMFS entre 1974 y 1985. Se incluyeron los avistamientos hechos entre 35°N y 20°S, y entre el litoral del continente americano y 160°W.

Distribución

Tursiops truncatus se ve ampliamente distribuido en las aguas de alta mar del Océano Pacífico oriental (Figura 28). Es probable que no estén suficientemente representadas las poblaciones costeras, debido al carácter pelágico de la pesquería. La zona habitada por *Tursiops* se ve rodeada por una zona donde se avista muy poco, a pesar de un esfuerzo de búsqueda al menos moderado (Figura 29), lo cual sugiere que es probable que sean muy poco frecuentes los avistamientos de *Tursiops* pelágicos fuera de la zona de búsqueda.

Tamaño de la manada

El tamaño mediano de las manadas de *Tursiops* en el Pacífico oriental es 10 animales (promedio = 57), aunque se ha estimado que algunas manadas contienen hasta 10,000 (Figura 30). Sin embargo, las estimaciones de tamaño de manada contienen posibles sesgos. Es posible que se haya subestimado la cantidad de manadas pequeñas, especialmente en el caso de avistamientos efectuados desde barcos atuneros; las manadas pequeñas son más difíciles de avistar que las grandes, y los pescadores buscan preferentemente las grandes, ya que se creen estar asociadas con los mayores cardúmenes de atunes aleta amarilla. Sin embargo, es posible que este sesgo se vea compensado por la tendencia de los *Tursiops* de acercarse a los barcos y nadar en la ola de proa o de popa.

Se estratificaron los avistamientos en las zonas siguientes, para así investigar el efecto de distancia de la costa sobre el tamaño de la manada: 1) *zona costera*—cuadrángulos de 1° que contienen porciones de la costa; 2) *zona cerca de la costa*—cuadrángulos de 1° adyacentes a los cuadrángulos costeros; 3) *zonas de isla*—cuadrángulos de 1° que contienen islas de altamar; 4) *zona de mar afuera*—las zonas restantes al este de 128°W y al norte de 18°N o al este de 120°W y al sur de 18°N; y 5) *zona de extremo occidental*—la zona al oeste de 120°W y al sur de 18°N (Figura 31). Se utilizó esta estratificación algo arbitraria para clasificar las zonas según su distancia de la costa y al mismo tiempo incluir fenómenos fisiográficos del océano y aspectos de la distribución de los delfines. La zona costera corresponde más o menos a las aguas de profundidad de 1,000 brazas o menos, mientras que la zona cerca de la costa cubre la franja de aguas pelágicas generalmente justo mar afuera del contorno de 1,000 brazas. Se separaron las zonas de isla de las zonas de mar afuera que las rodean. La zona de extremo occidente es la más alejada de la costa, y se separa de la zona de mar afuera por un hiato aparente en la distribución del *Tursiops*, hiato no limitado a esta especie en la región.

Se descubrieron diferencias significativas en los tamaños de las manadas de *Tursiops* entre las varias zonas. El tamaño medio de las manadas es mayor en las primeras tres zonas, pero no se ve tan clara esta tendencia en los tamaños medianos de las manadas (Tabla 18). Se prefiere el uso del tamaño mediano en este estudio al del tamaño medio, a causa de la distribución altamente asimétrica de los tamaños de las manadas pelágicas; la presencia de unas pocas manadas de gran tamaño puede inflar enormemente el tamaño medio. El promedio representa mejor las mayores porcentajes de manadas grandes en las zonas costeras y de isla, mientras que la mediana describe mejor una manada "típica".

Conclusiones

Los datos no apoyaron la hipótesis que los grupos pelágicos serían mayores que los del litoral. El tamaño medio de las manadas de *Tursiops* pelágicos en el Pacífico oriental es bastante mayor que el de las poblaciones litorales, que viven en caletas y cerca de las playas, pero no se descubrió una tendencia aumentativa en tamaño de la manada con distancia de la costa. La gran mayoría de las manadas pelágicas no superan a las litorales en tamaño, y el tamaño mediano de las manadas

pelágicas (10) cae dentro de la gama de tamaños de manada típicos de las poblaciones litorales, y no varió mucho entre las varias zonas definidas en este estudio. Sin embargo, los tamaños estimados de manadas de *Tursiops* en el Pacífico oriental (de 1 a 10,000 animales) cubren una gama mucho más amplia que cualquier otra población estudiada. Parece que las manadas pequeñas constituyen la regla en las aguas pelágicas del Pacífico oriental; lo que distingue las poblaciones pelágicas de las litorales es la ocurrencia ocasional de manadas pelágicas muy grandes, de hasta miles de animales.

SITUACION DE LOS STOCKS DE ATUN EN 1987 Y PERSPECTIVAS PARA 1988

El personal de la CIAT es responsable del monitoreo de las fluctuaciones en la abundancia de los túnidos tropicales del Océano Pacífico oriental, y de la evaluación de los efectos de la actividad humana y de los factores naturales sobre dicha abundancia. La información científica recopilada por los investigadores proporciona la base para las recomendaciones anuales sobre la administración de estas especies, y se presenta en los documentos fundamentales y de forma oral en las reuniones de la Comisión. La información se resume en este Informe Anual para difundirla al público en general.

ALETA AMARILLA

Se estimó la condición del atún aleta amarilla en el OPO por medio de modelos de producción y de estructura de edad, usando datos recolectados por el personal de la CIAT. Se resumirán los resultados, y a continuación se discutirá la condición del recurso en 1987 y las perspectivas para 1988.

Modelos con estructura de edades

Los modelos con estructura de edades utilizan datos sobre el reclutamiento y sobre el crecimiento y mortalidad de peces individuales. Las estimaciones de estos parámetros se obtienen mediante el análisis de datos sobre la distribución de frecuencia de longitud de los peces en la captura, complementados con datos de la devolución de marcas y otros datos. Desde 1954 los investigadores de la CIAT recopilan datos sobre la composición de tamaño de las capturas de aleta amarilla en el OPO, y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante el período 1951–1954.

Análisis de la biomasa

Los estudios de la biomasa con estructura de edades realizados por los investigadores de la Comisión han producido información sobre la abundancia y mortalidad de peces de clases anuales individuales de gran utilidad en la estimación del stock. En este tipo de análisis, el primer paso consiste en asignar a los peces capturados a una cierta cohorte. (Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo: por ejemplo, la cohorte X68 ingresó inicialmente a la pesquería en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1968, y contribuyó a ella de forma significativa por primera vez durante el segundo semestre de ese año; la cohorte Y68 ingresó a la pesquería por primera vez en pequeñas cantidades en el segundo semestre de 1967, contribuyendo substancialmente a la pesquería por primera vez en el primer semestre de 1968.) Se ha estimado que, en promedio, la cantidad de reclutas que ingresan a las cohortes X e Y es aproximadamente igual (Tabla 19). A continuación se estima la cantidad de peces en cada cohorte en el momento del reclutamiento y luego a diversos intervalos posteriores; se estima también la cantidad de peces que

son capturados y que mueren durante cada intervalo. Para calcular las estimaciones de la biomasa se convierten estas cantidades a su equivalencia en peso, con base en los datos del peso promedio de peces de diferentes tamaños. Para realizar estos cálculos se requiere información sobre la cantidad y peso promedio de los peces de cada cohorte en la captura, una estimación de la tasa de mortalidad natural (o estimaciones de una serie de tasas si la mortalidad natural no es constante en peces de distintas edades), y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca de por lo menos uno de los intervalos de captura de cada cohorte. Estas se denominan tasas "de comienzo" de la mortalidad por pesca. Todos estos cálculos se obtienen del análisis de las estadísticas de captura, y de los datos de la frecuencia de longitud y peso-longitud. Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada porque, a medida que envejecen los peces, se hace más y más difícil distinguir entre los de una cohorte y los de otras, y por consecuencia es probable que se asignan a menudo a cohortes incorrectas. Por lo tanto las estimaciones de las capturas de los peces de cada cohorte son menos precisas de lo deseable, y además las estimaciones de las tasas de mortalidad son algo imprecisas. Se estima la tasa anual instantánea de mortalidad natural en un 0.8, pero se sospecha que este índice varía con la edad, siendo mayor para los peces más jóvenes y menor para los más viejos. Además, la capturabilidad de los peces varía según la edad, zona, temporada, clima, etc., lo que crea interferencia y posiblemente también produce un sesgo en los cálculos.

Se han realizado análisis de la biomasa con estructura de edades para los años 1964 a 1987. En la Tabla 20 se presentan estimaciones trimestrales de la cantidad promedio de peces por grupo de edad desde 1968 hasta 1987, y en la Figura 32 estimaciones de las biomassas medias anuales de peces por grupo de edad de 1968 a 1987. Se estimaron diferentes tasas de comienzo de mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez las diferentes cohortes, con base en las fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Además, a fin de realizar comparaciones, se hicieron cálculos para todas las cohortes con tasas de comienzo más elevadas y más bajas que las tasas consideradas como las estimaciones más precisas.

En la Tabla 20 se presenta la magnitud promedio estimada de cada cohorte, expresada en número de peces. En el caso de la cohorte X68, por ejemplo, el promedio de peces de un año de edad durante el primer trimestre del año fue 24,724,000, y la población de esta cohorte alcanzó un promedio de 20.2, 16.4, y 13.2 millones de peces en el segundo, tercero, y cuarto trimestre de ese año, respectivamente (filas de 1968, columna I). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de edad de la misma cohorte fue de 10.4, 8.0, 6.3 y 5.1 millones de peces del primero al cuarto trimestre, respectivamente (filas de 1969, columna II), y así sucesivamente. El promedio del número de peces de 1, 2, 3, y 4 años de edad de las cuatro cohortes X (1968, 1967, 1966 y 1965) fue de 24.7, 8.3, 3.6, y 0.1 millones, respectivamente (primera fila de 1968), durante el primer trimestre de 1968. Se presentan los valores para las cohortes Y de igual forma, añadiendo la columna 0 para los peces más jóvenes, de los cuales se supone que no se captura ninguno antes del tercer trimestre del año. En la Tabla 20 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de mayor edad que no pueden ser asignados a cohortes; el tamaño de su población se estimó en forma indirecta a partir de los datos de captura y las estimaciones de la mortalidad de los peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a las cohortes X y la otra mitad a las cohortes Y.

En la Tabla 19 se presentan las estimaciones del número de reclutas de cada cohorte para el período 1967-1986 (es decir, la cantidad promedio de los trimestres iniciales). Los promedios anuales son casi idénticos: 26 millones en el caso de la cohorte Y y 24 millones en el caso de la cohorte X. La variabilidad de año a año es similar para la cohorte Y (3.6) y la cohorte X (2.3), y la de los datos combinados (2.9) cae entre las dos. El reclutamiento ha sido variable, pero el promedio del período 1977-1987 superó al de 1967-1976. No existe una tendencia evidente en el reclutamiento del período 1977-1987, pero parece haber sido menos variable en los últimos cinco años.

A continuación se presentan las estimaciones del peso promedio de los peces en cada trimestre, comenzando por el trimestre de su reclutamiento.

Peso promedio			Peso promedio			Peso promedio		
Trimestre	kg	lb	Trimestre	kg	lb	Trimestre	kg	lb
1	1.8	4.0	7	12.2	27.0	13	44.5	98.0
2	2.5	5.6	8	16.4	36.1	14	50.4	111.1
3	3.6	8.0	9	20.4	45.0	15	55.3	122.0
4	4.6	10.2	10	25.0	55.1	16	59.0	130.0
5	6.1	13.5	11	30.4	67.0	17	60.8	134.0
6	8.6	18.9	12	37.6	83.0	18	61.7	136.0
						19+	71.2	157.0

Estos valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 20 para obtener la estimación de la biomasa promedio anual (promedio del peso total durante cuatro trimestres) de cada cohorte. Estos datos se presentan en la Figura 32, en la cual es fácil ver la fuerza relativa de las diversas cohortes. Por ejemplo, las cohortes X83 y Y83 (líneas diagonales), ambas relativamente fuertes, no fueron explotadas de forma intensiva hasta 1985, en el cual año se encontraban en el grupo de edad 3 y gozaban de una biomasa elevada. En cambio, la cohorte Y73 sólo alcanzó un nivel normal, y después de ser sometida a una pesca intensiva en 1973, cuando eran del grupo de edad 1, su biomasa fue baja en los años siguientes.

En la Figura 33 se presentan las estimaciones promedio trimestrales y anuales de la biomasa correspondientes al período 1968–1987, para todos los peces de todas edades y para “peces grandes” (totalidad de peces de la cohorte Y presentes en la pesquería durante más de seis trimestres, y totalidad de peces de la cohorte X presentes en la pesquería durante más de ocho trimestres). No se presentan los datos correspondientes al período 1964–1967 puesto que la zona de pesca en el ARCAA continuaba extendiéndose en esa época y se subestimó por lo tanto la biomasa de las cohortes en esos años. El promedio de la biomasa total en el período 1968–1971 fue de unas 350 mil toneladas; una gran proporción de ésta estaba formada por peces más viejos, procedentes de los reclutamientos elevados de 1966 y 1967, que fueron poco explotados en su juventud. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento de la explotación durante el período 1969–1972, provocó una reducción de la biomasa de peces de todas edades en 1972 y 1973. La biomasa reducida de peces más viejos persistió hasta 1974, mientras que la abundancia de peces más pequeños aumentó en ese año a raíz de una generación extremadamente numerosa en 1974, la cual produjo la mayor parte del aumento en la biomasa de peces grandes a fines de 1975, todo 1976, y principios de 1977. En 1976 se logró una de las capturas más cuantiosas de aleta amarilla dentro del ARCAA, la cuarta en importancia en la historia de la pesquería. El reclutamiento de 1976 y 1977, que fue inferior al promedio, junto con la fuerte explotación de peces jóvenes entre 1973 y 1982, provocaron una reducción en la biomasa de peces jóvenes y viejos, alcanzando en 1982 el nivel más bajo observado. Aunque los reclutamientos de 1978 y 1979 fueron cuantiosos (el de 1978 sólo fue superado por el de 1974) la captura de peces de 1 y 2 años de edad fue tan elevada que impidió que estas generaciones contribuyeran mayormente a la pesca en 1981 y 1982. El reclutamiento fue normal en 1980, ligeramente superior al promedio en 1981 y 1983, inferior en 1982, y muy superior en 1984, 1985, y 1986. Los reclutamientos de 1984–1986 fueron no sólo elevados, sino que juntos produjeron el reclutamiento combinado más elevado jamás registrado (un 25% superior al promedio de tres años combinados en el período 1967–1987). La biomasa aumentó en 1983 (Figura 33), debido principalmente a la disminución del esfuerzo de pesca en ese año, y se incrementó considerablemente en 1984 y 1985 gracias al buen reclutamiento y a la reducción de la pesca de peces jóvenes. Los beneficios del reclutamiento de 1984 y 1985 se prolongaron hasta 1987, a pesar del gran

incremento en la captura. Las estimaciones preliminares indican que el reclutamiento de 1987 fue superior a lo normal.

En las Figuras 34 and 35 se presentan las capturas anuales (expresadas en toneladas cortas) de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante el período 1968–1987. En la Figura 34 cada recuadro incluye las capturas de peces de diferentes cohortes en el mismo año, mientras que en la Figura 35 cada recuadro incluye las capturas de peces de la misma cohorte en diferentes años.

Los cambios ocurridos en la composición por edades de la población y de la captura se ven bien claros si se comparan las Figuras 32 (estimaciones anuales de la biomasa de los grupos X e Y), 33 (estimaciones trimestrales de la biomasa total y de la biomasa de los peces grandes), y 34 y 35 (capturas anuales, clasificadas por edad y cohorte). En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era intenso, sobrevivían cada vez menos peces hasta alcanzar tamaños grandes, pero la reducción en el esfuerzo en 1982, 1983 y 1984 permitió el desarrollo de muchos peces que anteriormente hubieran sido capturados de jóvenes. A partir de los datos en la Tabla 20 se estimaron las contribuciones totales aportadas a la pesquería por cada cohorte X e Y durante el período 1968–1983 (Figura 35). Estas fluctúan de las 121,000 toneladas de la cohorte de 1970 a las 268 mil toneladas de la de 1974, con un promedio de 161,000 toneladas para los 16 grupos. De no haberse explotado la cohorte Y74 tan intensamente en su primer año de vida, las capturas correspondientes hubieran sido aún más elevadas. La división de las capturas de estas cohortes (1968–1983) por las estimaciones del reclutamiento correspondientes (los valores de la Tabla 19B ajustados a las cantidades iniciales) rinde estimaciones del rendimiento por recluta que oscilan entre 1.9 y 3.4kg (4.2 y 7.6 libras). El reclutamiento inicial varió entre 32 y 92 millones de peces, con un promedio de 54 millones, y el promedio del rendimiento por recluta fue de 2.7kg (5.9 libras).

Modelo de rendimiento por recluta

Además de los análisis de la biomasa con estructura de edades, se usa también el modelo de rendimiento por recluta. El crecimiento de los peces jóvenes es rápido, y por consiguiente el peso total de un grupo que alcanza la edad de captura simultáneamente (una cohorte) aumenta rápidamente, mientras que las pérdidas por mortalidad natural son leves. A medida que envejecen los peces, se reduce su tasa de crecimiento, mientras que la mortalidad natural permanece más o menos igual, y en consecuencia la disminución del peso total ocasionada por la mortalidad natural en ese período es superior al incremento por crecimiento, y el peso total sufre una pérdida neta. Eventualmente, la cohorte desaparece. La forma ideal de obtener el máximo rendimiento en peso de una cohorte de peces (suponiendo, para los fines de este estudio, que ese es el propósito de la administración de la especie) sería de capturar cada pez justo antes de su muerte por causas naturales, situación imposible de lograr. La mejor alternativa sería capturar a los peces cuando alcanzan la edad o tamaño en que la pérdida en el peso total ocasionada por la mortalidad natural compensa exactamente la ganancia debida al crecimiento (“edad crítica” o “tamaño crítico”). Esto es factible en el caso de ciertos moluscos, como las ostras y las almejas, que quedan expuestas por la marea baja y pueden ser capturadas fácilmente en ese momento. Si se vigila constantemente un banco de moluscos, y se recogen con frecuencia aquellos ejemplares que han alcanzado el tamaño crítico, se está ejerciendo un esfuerzo pesquero infinito sobre los organismos que han alcanzado dicho tamaño. Un tal proceder no es factible para la mayoría de las especies de peces.

Si tampoco es factible la segunda alternativa, entonces la intuición nos sugiere que la pesca debería comenzar por aquellos peces que aún no han alcanzado el tamaño crítico. Esta es la tercera alternativa, y es la única viable para la mayoría de las especies de peces. Se supone, por ahora, que la edad de ingreso (es decir, la edad de los peces más pequeños capturados) puede ser controlada eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es intenso, se seleccionaría una edad de ingreso sólo ligeramente

menor que la edad crítica, la mayoría de los peces capturados serían de tamaño y edad cercanos al crítico, y el rendimiento sería casi tan elevado como bajo la segunda alternativa. Si el esfuerzo de pesca es menos intenso, se seleccionaría una edad de ingreso mucho menor que la edad crítica, la gama de edades y tamaños de los peces capturados sería mayor, y el rendimiento sería considerablemente inferior al alcanzable bajo la segunda opción (pero continuaría representando el máximo posible sin incremento del esfuerzo).

Sin embargo, es posible que no se pueda controlar la edad de ingreso eficazmente. En tal caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control del esfuerzo. Si la edad de ingreso es superior a la edad crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si es inferior, la limitación del esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Cabe mencionar que es necesario permitir que algunos miembros de una cohorte se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturados. Si los peces desovan mucho antes de alcanzar la talla crítica, la población probablemente no se verá afectada; sin embargo, si el desove ocurre después de que los peces han alcanzado la talla crítica, y el esfuerzo de pesca es intenso, es posible que el número de reproductores se reduzca al grado de repercutir negativamente en el reclutamiento de años subsiguientes. En consecuencia, una estrategia de pesca orientada a lograr el máximo rendimiento por recluta no producirá necesariamente un rendimiento máximo. Si la forma de pescar influye en el reclutamiento futuro, el rendimiento máximo se logrará controlando la pesca para optimizar el tamaño de la cohorte y el rendimiento por recluta en forma simultánea: esta posibilidad se analizará en detalle más adelante. (No obstante, esto no significa que una leve reducción del número de reproductores disminuiría el reclutamiento en años subsiguientes, puesto que esta situación no parece presentarse en la mayoría de las especies de peces.) El modelo de rendimiento por recluta aquí descrito no considera la posibilidad de cambios en el reclutamiento, pero ésto sí forma parte de los modelos de producción, que se analizarán más adelante.

Cabe además señalar que un aumento en la densidad de una población de peces puede llevar a una reducción en el crecimiento de individuos o un aumento en la mortalidad natural. Por consiguiente, es posible que la pérdida por captura de algunos peces de tamaño inferior al tamaño crítico sea compensada, al menos parcialmente, por el crecimiento más rápido y/o la mortalidad natural inferior del resto de los peces. Además, si la densidad de la población influye en las tasas de crecimiento y de mortalidad natural, ésto modificará el tamaño y la edad crítica de manera correspondiente. Esto supone otra complicación no tomada en cuenta por el modelo del rendimiento por recluta aquí descrito, pero compensada automáticamente en los modelos de producción.

En el caso del aleta amarilla del Océano Pacífico oriental, se estima el tamaño crítico en aproximadamente 111 cm (28kg o 62 libras), a pesar de no ser óptimo el grado de confiabilidad de las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural obtenidas por los investigadores de la CIAT. La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son de tamaño bastante inferior a este tamaño crítico. A fines de los años cincuenta y principios de los sesenta, cuando la mayor parte de la flota atunera cambió de la pesca con carnada a la pesca de cerco, se incrementó el tamaño promedio de los peces capturados: muchos de ellos alcanzaban o superaban el tamaño crítico. La captura promedio anual también aumentó de forma marcada después de la conversión a la pesca cerquera, con un promedio de 103,000 toneladas en 1961-1970, comparado con 83,000 toneladas en 1951-1960. La expansión de la pesquería hacia mar afuera a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante que contribuyó al incremento de las capturas, pero también influyó el aumento del tamaño promedio de los peces capturados.

El objetivo principal de la administración estipulado en el convenio de la CIAT es de obtener el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS). El rendimiento máximo por recluta es equivalente al RPMS, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores, como se indicó anteriormente. En la Figura 36 se presentan las estimaciones del rendimiento por recluta que resultan de varias combinaciones de tamaño de ingreso y esfuerzo de pesca,

correspondientes a dos épocas diferentes. (El esfuerzo de pesca se analizará en mayor profundidad en la sección titulada **Modelos de producción.**) Las diversas combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de ingreso producen diferentes rendimientos por recluta, que se indican mediante líneas curvas. Los cálculos se basan en un coeficiente de mortalidad natural de 0.8 (cerca del 55% anual si no hubiera mortalidad por pesca), los datos de crecimiento en peso señalados en la página 188, y los coeficientes de mortalidad por pesca (Tabla 21), obtenidos del análisis de la biomasa descrito en la sección anterior. (Las cohortes X e Y se definieron en la sección titulada **Análisis de la biomasa.**) Durante el período 1977–1981 el esfuerzo de pesca se aplicó en casi igual proporción a peces pequeños, medianos, y grandes, mientras que durante el período 1985–1987 el esfuerzo de pesca se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños. Los efectos de este cambio pueden observarse en los histogramas de frecuencia-longitud en las Figuras 12 y 13 y en los histogramas de frecuencia-edad en la Figura 34. Los valores en la escala horizontal de la Figura 36 son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.2, 1.0, y 2.0 representan valores de aproximadamente la quinta parte de, igual a, y el doble del promedio de los valores del esfuerzo durante los períodos de tiempo correspondientes. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo, el peso óptimo de ingreso sería 28kg (62 libras) (el peso crítico), y el rendimiento por recluta 3.8kg (8.3 libras). Los tamaños de ingreso que producirían los rendimientos máximos por recluta para diversos múltiplos del esfuerzo de pesca se señalan en la Figura 36 como líneas de trazos, denominadas curvas pesqueras eumétricas. En cuanto al período 1977–1981, en la Figura 36 puede observarse que si el esfuerzo aumentara a un nivel 1.5 veces superior al de 1977–1981 y el tamaño de ingreso a unos 13.6 kg (30 libras), el rendimiento por recluta alcanzaría unos 3.4 kg (7.5 libras). En el caso del período 1985–1987, el rendimiento por recluta aumentaría a aproximadamente 3.5 kg (7.8 libras).

La descripción anterior supone, implícitamente, que la alteración de la edad de ingreso no modifica la distribución por zona del esfuerzo de pesca, suposición que se vería justificada si la pesquería operara tal como se señala a continuación. Al principio, cuando la edad de ingreso es baja, al realizar su búsqueda los barcos encontrarían algunos cardúmenes de peces pequeños y otros de peces grandes, y lanzarían sobre ambos. Posteriormente, cuando la edad de ingreso es mayor, los barcos buscarían de igual manera, pero sólo lanzarían sobre cardúmenes con peces grandes. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia peces grandes en el segundo período sería igual que en el primero. Sin embargo, se piensa que si la edad de ingreso del aleta amarilla aumentara por algún motivo, los pescadores tenderían a disminuir la búsqueda en estratos de tiempo y zona con preponderancia de peces pequeños e intensificarían la búsqueda en aquellos en que predominan los peces grandes, aumentando probablemente el esfuerzo de pesca aplicado a peces grandes. En términos generales, ésto tendería a incrementar el rendimiento por recluta en mayor medida que lo indicado en la Figura 36, y parece que ésto es lo que ha ocurrido en los últimos años.

El rendimiento total se puede estimar a partir de los resultados de estos análisis del rendimiento por recluta y de ciertas suposiciones sobre el reclutamiento y la mortalidad por pesca. Por ejemplo, si se toma la mortalidad por pesca específica para cada edad equivalente a un multiplicador de 1 del recuadro superior de la Figura 36, el rendimiento por recluta resultante, determinado a partir del extremo inferior de la figura, es de 2.5 kg (5.5 libras), y si se supone que el reclutamiento es de 62 millones de peces (el promedio del período 1977–1987), el rendimiento total resultante es de aproximadamente 170 mil toneladas cortas. Si se aplica el recuadro inferior, el rendimiento por recluta sería de 3.1 kg (6.8 libras), y el rendimiento llegaría a 211 mil toneladas. En otras palabras, con reclutamiento y esfuerzo idénticos, una configuración de la mortalidad por pesca específica para cada tamaño similar a la del período 1985–1987, en lugar de una semejante a la del período 1977–1981, causaría un aumento de un 24% en el rendimiento.

Estas estimaciones del rendimiento por recluta pueden compararse con estimaciones observadas derivadas de los análisis de la biomasa analizados en la sección anterior. En ambos casos

se supone que el reclutamiento ocurrió a los 40 cm (1.3 kg o 2.8 libras). En el primer caso (Figura 36, recuadro superior), usando una composición de la captura similar a la de 1977–1981, período en el que se capturó un mayor número de peces pequeños, el rendimiento máximo por recluta se estima en 2.5 kg (5.5 libras). En el segundo caso (Figura 36, recuadro inferior), usando una composición de la captura similar a la del período 1985–1987, en que se capturó mayor cantidad de peces grandes, el rendimiento máximo por recluta se estima en 3.1 kg (6.8 libras). El rendimiento máximo por recluta de 2.5 kg (5.5 libras) es inferior al valor promedio observado de 2.7 kg (5.9 libras) puesto que la pesca dependió en mayor grado de los peces pequeños, mientras que el rendimiento máximo por recluta de 3.1 kg (6.8 libras) es mayor que el valor observado puesto que, en el período 1985–1987, la pesca se orientó más hacia la captura de peces más grandes. Esto sirve para demostrar que, a igual nivel de reclutamiento, es posible lograr un incremento de 24% en el rendimiento si se capturan peces de los tamaños mayores capturados en 1985–1986 en lugar de los de los tamaños menores capturados en 1977–1981. Se estima el reclutamiento inicial promedio para el período 1977–1981 en 62 millones de peces, que produjo cerca de 168 mil toneladas por cohorte, con un rendimiento por recluta de 2.4 kg (5.4 libras). Con un rendimiento por recluta de 3.1 kg (6.8 libras), el rendimiento por cohorte hubiera llegado a unas 210 mil toneladas. En los Informes Anuales anteriores se señaló que el cambio de orientación del esfuerzo de pesca de peces pequeños a peces grandes provocaría un aumento del rendimiento por recluta y de las capturas. Ese cambio de orientación se produjo en 1985, 1986, y 1987, y a los niveles actuales del esfuerzo, se está logrando un gran beneficio de este cambio en la composición de tamaño de los peces en la captura. Si la pesquería continúa dedicándose principalmente a la captura de peces grandes, y el esfuerzo se mantiene igual o es incrementado, debiera producirse un aumento sostenible en el rendimiento por recluta y en la captura.

Modelos de producción

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, se basan en datos sobre la totalidad de la población en lugar de limitarse a especímenes individuales. Una población de peces que no ha sido expuesta a la pesca está al tamaño máximo permitido por las condiciones ambientales; su mayor desarrollo se ve impedido por los depredadores, por falta de alimento o de espacio vital adecuado, etc. Se dice que la población está en equilibrio cuando el incremento por reclutamiento y crecimiento es compensado a la larga por las pérdidas causadas por la mortalidad natural. Es posible que la población supere al promedio normal en años de condiciones ambientales particularmente favorables, y que sea inferior a tal promedio en otros, pero generalmente se puede hacer caso omiso de estas condiciones al analizar las tendencias a largo plazo.

Si una o más embarcaciones pesqueras comenzaran a explotar la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone ser proporcional a la magnitud de la población, sería bastante elevada al principio, ya que la población estaría en su punto máximo. El incremento de la población seguiría siendo debido al reclutamiento y el crecimiento, pero las pérdidas se deberían no sólo a la mortalidad natural sino también a la mortalidad por pesca, y por consiguiente disminuiría la población. En reacción a esta disminución, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural cambiarían, y la ganancia lograda por los dos primeros factores excedería la pérdida provocada por el último. Si se dejara de pescar, la ganancia neta haría que la población recuperara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproximase a esa magnitud, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural volverían gradualmente a los niveles anteriores, hasta acabar siendo iguales a los existentes antes de comenzar la pesca. En esta forma, la población recuperaría el equilibrio en su magnitud máxima. Sin embargo, si se continuara a pescar al mismo nivel, la población llegaría eventualmente a equilibrarse, pero con diferentes tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural, y sería de magnitud inferior a la original. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo

proporcional a la magnitud de la población. Si sólo algunas embarcaciones se dedicaran a explotar el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si la explotaran varias, la población se reduciría considerablemente y la CPUE sería mucho menor.

La captura total sería el producto de la CPUE y del esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, el incremento moderado del esfuerzo compensaría de sobre la reducción correspondiente de la CPUE y produciría capturas mayores, pero esto no sucedería si el nivel de esfuerzo fuera más elevado. En un nivel intermedio de esfuerzo el producto se encontraría en su punto máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) de peces (meta estipulada en el convenio de la CIAT), el esfuerzo de pesca debería mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es obtener una ganancia máxima (suponiendo un precio constante), el esfuerzo debería ser algo menor, y si es lograr el mayor empleo posible de pescadores, debería ser algo mayor. Si el esfuerzo es inferior al grado óptimo seleccionado, se dice que la población está subexplotada, mientras que si el esfuerzo es mayor que el nivel óptimo, se afirma que la población está siendo sobreexplotada.

Es más fácil analizar la interrelación entre el esfuerzo, la captura, y la CPUE en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que tales condiciones no se presentan en forma continua. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca de su punto máximo y el esfuerzo se incrementa en forma repentina, la CPUE disminuirá paulatinamente durante un tiempo hasta lograr un nuevo punto de equilibrio con una CPUE menor. Durante el período de transición las capturas serán mayores que en el nuevo punto de equilibrio. De manera similar, si la población se encuentra en su punto de equilibrio a un nivel bajo y el esfuerzo disminuye repentinamente, la CPUE aumentará gradualmente durante un tiempo antes de lograr un nuevo punto de equilibrio con una CPUE mayor. Durante el período de transición las capturas serán menores que las correspondientes al nuevo punto de equilibrio.

Es oportuno enfocar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción en el atún aleta amarilla del Océano Pacífico oriental. El análisis anterior examinaba "una población de peces". Los modelos de producción no son aplicables a menos de que haya poco intercambio entre los peces de la zona bajo estudio y las zonas adyacentes. Se ha estudiado el grado de intercambio de aleta amarilla entre el ARCAA y la zona al exterior del ARCAA (Figura 37), y se analizaron los resultados en los Informes Anuales anteriores. En resumen, los resultados indican que existe cierto grado de intercambio entre los peces de ambas zonas, pero no es suficiente para impedir el uso del modelo.

Suponiendo que los modelos de producción son aplicables, este hecho puede advertirse sólo si: (1) existen datos sobre captura, esfuerzo, y CPUE de una amplia gama de niveles de esfuerzo de pesca, que de preferencia incluyan los del sector de la curva que corresponde a la sobreexplotación, y (2) las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia aparente provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca. Se observará más adelante que sí existen datos sobre una amplia gama de niveles de esfuerzo de pesca. Los efectos de las condiciones ambientales también se analizaron en los Informes Anuales anteriores. Hasta donde se ha podido establecer, estos efectos suelen compensarse en períodos relativamente cortos, y se decidió no tomarlos en cuenta pues no afectaban la eficacia del modelo. Sin embargo, durante el período comprendido entre fines de 1982 y comienzos de 1984 ocurrió el evento de El Niño más fuerte jamás registrado y, por lo tanto, se ha prestado especial atención a los efectos de éste fenómeno al evaluar la pesquería durante y después de este período.

Se ha hecho referencia al esfuerzo de pesca sin especificar que existen distintos tipos de esfuerzo: es decir, los que ejercen las embarcaciones cerqueras, palangreras, y de carnada, más las variaciones correspondientes a distintas capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos, no es posible obtener el valor del esfuerzo total por medio de la simple combinación de los diferentes tipos de datos sobre el esfuerzo. Hay dos métodos para calcularlo. En el primero se consideran exclusivamente los datos correspondientes a un solo tipo de arte de pesca, generalmente la

predominante, denominada clase estándar. La captura total de todos los tipos de arte, dividida por la CPUE de la clase estándar, proporciona una estimación del esfuerzo total en unidades de la clase estándar. En el segundo se estima la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase estándar, y entonces se calcula el esfuerzo estandarizado de cada clase por medio del ajuste de los datos del esfuerzo bruto por los factores apropiados. El esfuerzo total estandarizado se deriva de la suma del esfuerzo bruto del arte estándar y los datos del esfuerzo estandarizado de las demás artes. Los investigadores de la CIAT han utilizado el primer método y varias combinaciones de ambos métodos. Se ha medido el esfuerzo no estandarizado y estandarizado en días de pesca y en días estandarizados de pesca, respectivamente, y las CPUE correspondientes han sido señaladas como captura por día de pesca (CPDP) y captura por día estandarizado de pesca (CPDEP). En el presente informe sólo se utiliza el esfuerzo estimado a partir de la división de la captura total de aleta amarilla por la CPDP de aleta amarilla de los cerqueros no reglamentados de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad), salvo en el caso del modelo de tiempo de búsqueda (Figura 39, recuadro del medio), que se analizará posteriormente.

El modelo simétrico de producción que se describe a continuación se aplicó por primera vez empleando los datos de captura, esfuerzo, y CPUE de los barcos de carnada del período 1934-1955, lo que suministró una amplia serie de datos del esfuerzo del sector de la curva que corresponde a la subexplotación. Estos datos indicaban que, dentro de la gama del esfuerzo pesquero del que se tenían datos, la población se adaptaba al modelo. En 1960 y 1961 el esfuerzo fue mayor al nivel óptimo por primera vez, y la población reaccionó en años subsiguientes, provocando capturas y CPUE inferiores, lo que sirvió para una mayor confirmación de la aplicabilidad del modelo.

Antes de mediados de los años sesenta sólo se pescaba en la parte del ARCAA cercana a la costa, y alrededor de algunas islas y bancos de altamar. A mediados y fines de la década de los sesenta, comenzó a incrementarse la flota pesquera, y el esfuerzo de pesca se extendió hacia una zona mucho más lejana de la costa. En la Figura 37 se presentan las zonas costeras y de altamar, denominadas respectivamente zonas A1 y A2. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el RPMS de las dos zonas combinadas sería igual al de la zona A1 solamente, pero si no hay intercambio, el RPMS de las dos zonas combinadas sería la suma de los RPMS individuales de ambas zonas. Los estudios han indicado que el intercambio de peces entre las dos zonas es relativamente lento; por lo tanto, el RPMS de toda el ARCAA es superior al de la zona A1, pero inferior a la suma de los RPMS individuales. Estos estudios han sido descritos detalladamente en los Informes Anuales anteriores.

Tal como se mencionó anteriormente, es necesario contar con datos que abarquen una amplia gama de esfuerzo para estimar el RPMS y los valores correspondientes del esfuerzo y la CPUE. En 1968, una vez que se hizo evidente que la estimación del RPMS calculada en la zona A1 no era aplicable a toda el ARCAA, los Delegados autorizaron a los investigadores para emprender un programa experimental de sobrepesca con el objeto de obtener, lo antes posible, una estimación del RPMS en el ARCAA. Esto fue necesario puesto que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los escasos años transcurridos desde la extensión de la pesca hacia mar afuera. Al sobrepasar los niveles óptimos del esfuerzo, la captura se reduciría, o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se había reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta obtener una estimación suficientemente precisa del RPMS. Sin embargo, esto requiere de bastante tiempo, ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca, y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se utilizan las técnicas de regresión para obtener estimaciones de los parámetros de los modelos de producción, usando datos sobre esfuerzo y captura en varios años. Uno de estos parámetros es una estimación de la biomasa de la población al principio del primer año. Se estima la

biomasa de la población al principio del segundo año a partir del modelo, la captura en el segundo año, y las demás estimaciones de los parámetros, y así sucesivamente en los demás años. Se usa el mismo método para estimar la biomasa promedio anual de la población.

Es importante tener en cuenta al aplicar un modelo de producción que el crecimiento de una población, tanto positivo como negativo, se ve determinado por tres factores: crecimiento natural, pérdidas naturales, y captura. La captura es un parámetro fijo en un año dado, y por lo tanto el tamaño de la población al principio del año es lo que determina si la población aumenta o disminuye. Si por alguna razón los factores naturales provocan una reducción mayor a la que predice el modelo, entonces el valor predicho para el año siguiente superará al valor real, y esta sobreestimación seguirá hasta que algo cause que la población crezca con una rapidez mayor a la que predice el modelo. Sucedería lo contrario si al principio creciera la población a un paso mayor al predicho. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre la subestimación y la sobreestimación. Si el crecimiento de la población es inferior a la predicción, las capturas serán menores, y el modelo predirá cambios menores que los reales. Las capturas seguirán siendo inferiores a lo esperado, pero no se predirá un resultado catastrófico. En cambio, si la población supera el tamaño predicho, las capturas también serán superiores a lo esperado, y el modelo predirá reducciones en la población mayores que las reales. Si se realizan capturas grandes en varios años seguidos, entonces es posible que el modelo prediga la desaparición de la población, aún cuando ésta sea de un tamaño que prevenga este riesgo. Esta situación resulta del procedimiento secuencial utilizado por el personal de la CIAT, y parece que surgió en el período 1984-1987.

En años anteriores se ha llevado a cabo la estimación sin ajustes para compensar por el carácter secuencial del procedimiento de estimación, pero parece ahora necesario incluir algún tipo de ajuste. Al calcular las estimaciones para 1988 se interrumpió la serie de estimaciones de la población en 1985, y se estimó de nuevo la biomasa, dividiendo la captura por unidad de esfuerzo observada en 1985 por la estimación del coeficiente de capturabilidad. Esto parece ser un ajuste razonable, ya que los tres estimadores presentados en la Figura 39 fueron elevados en 1985. Este nuevo procedimiento casi no afecta las estimaciones de los parámetros, pero sí afecta mucho la estimación del tamaño actual de la población. En el Informe Anual de la CIAT de 1986 se presentaron dos análisis basados en los modelos de producción. Uno de ellos emplea el modelo logístico (o simétrico), en el que se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPUE es lineal. El otro emplea el modelo general de producción de stock, en el que la misma relación no necesita ser lineal. En ambos análisis sólo se usan datos del esfuerzo, estimados mediante la división de la captura total por la CPDP de los barcos de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas de capacidad). En ambos ajustes se fijó el coeficiente de capturabilidad q igual a 0.000039, estimación obtenida anteriormente con datos de años precedentes, lo que implica que la capturabilidad de los peces de diversas edades no ha cambiado con el tiempo. Los datos de estas dos curvas son:

Ajuste	m	q	Rendimiento máximo sostenible en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ($\times 10^{-9}$)
(1)	2.0	0.000039	174	2.224
(2)	0.8	0.000039	178	3.330

m es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hacen que la curva sea asimétrica hacia la derecha y los valores superiores a 2 la hacen asimétrica hacia la izquierda. La suma de los cuadrados es una medida de la precisión del ajuste de los puntos a la curva; como más bajo el valor, mejor el ajuste. En la Figura 38 se grafican los datos correspondientes a estas dos relaciones, incluyendo los puntos correspondientes a 1985-1987.

En el recuadro superior de la Figura 39 se señalan los valores de la CPDP para el período 1968–1987. En el recuadro del medio se presenta un índice de la abundancia basado en el modelo de “tiempo de búsqueda” (Boletín de la CIAT, Vol. 19, No. 3) que es similar al modelo de la CPDP. En el recuadro inferior de la figura se presentan los índices de la biomasa de la abundancia del aleta amarilla, derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente. Los índices del tiempo de búsqueda y de la cohorte indican una reducción menor en el período 1970–1980 que los que muestran los índices de la CPDP, y el índice de cohortes señala una mayor recuperación desde 1980. Todos tres indican una reducción en la población después del máximo alcanzado en 1986.

Las CPDP elevadas señaladas en el recuadro superior de la Figura 39 indican que el aleta amarilla alcanzó su mayor abundancia desde los inicios de la década de los setenta en 1986, y que disminuye actualmente. En vista de las escasas capturas en 1982 y 1983, que permitieron el aumento de la población, este incremento de la abundancia era de esperar, como también lo era la disminución actual, que se debe a las grandes capturas durante 1985–1987. Sin embargo, las CPDP en 1984–1987 han sido más altas que lo previsto, lo cual probablemente se debe a: (1) un reclutamiento superior al promedio normal, (2) reducción del esfuerzo en las zonas donde se presenta el barrilete, a raíz de la disminución del precio del barrilete y el atún aleta amarillo pequeño, y (3) el mayor tamaño promedio del aleta amarilla capturado, que produjo un rendimiento por recluta más elevado. En cuanto al punto (2), cabe mencionar que el modelo de tiempo de búsqueda (Figura 39, recuadro del medio), que incluye un ajuste para cubrir el efecto producido por la pesca en regiones donde se presenta el barrilete, muestra un incremento menor en los últimos años que el modelo de la CPDP (Figura 39, recuadro superior).

A partir de los análisis del modelo de producción basados en datos correspondientes al período 1968–1985, en el Informe Anual de 1985 se afirmó que, para regresar el stock a su magnitud óptima, la captura de 1986 no debía superar a las 224 mil toneladas. Sin embargo, puesto que algunas estimaciones señalaban una cantidad inferior, la cuota máxima para 1986 se fijó en 205 mil toneladas. En la Tabla 22 se puede observar que la captura de 1986 alcanzó 256 mil toneladas, aunque los índices de abundancia de ese año no disminuyeron. Anteriormente se demostró que la causa más probable de este aumento inesperado de la producción es el incremento del reclutamiento.

Las fluctuaciones en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca específica para cada edad siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados de los análisis de los modelos de producción. Como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período 1984–1986 fue superior al de todos los demás períodos de tres años registrados anteriormente, y estos altos niveles de reclutamiento, junto con los cambios en la mortalidad por pesca específica para cada edad, hacen que sean poco confiables a corto plazo las predicciones hechas exclusivamente a partir de los análisis de los modelos de producción. Por ejemplo, si se agregan los datos de 1986 y 1987 a la base de datos del período 1961–1985 y se calculan nuevamente los parámetros del modelo de producción, las estimaciones presentadas anteriormente varían muy poco. Los resultados de estos análisis se presentan en la Figura 38. Las estimaciones del RPMS y el esfuerzo óptimo se modifican poco en relación con las estimaciones previas, y, a largo plazo, ambos modelos, con el ajuste de los datos de 1985, describen adecuadamente la producción potencial promedio del stock. Las sumas de los cuadrados son ligeramente inferiores en el caso de $m = 2.0$ que en el de $m = 0.8$, pero la diferencia no es suficiente para permitir afirmar con certeza que el valor 2.0 es mejor que 0.8. En la Figura 40 se compara la CPDP observada con la CPDP esperada, computada a partir del modelo mismo y usando el ajuste de 1985, y se observa que, en promedio, corresponden bastante bien en el transcurso de los años señalados. Sin embargo, existen divergencias notables en años específicos, sobre todo en lo que se refiere a los años más recientes. Esto se debe al hecho de que los modelos de producción son, en lo esencial, modelos de regresión que responden a situaciones normales, pero que no pueden reflejar los efectos provocados por importantes cambios a corto plazo en el reclutamiento o en la mortalidad específica para cada edad.

Situación del stock en 1987 y perspectivas para 1988

En el ARCAA

Si se supone que los modelos de producción con el ajuste de 1985 utilizados hasta ahora proporcionan la mejor descripción de la situación del stock de aleta amarilla en el Pacífico oriental, la captura debería disminuir marcadamente en 1988. Ambos ajustes del modelo, $m = 2.0$ y $m = 0.8$ (Figura 38) predicen que la abundancia del aleta amarilla a fines de 1987 y principios de 1988 será casi igual a la del período 1975–1976. El modelo predice que a ese nivel de abundancia una captura de unas 160,000 a 170,000 toneladas, con de 21,000 a 26,000 días de esfuerzo, mantendrían a la población en equilibrio. Predice además que si el esfuerzo en 1988 se mantiene a un nivel similar al de 1987 (aproximadamente 21,000 días), se lograría una captura de entre 186,000 y 204,000 toneladas y una CPDP entre 8.9 y 9.7 toneladas. Sin embargo, los análisis demuestran bien claro que estas estimaciones dependen mucho del ajuste de 1985.

Los análisis del rendimiento por recluta han demostrado que, para una cantidad determinada de reclutas que ingresan a la pesquería, el rendimiento puede modificarse en más de 20% si se altera la composición de tamaño de la captura. La Figura 41 señala los rendimientos por recluta correspondientes a dos configuraciones diferentes de la mortalidad por pesca específica para cada edad. La línea de trazos se calculó utilizando la mortalidad por pesca específica para cada edad, o composición de tamaño de los peces en la captura, observada durante el período 1985–1986 en que, en promedio, el tamaño de los peces capturados fue mayor. La línea continua señala el rendimiento por recluta utilizando la composición de talla de los peces en la captura lograda en el período 1977–1981 en que, en promedio, el tamaño de los peces fue menor. Si el reclutamiento fuera constante y el esfuerzo se mantuviera a un nivel similar al del período 1983–1986, se lograría un incremento del rendimiento de por lo menos 20% al capturar peces de mayor tamaño (línea de trazos en la Figura 41). La mortalidad por pesca específica para cada edad fue similar en 1987 a las de 1985 y 1986.

Con el fin de facilitar la comprensión de la relación entre los cambios en el tamaño de los peces y la producción potencial, en la Figura 42 se han incorporado los resultados obtenidos del análisis de la producción y del rendimiento por recluta en una representación tridimensional de la relación entre la productividad y el esfuerzo de pesca. En esta figura se grafican los efectos sobre la productividad del stock (en términos de diferentes tipos de modelos de producción) al modificar la mortalidad por pesca a edad específica o el tamaño promedio de los peces en la captura. Las distintas curvas representan la relación entre el esfuerzo de pesca y la productividad a partir de diversos regímenes de mortalidad por pesca específica para cada edad. Existe un valor máximo de producción en el plano XY que refleja cada régimen, pero en algún punto del espacio XYZ hay uno en particular que representa el valor general de la producción máxima, y el plano XY que atraviesa ese punto corresponde al régimen de mortalidad por pesca específica para cada edad que puede resultar en la producción máxima.

Se estima que el reclutamiento ha fluctuado por un factor de 3, aproximadamente, y que no parece tener relación con la magnitud del stock dentro del rango de datos de reclutamiento observados en la pesca. Esta situación dificulta aún más la elaboración de pronósticos a corto plazo con modelos de producción. Para mejorar las predicciones obtenidas a partir de este modelo es necesario utilizar información sobre el reclutamiento. Lo más conveniente sería efectuar pronósticos del reclutamiento con uno o dos años de anticipación. El Laboratorio de la CIAT en Achotines, República de Panamá, se creó, en parte, para obtener información que permita realizar pronósticos sobre el reclutamiento de aleta amarilla, pero no se obtendrán los datos necesarios en el futuro inmediato. Como se señaló en el Informe Anual de 1985, las fluctuaciones en el reclutamiento parecían tener relación con cambios importantes en el medio oceánico. Las estimaciones del reclutamiento derivadas de los análisis de las cohortes (Tabla 19) indican que existieron fuertes

anomalías positivas en el reclutamiento de 1971, 1974 y 1978. Estos incrementos del reclutamiento fueron precedidos por un aumento general de la temperatura del océano (El Niño) en 1969, 1972 y 1976. A partir de esta correlación se esperaba un incremento del reclutamiento después del fuerte evento del Niño de 1982–1983; efectivamente, el reclutamiento correspondiente al periodo 1984–1986 está demostrando ser el más elevado registrado hasta la fecha para un período de tres años seguidos. No se comprenden los mecanismos subyacentes de la relación entre El Niño y el incremento del reclutamiento, pero podrían tener relación con factores que afectan la supervivencia de peces jóvenes en la zona de la pesquería, o deberse a un cambio en la velocidad en que los huevos, las larvas y los juveniles postlarvales son llevados al y del Pacífico oriental por las principales corrientes oceánicas. Un evento del Niño afecta la velocidad e incluso la dirección de estas corrientes. Puesto que los efectos de un evento del Niño sobre la pesquería no son observables hasta casi dos años después de ocurrido el fenómeno, si ésta correlación persiste será un indicador importante de los cambios positivos en el reclutamiento.

A fin de evaluar el efecto del incremento del reclutamiento sobre el rendimiento total, se han aplicado a los datos dos niveles de reclutamiento distintos. En el primer caso, se calculó el rendimiento total a partir de la estimación del rendimiento por recluta, basado en la composición de tamaño de la captura de 1985–1986, y la estimación del reclutamiento promedio en el periodo 1967–1986; los resultados aparecen en forma de línea continua en la Figura 43. En el segundo caso, se aplicó la misma estimación del rendimiento por recluta, pero con la estimación del reclutamiento de 1984–1985; los resultados aparecen en forma de línea de trazos en la figura correspondiente. Resulta evidente que los incrementos en el reclutamiento producen un gran aumento en el rendimiento.

Ambas variables se combinan en la Figura 44, que muestra los rendimientos con alto reclutamiento y la mortalidad específica para cada edad del periodo 1985–1986, y con reclutamiento normal y la mortalidad específica para cada edad del periodo 1977–1981. Puede observarse que el rendimiento aumenta hasta un 60%, un tercio del cual se atribuye al cambio producido por la captura de peces de mayor tamaño, y los dos tercios restantes al incremento del reclutamiento.

Un análisis similar permite estimar la abundancia y la captura en 1988. El análisis de las cohortes proporciona una estimación de la cantidad y el peso de cada grupo de edad de la pesquería a principios de 1988, sin incluir a los peces que se reclutarán durante este año. Cabe señalar que la estimación del reclutamiento hecha en 1987 es preliminar y está sujeta a cambios, debido a que los reclutas han estado expuestos a la pesquería solamente durante un año y, si su vulnerabilidad frente a la captura fue superior o inferior al promedio, entonces se podría haber super- o subestimado el reclutamiento. Este análisis proporcionará una estimación del rendimiento esperado, si llegan a cumplirse ciertas suposiciones sobre el nivel de abundancia de los peces reclutados y sobre la mortalidad por pesca a edad específica durante 1988. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1987 y 1988 es normal, y que la mortalidad por pesca específica para cada edad en 1988 será igual a la del periodo 1985–1987. Los resultados indican que la captura de 1988 será inferior a la de 1987 en un 17%, aproximadamente, y que la abundancia disminuiría en menos de 10%. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor tamaño, tal como ocurrió en el periodo 1977–1981, la captura de 1988 disminuirá en un 35%, y al llegar a 1990–1991, sería entre 15 y 23% menor que la que se podría obtener si prevaleciera la configuración actual de la mortalidad por pesca específica para cada edad. Por supuesto, si el reclutamiento de 1987 y 1988 resulta inferior al promedio, la captura de 1988 sería menor que lo previsto. Cambios en la magnitud del esfuerzo de pesca también afectarán las capturas futuras.

Los análisis de 1988 pueden proyectarse hasta 1991. A partir de la biomasa de peces existente a principios de 1988, y suponiendo una mortalidad por pesca a edad específica estable y un reclutamiento normal, en comparación con los niveles actuales la captura debiera tender al descenso hasta llegar a unas 230,000 toneladas en 1988, y unas 190 a 210,000 toneladas a fines de 1991, según el reclutamiento. Bajo este régimen, si permanecen iguales el reclutamiento y la mortalidad por pesca específica para cada edad, la población debiera encontrarse cerca de su punto óptimo a fines de

1991 (Figura 45) y seguiría soportando capturas elevadas. Evidentemente, es muy arriesgado efectuar predicciones a tan largo plazo, puesto que tanto el reclutamiento como la mortalidad por pesca específica para cada edad son fenómenos altamente variables.

Los resultados del modelo de producción, con el ajuste de 1985, predicen que una captura de entre 190 y 260,000 toneladas en 1988 resultaría en una población de tamaño óptimo. Esto significaría una CPDP de unas 9 toneladas para barcos de la clase 6 de arqueo.

En resumen, la evaluación del efecto de la pesca sobre la abundancia y rendimiento del aleta amarilla en el Pacífico oriental presenta serias dificultades. La utilización exclusiva de los modelos de producción arroja resultados tenues, y en consecuencia se han combinado los resultados de tres modelos diferentes (rendimiento por recluta, cohortes, y producción) para llegar a lo que se cree ser las conclusiones más acertadas. Sin embargo, la capacidad de pronóstico de estos análisis está sujeta a un margen de error considerable. Se trata actualmente de modificar los modelos de producción, incorporando los efectos variables del reclutamiento y de la mortalidad por pesca específica para cada edad.

Con respecto al establecimiento de una cuota de captura para 1988, los análisis precedentes demuestran que el stock de aleta amarilla dentro del ARCAA se encuentra a un nivel cerca del óptimo, y que la captura de 1988 será unas 230,000 toneladas, un 17% inferior a la de 1987. En vista de la actual capacidad de pesca existente en el Pacífico oriental, es muy poco probable que se sobreexploté el recurso, pero se recomienda una cuota mínima de 190,000 toneladas, cifra que se puede aumentar, en dos incrementos de 30,000 toneladas cada uno, a la discreción del Director. En cuanto a los años futuros, ya se ha señalado que, con un reclutamiento normal y una mortalidad por pesca específica para cada edad constante, la pesca continuará siendo buena; pero si el reclutamiento disminuye o se capturan peces de menor tamaño, las capturas disminuirán.

Es imposible controlar el reclutamiento, pero sí es factible modificar la composición de talla de la captura, al menos teóricamente. Se ha hecho hincapié sobre esta posibilidad en múltiples ocasiones, pero no se han formulado recomendaciones para la protección de los peces de menor tamaño. Sin embargo, y como se señaló anteriormente, las capturas de peces pequeños disminuyeron durante 1985–1987. Esta modificación de la composición de tamaño de la captura se debe a la reducción de la demanda de peces pequeños, pero es imposible prever la duración de esta situación. Si aumenta la demanda de atún, es probable que también aumente el esfuerzo dirigido hacia aletas amarillas y barriletes pequeños. En la actualidad, la mayoría de las grandes pesquerías de atún del mundo están logrando altos niveles de captura, y la oferta se mantiene a la par con la demanda. Sin embargo, si disminuyera la captura en una o varias de estas grandes pesquerías, se desequilibraría la situación, y se intentaría compensarla mediante el incremento de la captura en otras regiones. Esto llevaría probablemente a un aumento del esfuerzo de pesca en el Pacífico oriental, y a una captura mayor de aletas amarillas pequeños. Hay varias maneras de reducir la captura de peces pequeños: 1) reducir el esfuerzo de pesca; 2) fijar un tamaño mínimo; 3) si predominan los peces pequeños en ciertas zonas durante ciertas temporadas, limitar la pesca en dichas zonas y temporadas; 4) suponiendo que fuera posible restablecer el sistema anual de clausura, modificar la fecha de apertura de la temporada, para así reducir la cantidad de pesca durante el período en que se capturan con mayor frecuencia los peces pequeños. En cuanto a la primera opción, se ha señalado que la reducción de la pesca durante el período 1982–1984 produjo un incremento en el tamaño promedio de los peces de la población, lo que aumentó su productividad. Sin embargo, una disminución adicional del esfuerzo probablemente no produciría un aumento de la captura; en todo caso, esta solución no corresponde puesto que el tema en discusión es el aumento del esfuerzo en el Pacífico oriental provocado por las bajas capturas en otras zonas. En cuanto a la segunda opción, los análisis de la composición de tamaño indican que, por lo general, las capturas consisten en muchos casos de mezclas de peces pequeños y grandes, y de aletas amarillas pequeños y barriletes. Esto dificultaría la protección del aleta amarilla pequeño, ya que es posible que sean capturados en grandes cantidades por barcos que intentan capturar barriletes y atunes aleta

amarilla grandes. Si no se permitiera la descarga de los peces pequeños, se arrojarían al mar, ya muertos, y el rendimiento por recluta se reduciría en lugar de aumentar. En cuanto a la tercera opción, la veda en zonas de mayor abundancia del aleta amarilla pequeño quizás serviría para incrementar el rendimiento por recluta de esta especie, siempre que la flota pudiera pescar con buen éxito en zonas donde hay peces de mayor tamaño, pero la reducción de las capturas de barrilete probablemente sería mayor que el aumento de las capturas de aleta amarilla, ya que el barrilete es más abundante en esas zonas donde se encuentran los aletas amarillas pequeños en mayores cantidades. En cuanto a la cuarta opción, no parece que la modificación de la fecha de apertura de la temporada produzca el beneficio esperado. Durante los primeros años del período en que rigieron las vedas anuales, cuando la mayor parte del esfuerzo de pesca se ejercía en el primer semestre del año, sólo se obtenían pequeñas capturas de los peces de la cohorte Y que ingresaban por primera vez a la pesquería con un peso de 1.5 a 3.1kg (3.4 a 6.8 libras) en el segundo semestre del año. Se creyó que ésto se debía fundamentalmente a la falta de vulnerabilidad a la pesca de los peces de esta cohorte. Sin embargo, en años posteriores, la pesca fue intensa durante el segundo semestre del año, y la captura de peces de la cohorte Y entrante aumentó substancialmente. En consecuencia, es posible que la modificación de la temporada no proteja a los peces más jóvenes al grado esperado. Actualmente, no se puede recomendar ninguna de las medidas anteriores, puesto que no es posible predecir el efecto de tal reglamentación sobre la captura real (no el descargue) de peces pequeños.

Fuera del ARCAA

Se ha pescado en la zona fuera del ARCAA (Figura 37, Zona A3) desde 1968 (Tabla 22). No se pesca mucho en esa zona en el primer semestre del año, debido principalmente al mal tiempo. Durante mucho años la pesca ilimitada estuvo ya vedada en el ARCAA en mayo y junio, cuando mejora el tiempo, y muchos de los grandes barcos de la flota internacional se trasladaron a zonas de pesca fuera del ARCAA antes de esas fechas. Los experimentos de marcado señalan que el índice de mezcla entre esta zona y el ARCAA es bajo, por lo que hasta la fecha se han analizado por separado el aleta amarilla de la zona fuera del ARCAA y el del ARCAA.

La CPDP de 1969 sobrepasó las 20 toneladas, pero durante el período 1970–1984, la CPDP se ha mantenido bastante constante, entre 7 y 13 toneladas (Figura 46, recuadro superior). En 1985 la CPDP aumentó hasta casi alcanzar el nivel logrado en 1969, y en 1986 lo superó, pero en 1987 volvió a descender al nivel de 1985. La tendencia ascendente de la CPDP en 1983–1986 es igual a la del ARCAA (Figura 39, recuadro superior). Se cree que ésto se debe a que los mismos factores que afectaron a la CPDP dentro del ARCAA afectaron a la CPDP fuera del ARCAA de la misma manera. En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2,900 días, y las capturas inferiores a las 31,000 toneladas (Figura 46, recuadro inferior). En el período 1972–1976, el esfuerzo y las capturas fueron casi constantes, el primero entre 3,500 y 4,200 días y la última entre 41 y 51,000 toneladas. Desde 1977 hasta 1984, aparentemente a raíz de la reducción del esfuerzo, las capturas alcanzaron un promedio de tan sólo unas 20,000 toneladas, pero las CPDP fueron sólo ligeramente inferiores a las de 1970–1976. Durante 1985, el esfuerzo fue el más bajo que se ha aplicado desde 1969, pero la CPDP fue muy elevada. En 1986 el esfuerzo aumentó y, junto con la CPDP muy elevada, la captura fue la más alta obtenida desde 1976. Los valores de la captura y del CPDP en 1987 fueron aproximadamente iguales a los de 1985. En el recuadro inferior de la Figura 46 se observa claramente que, con excepción de 1986, la captura en la zona fuera del ARCAA ha permanecido proporcional al esfuerzo. Puesto que el esfuerzo ha sido relativamente bajo en años recientes, situación que también prevaleció en 1987, y debido a que los factores que afectan el reclutamiento en el ARCAA probablemente afectan igualmente a las zonas fuera del ARCAA, no parece existir una razón biológica para fijar límites en la captura o en la intensidad de la pesca fuera del ARCAA.

El tamaño promedio de los peces capturados fuera del ARCAA se redujo de unos 29kg (63 libras) en 1972–1975 a unos 12kg (27 libras) en 1979–1983, luego aumentó a unos 29kg (65 libras) en

1984, y permaneció casi igual en 1985 (Figura 47). En 1986, el tamaño promedio aumentó a aproximadamente 34kg (76 libras), y a 40kg (89 libras) en 1987, el más elevado jamás registrado. La disminución general observada hasta 1983 podría deberse al aumento en la mortalidad por pesca, pero también es posible que haya sido producida por los cambios en los métodos de pesca, es decir, un aumento de la pesca de cardúmenes asociados con objetos flotantes y una disminución de la pesca de cardúmenes asociados con delfines. El aumento de 1984–1987 se debe probablemente a la reducción de las capturas de 1982–1985, lo que permitió el mayor desarrollo de los peces. Es necesario continuar con la supervisión estrecha de la pesca en la zona fuera del ARCAA para evaluar las distintas posibilidades.

BARRILETE

El barrilete ha sido durante muchos años la especie dominante en las capturas mundiales de atunes. Sin embargo, un aumento en las capturas de aleta amarilla y patudo y una disminución en las de barrilete en 1985 y 1986 ha resultado en la reducción de la proporción de barrilete en las capturas de las especies de mayor importancia comercial de un 50% en 1984 a un 44% y 45% en 1985 y 1986, respectivamente. En el Océano Pacífico el barrilete formó un 50% y 51% de la captura en 1985 y 1986, respectivamente, comparado con un 57% en 1984. En la Figura 48 se presentan las capturas mundiales de barrilete, divididas por zonas. Es evidente que las capturas en el Océano Pacífico son muy superiores a las del Océano Atlántico o Índico, y que las capturas en la parte central y occidental del Pacífico son mucho más elevadas que las del Pacífico oriental. Las capturas en el Pacífico oriental permanecieron aproximadamente al mismo nivel desde 1965 hasta 1987, con excepción del incremento en el período 1975–1981; en cambio las capturas de otras zonas se han duplicado con creces.

En el Océano Pacífico nordeste la pesca de barrilete en gran escala se realiza cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo, y la Isla Clipperton, mientras que en el sudeste del Océano Pacífico se efectúa cerca de América Central, la parte septentrional de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito y las Islas Galápagos. La zona de aguas cálidas a la altura de México meridional que separa estas dos regiones generalmente carece de barrilete, pero en algunos años, como sucedió en 1956, la distribución de barrilete ha sido continua de norte a sur. En años normales, el marcado ha demostrado que existe poca mezcla de peces entre las dos zonas. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental se efectúa más cerca del litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años ha aumentado la proporción de barrilete capturado mar afuera. En el Océano Pacífico central se explota el barrilete en menor escala cerca de las islas de Hawaii y la Polinesia Francesa (las Islas Marquesas, Tuamotu, y Sociedad). Hacia el oeste, cerca de Fiji, las Filipinas, Indonesia, Japón, Papua Nueva Guinea, Nueva Zelanda, las Islas Salomón, etc., se explota el barrilete en forma más significativa.

La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental varía considerablemente de un año a otro (Figura 48). Existe una correlación moderada entre las capturas de la zona nordeste y sudeste pero en ocasiones, como sucedió en 1970, la captura es superior al promedio en una zona e inferior al promedio en la otra (Figura 49). A fines de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S, y desde esa época hasta principios de los años setenta se obtuvieron grandes capturas de esta especie cerca de la costa, a la altura de Ecuador y el norte de Perú. Sin embargo, a principios de la década de los setenta, el centro de abundancia del grupo sudeste se trasladó aparentemente a las aguas frente a Colombia y América Central, regresando nuevamente hacia Colombia y Ecuador a principios de la década de los ochenta.

En la Figura 14 se presenta la composición de tamaño de las muestras de barrilete obtenidas en el Pacífico oriental entre 1982 y 1987. Son evidentes las diferencias entre los años; la incidencia de peces de más de 55 cm (3.5kg o 7.8 libras) fue mayor en 1984–1987 que en años anteriores.

Estructura de la población

Es fundamental establecer si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico forma parte de una sola subpoblación o de varias subpoblaciones, y en este último caso, determinar en qué zonas aparecen las diferentes subpoblaciones e investigar las variaciones de la distribución según el tiempo y la edad. Se han usado varios métodos para estudiar este problema, incluidos el análisis de las estadísticas de captura, el ciclo vital, el marcado, y los datos genéticos bioquímicos. Diversas organizaciones, entre ellas la CIAT, la South Pacific Commission (SPC), el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EE.UU. y varias entidades japonesas han estudiado estos temas. Los resultados y recomendaciones de estos estudios se analizaron en una reunión de trabajo patrocinada por la SPC en 1980, a la que asistieron biólogos pesqueros y especialistas en genética de población; las conclusiones de esa reunión fueron analizadas a fondo en el Informe Anual de la CIAT de 1984. Ese informe contiene además un análisis de la estructura de población del barrilete en el Pacífico oriental, y su relación con las poblaciones en el resto del Pacífico. En resumen, existen dos hipótesis principales sobre el barrilete del Océano Pacífico: (1) la hipótesis de la subpoblación separada, que afirma que en el Océano Pacífico existen al menos dos subpoblaciones de barrilete genéticamente distintas; (2) la hipótesis de gradación (o clinal), que sostiene que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico sino que hay aislamiento por distancia: es decir, la probabilidad de hibridización de dos peces dados es una función inversa de la distancia entre uno y otro. En la reunión de trabajo se concluyó que la información actualmente disponible no permite decidir a favor de una u otra de las dos hipótesis. En el Pacífico oriental, el barrilete del norte de México y el de Sudamérica-Centroamérica parece formar parte de un solo grupo que habita una zona en forma de arco cuyos extremos se encuentran en esas dos zonas; los peces que se encuentran en los extremos de la distribución se mezclan, en cierta medida, en las zonas de desove del Pacífico central y/o occidental.

Modelos de abundancia y producción

Hace ya varios años que se realizan estudios a modesta escala para determinar los efectos de las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura del barrilete en el Océano Pacífico oriental. Uno de estos estudios, descrito en los documentos de reuniones anteriores de la CIAT, analiza la relación entre la abundancia aparente de barrilete en su segundo año de vida en el Océano Pacífico oriental y (1) el promedio de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en la zona del Océano Pacífico comprendida entre los 135° y los 180°W con TSM superiores a los 27.8°C (82°F); y (2) el índice de mezcla por viento (el cubo de la velocidad promedio del viento, que es aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano) en esta zona.

El primer análisis se efectuó en vista de la alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de larvas de barrilete capturadas en los arrastres de redes de zooplancton, lo cual permite pensar que puede haber más desove o supervivencia de larvas en los años más cálidos. El segundo análisis se realizó porque es posible que la supervivencia de las larvas de barrilete dependa del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Las investigaciones realizadas en el NMFS Southwest Fisheries Center de La Jolla indican que en la Corriente de California el alimento apto para las larvas de anchoa en sus primeras alimentaciones suele concentrarse en grupos y estratos bien definidos. El afloramiento y la mezcla deshacen los estratos y dispersan los organismos alimenticios, de modo que muchas de las larvas no pueden obtener alimento suficiente para sobrevivir. Aparentemente, existe una relación entre el desarrollo de generaciones fuertes de anchoas adultas y la debilidad de los vientos durante la etapa larval, y viceversa, y se creyó que pudiera ocurrir lo mismo en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. Se descubrió una correlación significativa entre la abundancia del barrilete y la TSM, y una correlación altamente

significativa entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable del 46% de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental.

Se han realizado además investigaciones para determinar si existe una relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte que fluye hacia el este. Si el barrilete usa esta corriente en su migración se esperaría que los peces jóvenes serían transportados al Pacífico oriental en cantidades superiores a lo normal cuando la corriente es más fuerte y en cantidades inferiores a lo normal cuando es más débil. Sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la abundancia del barrilete y los índices de la velocidad de la corriente. En general, los resultados obtenidos por los investigadores de la CIAT, en sus intentos por relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, indican que esta relación es compleja y sutil. Parte del problema podría quizás resolverse si se pudieran realizar estudios biológicos y estadísticos de la unidad (o de todas las unidades si hay más de una) de la población que contribuye a la pesca en el Pacífico oriental, en lugar de analizar tan sólo la parte que habita el Océano Pacífico oriental durante parte de su ciclo vital. Se cuenta con datos útiles sobre la captura, el esfuerzo y la CPUE tan sólo para algunas partes de la unidad (o unidades) de la población del Pacífico. La separación de las capturas de peces de la unidad (o unidades) de la población que contribuye a la pesca en el Pacífico oriental de aquella que no interviene en este proceso, constituye un problema adicional.

Los modelos de producción, basados en los índices de abundancia de los peces, ya se han descrito con relación al aleta amarilla en este Informe. Se señaló que modelos de este tipo no tienen validez a menos que los peces pertenezcan a una población diferenciada, es decir una en la cual haya relativamente poco intercambio entre los peces que habitan la zona estudiada (en este caso el Océano Pacífico oriental) y aquellos de otras zonas en las que se explota la especie en cuestión, o en la cual se conozcan los índices de intercambio entre las subpoblaciones. No se satisfacen estos requisitos, ya que el mercado ha demostrado que existe intercambio de peces del Océano Pacífico oriental, central, y occidental (Figura 50). Se captura la mayor parte del barrilete capturado en el Pacífico oriental bastante cerca de la costa, y aparentemente la mayor parte de esta captura proviene de los desoves en el Pacífico central y/o occidental, desoves que también pueden surtir a las regiones de alta mar del Pacífico oriental, central, y occidental. En consecuencia, es posible que la captura en el Pacífico oriental esté determinada por las porciones de juveniles nacidos en el Pacífico occidental y/o el central que se desplazan al Pacífico oriental, o por la abundancia de los juveniles en esta o esas zonas. A falta de una definición de la población explotada, el modelado de producción tiene poco o hasta ningún valor para el barrilete que se pesca en el Pacífico oriental.

Modelos con estructura de edades

Se analizó anteriormente en este Informe el enfoque del rendimiento por recluta aplicado a modelos con estructura de edades. Sin embargo, las poblaciones de barrilete y aleta amarilla del Pacífico oriental son algo diferentes. El agotamiento natural del aleta amarilla se debe sólo a la mortalidad natural, mientras que el del barrilete se debe también a la emigración al Pacífico central y occidental. A partir de los datos frecuencia-talla y del marcado, se calcula que la tasa anual combinada de mortalidad natural y emigración del barrilete es aproximadamente 75 a 90%, en comparación con el 55% de la mortalidad natural del aleta amarilla.

Se han empleado los datos de frecuencia-talla y de devolución de marcas para estimar la tasa de crecimiento del barrilete. Es mucho más difícil seguir la progresión de los grupos modales de esta especie que la del aleta amarilla, ya que la longitud modal varía de un mes a otro de forma muy errática. Evidentemente, la causa principal de esto radica en el reclutamiento de peces del Pacífico central y la emigración en dirección opuesta, pero además parece que la vulnerabilidad de grupos de

peces de varios tamaños varía considerablemente de un mes a otro en el Océano Pacífico oriental. Los datos del mercado son también útiles a este respecto, aunque su valor se ve limitado por el hecho de que la mayoría de los peces recapturados han estado poco tiempo en libertad. Un estudio casi completo proporciona estimaciones de las tasas lineales de crecimiento y de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, y éstas se están mostrando útiles en los estudios de modelos con estructura de edades.

En la Figura 51 se presentan los rendimientos por recluta del barrilete para varias combinaciones de agotamiento natural (la mortalidad natural más la emigración), esfuerzo de pesca, y tamaño de ingreso. Para obtener los cálculos que forman la base de esta figura se integraron las estimaciones de los investigadores de la CIAT de la mortalidad por pesca específica para cada edad durante 1986–1987, el crecimiento, y el agotamiento natural. Las fuentes de los datos sobre crecimiento en peso son las siguientes:

Cómputo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en longitud	24 cm/año	Manuscrito en preparación
Relación longitud-peso	$\log_{10}w = 3.02\log_{10}l - 7.41$	Boletín de la CIAT, Vol. 3, No. 7

Se usaron tasas anuales instantáneas de agotamiento natural de 1.5 (un 78%) y 2.0 (un 86%). Los valores en la escala horizontal son los múltiplos del esfuerzo de pesca, es decir, 0.5, 1.0, y 2.0 representan los valores del esfuerzo la mitad de, igual a, y el doble de los valores reales del esfuerzo de 1986–1987. Diferentes combinaciones del esfuerzo de pesca y del tamaño de ingreso rinden diferentes rendimientos por recluta, indicados por líneas en curvas. Por ejemplo, si se fija el tamaño de ingreso en 40 cm (unos 1.2kg/2.7 libras) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es aproximadamente 0.72kg (1.58 libras) en el recuadro superior y 0.39kg (0.85 libras) en el inferior. En el recuadro superior se produciría el rendimiento por recluta máximo con un tamaño de ingreso de unos 40cm con un multiplicador de 1, y de unos 48cm con un multiplicador de 2 a 3. En el recuadro inferior son máximos los rendimientos por recluta a un tamaño de ingreso de 30cm o menos. En general, se tendría que ejercer un esfuerzo de pesca mucho mayor al actual, o tener una edad de ingreso mucho menor que la actual, para sobreponer la población en el sentido de rendimiento por recluta. Esto se debe a que la pérdida en el peso total de una cohorte de peces, por mortalidad natural y emigración, excede su incremento por crecimiento, aún cuando los peces miden menos de 50cm y están supuestamente creciendo con rapidez.

Perspectivas en 1988

El modelo de rendimiento por recluta no señala que sea necesario controlar la pesca del barrilete. A un valor de agotamiento natural de 2.0, este modelo indica que se puede obtener el máximo rendimiento por recluta del barrilete adolescente del Océano Pacífico oriental mediante la pesca intensiva de ejemplares de más de 30cm. Aunque podría pensarse que esto reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, los conocimientos actuales sobre el desove y la estructura de la población indican que es poco probable que así suceda.

Se puede afirmar con bastante seguridad que el barrilete ha sido subexploitado en el Océano Pacífico oriental, y que esta situación no cambiará en el futuro inmediato. No obstante, es importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el ambiente, en particular por las dos razones siguientes. En primer lugar, es posible que estos conocimientos permitan pronosticar, con varios meses de anticipación, la abundancia de barrilete en el Pacífico oriental, lo cual sería muy valioso para los pescadores, quienes deben decidir por adelantado si han de pescar en el Océano Atlántico oriental, en el Pacífico oriental, o en el Pacífico occidental. En segundo lugar, es posible que el conocimiento de las condiciones ambientales favorables para la existencia del

barrilete, junto con la noción de los procesos dinámicos del océano, permita pronosticar los lugares y momentos en que existe mayor probabilidad de capturar barrilete, lo cual aumentaría la eficacia de la flota pesquera. Recientemente se ha analizado una gran variedad de datos sobre el barrilete y su relación con el ambiente, y se preparó un borrador de este importante estudio en 1986. El informe ha sido examinado por varios científicos de otras organizaciones, y se están revisando actualmente algunas partes, de acuerdo con sus sugerencias.

ALETA AZUL DEL NORTE

No se captura el atún aleta azul del norte en la mayor parte de aquella zona del Pacífico oriental en la cual se pescan los atunes tropicales, pero forma no obstante un componente importante de las capturas de los barcos pequeños (y de algunos de los grandes) que pescan frente a Baja California y el sur de Alta California. Barcos cerqueros son responsables de casi toda la captura, y la temporada de pesca se extiende típicamente desde fines de mayo hasta mediados de octubre, aunque se logran capturas esporádicas en otros meses. La captura en 1987 fue unas 1,100 toneladas, unas 4,500 toneladas menos que en 1986 y, con la excepción de 1983 y 1984, la captura más baja desde 1961. En 1987 se capturó aleta azul entre 25°N y 35°N, pero el 94% de la captura se logró entre 29°N y 34°N. Las capturas fueron mayores entre julio y septiembre, meses en los cuales se logró más del 80% de la captura total. En la Figura 52 se presentan las capturas anuales del atún aleta azul en el Océano Pacífico durante el período de 1951–1987. Las artes epipelágicas obtienen la mayoría de las capturas tanto en la parte oriental como occidental del Pacífico. Las capturas en el Pacífico occidental se incrementaron durante 1978–1983, después de un período de seis años de capturas escasas, pero disminuyeron nuevamente en 1984 y 1985. Las capturas en el Pacífico oriental fueron pobres durante 1980–1984, mejoraron en 1985 y 1986, y volvieron a ser pobres en 1987.

El personal de la CIAT estudia el atún aleta azul en modesta escala desde 1973. Antes de 1979, el personal obtenía datos de bitácora y media muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el Pacífico oriental para determinar la composición de longitud, pero a partir de ese año se intensificaron los estudios. En 1979, se preparó un análisis de los datos referentes a la evaluación de la población de esta especie (Informe Interno 12 de la CIAT). El Informe Anual de la CIAT para 1979 contiene un resumen de parte de este análisis. Asimismo, en 1982, los datos sobre la captura del atún aleta azul por zona, fecha, clase de arqueo, tamaño de cardumen, tipo del mismo, etc., fueron recopilados, analizados, y publicados en la serie de Boletines de la CIAT (Vol. 18, No. 2).

En 1958 y 1979–1980 el marcado del aleta azul en el Pacífico oriental fue llevado a cabo por el personal de la CIAT, y en 1962–1968 por el U.S. Bureau of Commercial Fisheries, el California Department of Fish and Game, y la Mission Bay Research Foundation. Los datos se resumen en la Tabla 23. Se han obtenido 10 recapturas del Pacífico occidental, todas ellas de peces que estuvieron en libertad más de 22 meses.

El marcado de atún aleta azul en el Japón fue llevado a cabo por empleados de la CIAT radicados allí en forma intermitente durante 1980–1982. Las recapturas obtenidas hasta ahora se presentan en la Tabla 24. Antes de realizarse estos experimentos solo se habían registrado dos casos de atunes aleta azul liberados en el Pacífico occidental y recapturados en el Pacífico oriental.

Se han recibido 27 devoluciones de peces marcados en agosto de su primer año de vida en el Pacífico occidental (longitud al ser liberados, 17 a 26cm) y recapturados en el Pacífico oriental (Informe Especial de la CIAT No. 2: 291; Tabla 24 de este informe). 26 de ellos fueron recapturados entre julio y septiembre del año siguiente, aproximadamente un año después de ser liberados, y el otro durante el julio del año subsecuente, aproximadamente dos años después de ser liberado. Se recapturaron además dos peces de edad 0+ marcados en agosto el junio siguiente, uno en 38°N–161°E y el otro en 38°N–172°E (Informe Anual de la CIAT, 1982: 35). Es posible que éstos hayan estado en camino al Pacífico oriental cuando fueron capturados. Se han recibido 24 devoluciones de peces marcados de enero a abril de su primer año de vida en el Pacífico occidental (longitud al ser liberados,

47 a 56cm) y recapturados en el Pacífico oriental (Tabla 24). Todos éstos fueron recapturados entre junio y septiembre, aproximadamente al año y medio de ser liberados. Esto parece significar que algunos peces comienzan su migración del oeste al este en el otoño de su primer año de vida, y que los demás comienzan su migración en la primavera, el verano, o el otoño de su segundo año de vida. (Sin embargo, un pez marcado liberado por el Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) del Japón el 8 de enero de 1985 fue recapturado el 10 de agosto de 1985, al cabo de tan sólo 214 días.) Es posible que otros peces migren del Pacífico occidental al oriental a edades mayores, pero no se dispone de información acerca de esto, debido a que no se ha marcado ningún pez de más de un año de edad en el Pacífico occidental.

La escasa captura de aleta azul en el Pacífico oriental y occidental en algunos años preocupa a los investigadores de la CIAT, y se ha prestado especial atención a las escasas capturas en el Pacífico oriental durante 1980–1984 y 1987. La única zona del Océano Pacífico donde se sabe que ocurre el desove es en las inmediaciones del Japón. Aparentemente, algunos peces permanecen toda su vida en el Pacífico occidental. Otros se desplazan al Pacífico oriental, probablemente durante el primer o segundo año de vida en el caso de la mayoría o hasta todos. Los que se desplazan durante el primer año se encuentran expuestos a la pesca de arrastre (sedal con anzuelo y cebo) veraniega y otoñal dirigida sobre atunes aleta azul pequeños y otras especies frente al Japón antes de empezar su viaje al Pacífico oriental en el otoño. Los que se desplazan en el segundo año de vida se encuentran además expuestos a la pesca arrastrera invernal y demás formas de pesca que tienen lugar en las inmediaciones del Japón, antes de comenzar su viaje al Pacífico oriental en la primavera, el verano, o el otoño. Despues de atravesar el océano, los peces migrantes son pescados por barcos cerqueros frente a California y Baja California. Tras una estadía en el Pacífico oriental, los sobrevivientes regresan al Pacífico occidental, donde eventualmente desovan. No se sabe cuanto tiempo permanecen en el Pacífico oriental, pero es altamente probable que algunos peces permanecen por lo menos dos años allí, ya que peces marcados en el Pacífico oriental han sido recapturados ahí mismo después de haber estado hasta 2 años en libertad. En el Pacífico oriental se capturan peces de por lo menos 6 o 7 grupos de edad, y es por consiguiente posible que algunos peces permanezcan allí por lo menos 5 o 6 años. A pesar de que la pesca en el Pacífico oriental tiene lugar principalmente de mayo a octubre, no se cree que los peces vuelvan cada invierno al Pacífico occidental. Esta opinión se basa esencialmente en el hecho de que no se ha capturado en el Pacífico occidental en el invierno o a principios de la primavera ningún pez marcado en el Pacífico oriental al cabo de menos de 674 días en libertad; si migraran al Pacífico occidental cada otoño y volvieran al Pacífico oriental cada primavera, es probable que se recapturarían algunos en el Pacífico occidental en el invierno o a principios de la primavera, al cabo de 100 a 150 días en libertad. Además, los gastos energéticos de un viaje tan largo son tan elevados que sería probablemente imposible para un pez realizar un tal viaje dos veces al año durante varios años seguidos.

Es posible que existan una o varias subpoblaciones de aletas azules en el Océano Pacífico. Si existen varias, es posible que una de ellas permanezca en el Pacífico occidental y la otra migre al Pacífico oriental. Si existe solamente una población homogénea, entonces es probable que las condiciones oceánicas determinen cuales de los peces juveniles en el Pacífico occidental intentan atravesar el océano, mientras que si existen subpoblaciones residentes y migratorias, entonces es probable que un mecanismo genético incite a los peces migratorios a desplazarse al Pacífico oriental y a regresar a su punto de partida. En los párrafos siguientes se consideran estas dos posibilidades en relación a las tendencias de captura en el Pacífico oriental y occidental.

Se considerará primero la hipótesis de una sola población homogénea. La reducción en las capturas del Pacífico oriental podría deberse a (1) una reducción en la abundancia total de peces de más de unos 60cm de largos, causada por la fuerte explotación frente al Japón de peces en su primer año de vida, (2) una reducción en la disponibilidad del aleta azul en el Pacífico oriental (es decir, una merma en la porción de la población que se ha desplazado al Pacífico oriental o una estadía promedio

más corta en el Pacífico oriental de los peces que hicieron ese recorrido), (3) una reducción del esfuerzo pesquero en el Pacífico oriental y/o (4) una reducción en la vulnerabilidad a la captura de los peces que se han desplazado al Pacífico oriental.

No es posible evaluar la primera posibilidad sin datos más detallados sobre las capturas de peces de diferentes tamaños en el Pacífico occidental. Si la abundancia de peces de longitud mayor de 60cm hubiera disminuido, se habrían reducido las capturas en el Pacífico occidental, a menos que se hubieran capturado cantidades mucho mayores de atunes aleta azul pequeños, o que hubiera aumentado la mortalidad relativa debida a la pesca de peces grandes como resultado de un incremento en el esfuerzo, un aumento en la eficacia de las artes que capturan atún aleta azul de más de 60cm, o una mayor vulnerabilidad de los peces a las artes debida a las condiciones oceanográficas. Datos relativamente crudos sobre las capturas de peces de varios tamaños servirían para resolver esta cuestión.

Parece existir una correlación inversa entre las capturas de atún aleta azul en el Pacífico oriental y occidental (Figura 53). Esto puede indicar que las condiciones oceanográficas limitaron la emigración de peces pequeños del Pacífico occidental en el período antes de escasearse las capturas en el Pacífico oriental. Si existieran datos sobre las capturas realizadas cada año en el Pacífico occidental de peces de edad 0 sería posible compararlos con los datos sobre capturas realizadas uno o dos años más tarde en el Pacífico oriental, pero desafortunadamente no es posible una tal comparación. Los datos de frecuencia-longitud del Pacífico oriental proporcionan información sobre la duración de una estadía promedio en esa zona. Las proporciones de peces grandes y pequeños en las capturas en el Pacífico oriental durante 1980–1984 y 1987 fueron aproximadamente iguales a las de otros años, lo cual indica que la estadía promedio en el Pacífico oriental no se ha acortado.

La cantidad de cerqueros de pequeño capacidad que, hasta fines de los años setenta, lograban la mayoría de las capturas de atún aleta azul en el Pacífico oriental, ha venido reduciéndose en los últimos años. En consecuencia, al analizar los datos sobre captura y esfuerzo, se debe tratar de establecer hasta qué punto la reducción en las capturas se debe a la disminución del esfuerzo de los barcos de varias capacidades. Por consiguiente, se calculó el número de lances cerqueros, la proporción de éstos que capturaron atún aleta azul, el tonelaje de aleta azul capturado por estos lances, y el tonelaje capturado por cada lance positivo, por clase de arqueo de los barcos, para la zona al norte de 23°N y la temporada de mayo a octubre desde 1975 hasta 1984, siendo éstas la zona y temporada de mayor captura. Los años de 1975 a 1984 incluyen tanto capturas normales como inferiores a lo normal. Algunos de los resultados obtenidos mediante el análisis de estos datos se presentan en la Figura 54. El número de lances de los barcos de la clase de arqueo 3, 4 y 5 se ha reducido en un 50%, mientras que la captura promedio por lance positivo sobre aleta azul ha permanecido casi igual. Las reducciones más grandes son aquellas de la captura y de la porción de los lances en los que se captura aleta azul. Según estos datos parece que una gran parte de la reducción en las capturas de atún aleta azul se debe a una menor vulnerabilidad o disponibilidad de esta especie a la captura, y que la reducción del esfuerzo desempeña un papel menos significativo.

Puesto que no existen razones evidentes que indiquen que la vulnerabilidad de estos peces frente a la captura ha disminuido en el Pacífico oriental, se ha descartado esta posibilidad hasta que se obtengan pruebas de lo contrario.

A continuación se analizará la hipótesis de la existencia de más de una subpoblación. Si existe una subpoblación migratoria, las capturas menores en el Pacífico oriental durante 1980–1984 y 1987 pueden deberse a: (1) una merma en la abundancia de la subpoblación migratoria, (2) una reducción en el esfuerzo de pesca en el Pacífico oriental y/o (3) una menor vulnerabilidad de los peces de la subpoblación migratoria a la captura en los últimos años. La segunda y la tercera posibilidad pueden ser causa de parte de la merma, pero no de su totalidad, por las razones expuestas en la discusión de la primera hipótesis. En consecuencia, si la segunda hipótesis es correcta, quizás sea apropiado tomar medidas para proteger a los peces de la subpoblación migratoria.

La información anterior señala por lo menos tres temas de investigación de alta prioridad. El primero sería determinar si existe una sola población homogénea o si hay subpoblaciones residentes y migratorias diferenciadas. Esto tal vez se logaría mediante estudios genéticos bioquímicos, pero dichos estudios serían costosos y requerirían mucho tiempo. El segundo tema consistiría en recolectar datos de la captura y frecuencia-longitud de las pesquerías japonesas y compararlos con los de la pesca cerquera en el Pacífico oriental. Un científico japonés pasará varios meses en La Jolla trabajando con la aleta azul durante el segundo semestre de 1988, y se espera que se realizarán avances en este tipo de trabajo. El tercero sería realizar un análisis del rendimiento por recluta. Esto ya se ha hecho usando sólo los datos de la Tabla 25. El origen de los datos de crecimiento con relación a la edad fue el siguiente:

Cómputo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en longitud	$l_t = 219(1 - e^{-0.21t})$	Inf. Anual CIAT, 1984: 258
Relación longitud-peso hasta mayo del tercer año de vida	$\log_e w = 3.40 \log_e l - 20.1$	Inf. Anual CIAT, 1980: 120
Relación longitud-peso después de mayo del tercer año de vida	$\log_{10} w = 2.78 \log_{10} l - 7.67$	California Department of Fish and Game, datos inéditos

El coeficiente de mortalidad natural en términos anuales se fijó en 0.6, y los coeficientes de mortalidad por pesca de las diversas pesquerías se asignaron a base de la información sobre las capturas obtenida de las estadísticas de captura y la devolución de marcas. En la Figura 55 se muestran las isolíneas del rendimiento por recluta derivadas a partir de estos datos. Los resultados de estos análisis indican que, en los supuestos niveles actuales del esfuerzo de pesca, el rendimiento por recluta se incrementaría si la edad de ingreso a la pesquería se elevara a unos 15 a 18 meses (alrededor de 51–59cm). Se espera obtener los datos necesarios para proseguir con estas investigaciones.

PATUDO

El patudo es capturado principalmente por embarcaciones palangreras. En la primera parte de la década de los cincuenta había poca pesca palangrera en el Pacífico oriental y, por consiguiente, poca captura de patudo. Sin embargo, a mediados de esa década los barcos palangreros japoneses empezaron a pescar en el Pacífico oriental, y las capturas de patudo aumentaron (Tabla 26). Correspondientemente, el personal de la CIAT le ha prestado más atención a esta especie. Entre 1965 y 1987 se publicaron ocho trabajos sobre la pesca japonesa palangrera de patudo y especies afines en el Pacífico oriental.

En la Figura 56 se presentan las distribuciones de la captura palangrera de patudo por unidad de esfuerzo en el Pacífico oriental, promediadas para el período de 1971 a 1980. Las tasas de captura por anzuelo (número de peces capturados por 100 anzuelos) fueron elevadas en la mayor parte del Pacífico oriental, excepto en la zona al norte de 5°N y al este de 125°W. Las zonas con las tasas de captura más elevadas fueron entre el Ecuador y las Islas Galápagos durante todo el año, al nordeste de Hawaii (la zona entre 18°–33°N y 120°–145°W) durante el primer y cuarto trimestre, y frente a la parte meridional del Perú y el norte de Chile en la zona entre los 18°–25°S y 80°–90°W durante los dos últimos trimestres.

En la región ecuatorial del norte, entre la línea ecuatorial y 10°N, donde se aplicó un fuerte esfuerzo de pesca, las tasas de captura por anzuelo fueron relativamente bajas durante el segundo semestre del año, especialmente en la parte occidental de esta región. En cambio, en la región ecuatorial del sur, entre la línea ecuatorial y 15°S, las tasas de captura fueron más elevadas en la parte occidental que en la parte oriental durante todo el año.

La distribución del esfuerzo no coincide plenamente con las zonas con las tasas más elevadas de captura de patudo por anzuelo, a pesar de que fue la especie más importante capturada por los palangreros japoneses. Por ejemplo, existió una fuerte concentración de esfuerzo en las aguas ecuatoriales (10°N a 15°S y al oeste de 110°W), pero las tasas de captura por anzuelo de patudo en esta zona no fueron particularmente elevadas. Además, aunque las tasas de captura por anzuelo fueron bastante elevadas al nordeste de Hawaii y frente a la parte meridional de Perú y el norte de Chile, no se aplicó mucho esfuerzo en esas zonas. Puede que esto se deba a que en la región ecuatorial el patudo pudo capturarse durante todo el año y los peces fueron generalmente grandes, mientras que más al norte y más al sur la aparición del patudo fue más estacional, y los peces solían ser más pequeños.

Se presentan en la Figura 58 los datos frecuencia-longitud del patudo capturado con palangre durante 1971-1980 en la zona delineada en la Figura 57. La mayoría de los peces capturados medían entre unos 100 y 170cm. La composición de longitud fue relativamente constante entre 1971 y 1974, pero se nota un cambio considerable entre 1975 y 1980. Las proporciones de peces más pequeños (menores de 120cm) fueron significativamente superiores en 1977 y 1979, y se evidenció una separación más fuerte de los grupos modales en 1975, 1976, 1979 y 1980. Estos cambios en la composición de longitud coinciden en tiempo con el incremento reciente del esfuerzo de pesca de los palangreros japoneses.

Las capturas estimadas de patudo por las artes epipelágicas en el Océano Pacífico oriental aumentaron hacia fines de los años 60 y en los años 70, y disminuyeron a partir de 1981 (Tabla 26). El aumento en las capturas se debió evidentemente a dos factores. En primer lugar, la captura del patudo no está reglamentada, lo cual pudo haber causado un aumento en las capturas reales, ya que los pescadores habrían preferido en algunos casos pescar esta especie y no el aleta amarilla, debido a que la captura de éste último estuvo controlada en una región considerable del Pacífico oriental durante la última parte de cada año entre 1966 y 1979. Simultáneamente, la pericia de los pescadores en capturar patudo probablemente mejoró. En segundo lugar, las estadísticas recientes son más precisas. Los pescadores obtienen el mismo precio por el patudo que por el aleta amarilla, así que frecuentemente se han registrado las capturas de patudo como si fueran de aleta amarilla. No obstante, desde que se promulgaron las reglamentaciones se registran con más frecuencia las dos especies por separado, y en las localidades donde no se hace así se ha aumentado la cobertura de descargas por parte de los empleados de la CIAT, quienes estiman las proporciones de las dos especies en descargas mixtas. La reducción posterior a 1981 tal vez se debe, en su mayor parte, a una disminución en el esfuerzo de pesca durante ese período.

Los estudios de los investigadores de la CIAT sobre el patudo capturado por artes epipelágicas han consistido principalmente en (1) anotar y procesar los datos de captura y esfuerzo basados en los cuadernos de bitácora y la información sobre el peso descargado, (2) la recolección de datos frecuencia-longitud en las enlatadoras, y (3) el análisis de estos datos. Además, durante el período 1959-1978 se marcaron 611 patudos capturados por artes epipelágicas, y se han recapturado 15 de éstos.

En la Figura 59 se presentan las distribuciones trimestrales de la captura epipelágica de patudo en el Pacífico oriental, promediadas para el período de 1973 a 1980, obtenidas de los datos de bitácora recolectados por el personal de la CIAT. Las capturas mayores se lograron frente al norte de Sudamérica, excepto en el tercer trimestre.

Los investigadores del Far Seas Fisheries Research Laboratory del Japón y de la CIAT terminaron recientemente un análisis de la pesca epipelágica de patudo en el Océano Pacífico

oriental. Se descubrió que existe una sobreposición considerable en las longitudes de patudos capturados por la pesca palangrera y epipelágica. Un 72% de la captura de patudo se obtiene en cardúmenes no asociados, un 25% en cardúmenes asociados con objetos flotantes, y el resto en cardúmenes asociados con ballenas, tiburones y delfines. Durante el período de 1971 a 1980, el promedio de captura de patudo por lance positivo fue de 22 toneladas (21 y 29 toneladas respectivamente en cardúmenes no asociados y en cardúmenes asociados con objetos flotantes). El porcentaje de patudo capturado en cardúmenes puros (que no están mezclados con otras especies de importancia comercial) fue de 73% en cardúmenes no asociados, y de 31% en cardúmenes asociados con objetos flotantes.

En la sección sobre el patudo del Informe Anual de la CIAT de 1987 se presentan los movimientos de patudos marcados que permanecieron mucho tiempo en libertad. Las distancias recorridas fueron inferiores a muchas que se han anotado para otras especies de atunes de importancia comercial, pero, en vista del bajo número de recapturas, no se debe asignar demasiada importancia a ésto.

En general, hay dos métodos para analizar los efectos de la pesca sobre una población de peces: el modelado de producción, y el modelado de la estructuración de la edad. Estos modelos se describen detalladamente en la sección de este informe que trata del aleta amarilla.

Modelos de producción

Los modelos de producción pueden ser aplicados solamente a peces de poblaciones separadas; en consecuencia, sólo se pueden usar para el patudo del Océano Pacífico oriental si hay relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de las zonas más al oeste. Debido a la falta de datos de marcado y de otros estudios que aportarían información sobre la estructura del stock, no es posible estimar el grado de mezcla (si es que existe) de patudo procedente de diferentes zonas.

En la Figura 60 se presentan los datos del esfuerzo, la captura y la captura por unidad de esfuerzo (cantidad de peces capturados por millón de anzuelos) correspondientes a 1954-1984, en la parte del Océano Pacífico oriental delineada en la Figura 57. Se escogió esta zona porque incluye las zonas principales de pesca de patudo, y se cree que la inclusión de datos de zonas con grandes cantidades de esfuerzo y pocas capturas de patudo ocultaría la posible relación entre el esfuerzo y la captura de patudo. En 1954-1960, el esfuerzo y la captura fueron bajos, y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) elevada. De 1961 a 1964, el esfuerzo y la captura fueron muy superiores a los de 1954-1960. En 1961 la CPUE fue ligeramente inferior a 3 peces por 100 anzuelos, y en 1964 se redujo a menos de 1.5 peces por 100 anzuelos. De 1964 a 1984 fluctuó el esfuerzo entre 38 y 114 millones de anzuelos, y la captura entre 0.37 y 1.07 millones de peces, pero la CPUE permaneció aproximadamente constante, cerca de 1 pez por 100 anzuelos. Es normal que la CPUE disminuya al aumentar el esfuerzo, y una pequeña reducción no indica necesariamente una pesca excesiva (desde el punto de vista de reducir el promedio de rendimiento máximo sostenible (PRMS), como se informa en la sección de este informe que trata del aleta amarilla). Sin embargo, la reducción de la CPUE a menos de la mitad de lo que era cuando el esfuerzo era bajo puede indicar una reducción de la población a un nivel inferior al necesario para producir el PRMS. No obstante, puede resultar significativo el hecho de que las capturas se hayan más que duplicado en el período 1965-1980, mientras que las CPUE permanecieron casi iguales. Esto puede deberse a una intensificación de la pesca de patudo por parte de los pescadores palangreros debido al precio elevado del mismo. Por ejemplo, es posible que el mayor empleo de las artes palangreras de profundidad a fines de los años setenta haya mantenido la CPUE del patudo al mismo nivel mientras que se reducía su abundancia. El desconocimiento actual sobre los niveles de intercambio de peces entre la zona analizada y las zonas adyacentes contribuye también a la incertidumbre en la interpretación de los datos.

Modelos con estructura de edades

El modelo de rendimiento por recluta (un tipo de modelo con estructura de edades) suministra información sobre el rendimiento por recluta que puede esperarse con varias combinaciones de esfuerzo de pesca y tamaños de ingreso. El modelo se basa en datos sobre la longitud a la edad o el peso a la edad y la mortalidad natural. Ambos, especialmente la mortalidad natural, son difíciles de estimar. Se calculó no obstante el rendimiento por recluta de patudo con respecto a varias combinaciones de esfuerzo de pesca (F) y de longitud de ingreso. Los datos sobre la longitud a la edad se obtuvieron según una ecuación de crecimiento de patudo presentada en el Boletín de la CIAT (Vol. 11, No. 2). Puesto que con los datos actualmente disponibles es imposible estimar en forma confiable el coeficiente de mortalidad natural (M) del patudo, se emplearon valores anuales experimentales de 0,4, 0,6, 0,8, y 1,0. En la Figura 61 se presentan los resultados, con longitudes de ingreso de 40cm (2kg o 4 libras), 60cm (5kg o 12 libras), 90cm (17kg o 38 libras), 120cm (40kg o 87 libras) y 150cm (76kg o 167 libras) y valores de F de 0,0 a 1,6. En cada caso, el rendimiento por recluta fue mínimo a una longitud de ingreso de 150cm, así que el estudio se limitará a los otros cuatro valores, 40, 60, 90 y 120cm. Según las Figuras 58 y 17, parece que la mayoría del patudo capturado por cerqueros y palangreros se recluta a una longitud de unos 90 a 120cm y 60 a 90cm, respectivamente. Sin embargo, en 1980 y 1982-1984, se capturaron en la pesca cerquera grandes cantidades de patudo entre los 40 y 60cm. A un valor de M de 0,4, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual para todas las longitudes de ingreso con valores de F hasta 0,4. A valores de F de 0,6 o más, el rendimiento por recluta es menor para una longitud de ingreso de 40cm, y a valores de F de 0,8 o más es menor para una longitud de ingreso de 60cm. A un valor de M de 0,6, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos valores de F para longitudes de ingreso de 60, 90 y 120cm. Es asimismo aproximadamente igual para una longitud de ingreso de 40cm con valores de F hasta 0,6, pero a valores mayores de F el rendimiento por recluta es menor. A un valor de M de 0,8 el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos valores de F , a cualquier longitud de ingreso. A un valor de M de 1,0 el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos valores de F para longitudes de ingreso de 40, 60 y 90cm, pero menor para una longitud de ingreso de 120cm. En general, a valores elevados de M se obtienen los rendimientos por recluta mayores con longitudes de ingreso pequeñas o intermedias (40, 60, y 90cm), y a valores bajos de M se obtienen los rendimientos por recluta mayores con longitudes de ingreso intermedias (90 y 120cm). Aunque actualmente no se sabe cuál valor de M es más aplicable a la población de patudo explotada por la pesca epipelágica y palangrera del Pacífico oriental, lo más probable es que caiga entre 0,6 y 0,8. A estos niveles, los análisis anteriores indican que el rendimiento por recluta alcanzaría el máximo a una longitud de ingreso entre unos 90 y 120 cm. Esto significa que la longitud de ingreso promedio para la pesca epipelágica es inferior a aquella que lograría un rendimiento por recluta máximo, y que aquella de la pesca palangrera es superior a esa longitud. Sin embargo, se recalca que estas estimaciones se basan en datos inadecuados, así que son poco confiables. Además, aún si se supiera que estas estimaciones eran confiables, habría muy poca oportunidad de influir en la longitud de ingreso en una u otra pesquería.

BARRILETE NEGRO

El barrilete negro forma sólamente una muy pequeña parte de los descargues de atunes capturados en el Pacífico oriental, pero tiene importancia comercial en varios países latinoamericanos. Forma además un recurso de magnitud importante, que probablemente será explotado más fuertemente a medida que aumente la demanda de atún. Por consiguiente, es prudente obtener todo conocimiento posible sobre esta especie.

El conocimiento actual del barrilete negro proviene principalmente de los datos de bitácora de los barcos, de datos sobre los pesos de peces descargados en las enlatadoras, de estómagos, gónadas y

mediciones de peces obtenidas en las enlatadoras, de gónadas recolectadas en cruceros de marcado para estudios histológicos, de estudios de huevos y larvas (orientados principalmente a otras especies), de datos de recaptura de barriletes negros marcados incidentalmente cuando se marca aleta amarilla o barrilete, y de datos fisiológicos obtenidos en un crucero de marcado.

En la Tabla 1 se presentan los datos sobre los descargues de barrilete negro por barcos atuneros de 1972 a 1987. Estos datos incluyen sólo el pescado descargado; se sabe que se capturan cantidades mayores, pero como no se descargan, no se incluyen en las estadísticas. Además, esta especie es capturada por pequeños barcos basados en Latinoamérica, de los cuales no se obtienen datos. Las capturas reales son así superiores a las indicadas en la tabla. En la Figura 62 se presentan las zonas de captura de 1980 a 1983 de barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora.

En el Informe Interno 17 de la CIAT se presenta un análisis de la relación peso-longitud del barrilete negro. En un crucero de marcado, realizado en 1981, se hicieron algunas observaciones sobre la habilidad natatoria, la temperatura del cuerpo, y el tiempo requerido para la evacuación gástrica; el análisis de los resultados se publicó en una revista científica en 1984. Se terminaron recientemente estudios para determinar las zonas y la duración de desove, el tamaño al alcanzar la madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad, y la frecuencia del desove, y se publicaron los resultados en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, No. 2. El cálculo del potencial reproductivo tiene una importancia primordial en lo referente a la dinámica de poblaciones de los peces, ya que es un determinante básico de la productividad. Además, ya que la cantidad de peces de tamaño capturable disponible a la pesca depende en gran parte del éxito del desove y de la sobrevivencia durante los primeros estadios del ciclo vital, los estudios de este tipo pueden producir información de valor potencial para realizar pronósticos.

Se han recolectado grandes cantidades de larvas y juveniles de barrilete negro y de otras especies de escómbridos (atunes y caballas), en particular frente a América Central y cerca de la desembocadura del Mar de Cortez. Además, se han marcado 1,502 barriletes negros, de los cuales se ha registrado la recaptura de 107. En el Informe Anual de la CIAT para 1982 se presenta información sobre las migraciones y el crecimiento del barrilete negro, basada en estos datos. Los datos sobre larvas y juveniles, junto con los datos de marcado y de bitácora, proporcionan los índices de abundancia del barrilete negro con relación a las demás especies de escómbridos. Esta información parece indicar que la producción anual potencial de esta especie es muy superior a los niveles actuales de descargue.

Usando salabres, se han capturado de noche larvas y juveniles de barrilete negro frente al laboratorio de Achetines de la CIAT (Panamá), y un espécimen sobrevivió 136 días en cautiverio antes de saltar del tanque al piso. El objetivo principal del proyecto de Achetines es estudiar los primeros estadios del ciclo vital de los atunes, y los estudios actuales sobre el barrilete negro suministrarán información valiosa sobre esta especie y los atunes en general.

APPENDIX 1—ANEXO 1
STAFF*—PERSONAL*

DIRECTOR

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)

SCIENTIFIC—CIENTIFICO**Senior Scientists—Científicos Principales**

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington) Biology	—Biología
David A. Bratten, B.S. (San Diego State University) Biology	—Biología
Stephen T. Buckland, Ph.D. (University of Aberdeen) Population dynamics (to December 15)	—Dinámica de poblaciones (hasta el 15 de diciembre)
Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard University) Biology	—Biología
Martín A. Hall, Ph.D. (University of Washington) Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Michael G. Hinton, M.S. (University of Washington) Biology: statistics	—Biología: estadística
Witold L. Klawe, M.A. (University of Toronto) Biology	—Biología
Forrest R. Miller, M.A. (University of California at Los Angeles) Meteorology	—Meteorología
Robert J. Olson, M.A. (San Diego State University) Biology	—Biología
Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State University) Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Alexander Wild, Ph.D. (University of British Columbia) Biology	—Biología

Associate Scientists—Científicos Asociados

Alejandro A. Anganuzzi, Lic. (Universidad Nacional de Mar del Plata) Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington) Biology	—Biología
Edward H. Everett, B.S. (San Jose State University) Biology: statistics	—Biología: estadística
Terry J. Foreman, M.S. (San Diego State University) Biology	—Biología
Milton F. López, B.S. (University of Rhode Island) Computer science	—Ciencia de computadoras

Ashley J. Mullen, B.A. (University of Warwick)	
Biology: mathematics	—Biología: matemáticas
Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)	
Biology: population dynamics	—Biología: dinámica de poblaciones
Kurt M. Schaefer, M.S. (San Diego State University)	
Biology	—Biología
Vernon P. Scholey, B.S. (University of Washington)	
Biology	—Biología (Achotines, Panamá)
Michael D. Scott, M.A. (University of California at Los Angeles)	
Biology	—Biología
Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State University)	
Computer programmer	—Programadora de computadoras

Assistant Scientists—Científicos Auxiliares

Ernesto Altamirano Nieto, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Ensenada, México)
Adrián Celaya Ortega, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California Sur)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Ensenada, México)
(from November 6	desde el 6 de noviembre)
David R. Cormany, B.A. (Western Washington University)	
Biology	—Biología
Leonardo García, Lic. (Universidad de Guayaquil)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Manta, Ecuador)
Craig F. Heberer, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Manta, Ecuador)
Cutberto Hernández M., B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Ensenada, México)
(to March 31	hasta el 31 de marzo)
Richard J. Lindsay, B.S. (Long Island University)	
Biology	—Biología
Eric E. Pedersen, B.S. (Humboldt State University)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Ensenada, México)
Andris Purmalis, B.S. (University of Michigan)	
Biology: statistics	—Biología: estadística (Panamá, R.P.)

Lesly Rodríguez, Lic. (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua) Biology	—Biología
Jorge L. Sayegh, Ocean. (Universidad de Oriente) Biology: statistics	—Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Osvaldo A. Silva, Ict. Pis. (Instituto de Altos Estudios de la Técnica en la Industria y Economía Pesquera, Astrakhan, USSR) Biology: statistics	—Biología: estadística (Panamá, R.P.)
Karen L. Smith, M.A. (University of Aberdeen) Biology: mathematics	—Biología: matemáticas
Sachiko Tsuji, Ph.D. (University of Tokyo) Biology: population dynamics (from May 16)	—Biología: dinámica de poblaciones desde el 16 de mayo)
Enrique Ureña Portales, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California) Biology: statistics (from March 16)	—Biología: estadística desde el 16 de marzo) (Ensenada, México)

TECHNICAL—TECNICO

Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico) Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio
Joanne E. Boster Scientific technician (from December 21)	—Técnica científica desde el 21 de diciembre)
Julio Carranza Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Coishco, Perú)
Nannette Y. Clark Statistical technician	—Técnica en estadística
Rafael A. Gaudier, B.B.A. (Universidad de Puerto Rico) Waterfront contact: laboratory technician (to December 15)	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Mayaguez, Puerto Rico) hasta el 15 de diciembre)
Juan A. Gracia, J.D. (Universidad Católica de Puerto Rico) Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Mayaguez, Puerto Rico)
Christopher Hazell Diesel mechanic (to November 30)	—Mecánico de diésel (Achotines, Panamá) hasta el 30 de noviembre)

Gary A. Hunt Diesel mechanic (from November 16	—Mecánico de diésel (Achotines, Panamá) desde el 16 de noviembre)
Kevin C. McCarthy, B.S. (Cornell University) Scientific technician (to November 15	—Técnico científico hasta el 15 de noviembre)
C. Anibal Orbes A. Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio (Manta, Ecuador)
Raymond C. Rainey Waterfront contact: laboratory technician	—Representante en el muelle: técnico de laboratorio

ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO

Lucy Dupart Technical translator (to January 30	—Traductora técnica hasta el 30 de enero)
Elizabeth J. Hubert Switchboard operator (to March 31	—Telefonista hasta el 31 de marzo)
Berta N. Juarez Bilingual secretary to the Director (from July 20	—Secretaria bilingüe del Director desde el 20 de julio)
James M. Lannon Administrative assistant	—Ayudante administrativo
Jennifer Metcalfe de Roth Technical translator (from March 1 to August 15	—Traductora técnica del 1 de marzo al 15 de agosto
Regina A. Newman Bilingual secretary to the Director (to May 31	—Secretaria bilingüe del Director hasta el 31 de mayo)
Sarah J. Stanke, B.A. (University of Wisconsin) Bilingual secretary (from July 13	—Secretaria bilingüe desde el 13 de julio)
Nicholas J. Webb, B.A. (University of York) Technical translator (from July 15	—Traductor técnico desde el 15 de julio)

* All staff members at La Jolla unless otherwise noted

* Todos en La Jolla, a menos que se indique lo contrario

APPENDIX 2—ANEXO 2**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL****Balance Sheet, September 30, 1987—****Balance General, 30 de Septiembre de 1987***Assets—Activo*

Current assets—Activo circulante	
Cash—Efectivo	\$ 583,958
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	19,394
Advances and deposits—Anticipos y depósitos	<u>135,987</u>
Total current assets—Activo total circulante	739,339
Real property, at cost—Propiedad raíz, al costo	<u>325,775</u>
	<u>\$1,065,114</u>

Liabilities and fund balances—Pasivo y balance de los fondos

Current liabilities—Pasivo circulante	
Accounts payable—Cuentas por pagar	41,400
Accrued expenses—Gastos acumulados	219,345
Deferred revenue—Ingresos diferidos	<u>—</u>
Total current liabilities—Pasivo total circulante	260,745
Fund balance—Balance de los fondos	
General fund (deficiency)—Fondo general (déficit)	478,594
Real property fund—Fondo propiedad raíz	<u>325,775</u>
Total fund balance—Balance total de los fondos	804,369
	<u>\$1,065,114</u>

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statement of Changes in Financial Position for the Year Ended September 30, 1987—
Declaración de Cambios en la Situación Financiera Correspondiente
al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1987

Sources of working capital—Origen del capital de trabajo	\$ —
Excess of revenues over expenses—Exceso de gastos sobre los ingresos	—
Increase in working capital—Aumento en el capital de trabajo	—
Uses of working capital—Utilización del capital de trabajo	
Deficiency of revenues over expenses—Déficit de ingresos sobre los gastos	109,607
Decrease in working capital—Reducción del capital de trabajo	<u>109,607</u>
Changes in components of working capital—Cambios in componentes de capital de trabajo	
Increase (reduction) in current assets—Aumento (reducción) del activo circulante	
Cash—Efectivo	70,439
Certificates of deposit—Certificados de depósito	(300,863)
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	73,344
Advances and deposits—Anticipos y depósitos	<u>776</u>
	(156,304)
Increase (decrease) in current liabilities—Aumento (reducción) en el pasivo circulante	
Accounts payable—Cuentas por pagar	10,800
Accrued expenses—Gastos acumulados por pagar	(11,139)
Deferred revenue—Ingresos diferidos	<u>(46,358)</u>
	(46,697)
Increase (decrease) in working capital—Aumento (reducción) en el capital de trabajo	<u>\$ (109,607)</u>

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statement of Revenue and Expenses for the Year Ended September 30, 1987—
Declaración de Ingresos y Gastos Correspondiente al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1987

Revenue—Ingresos

Government contributions for joint expenses—Contribuciones de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America—Estados Unidos de América	\$2,745,000
Japan—Japón	90,710
France—Francia	50,424
Nicaragua	500
Panama—Panamá	500
	<hr/>
Total contributions—Contribuciones totales	2,887,134
Contract revenue—Ingresos por contrato	129,467
Interest income—Ingresos por interés	65,133
Other revenue—Otros ingresos	14,675
	<hr/>
Total revenue—Ingreso total	3,096,409
<i>Expenses—Gastos</i>	
Salaries—Sueldos	1,344,706
Employee benefits—Beneficios laborales	261,295
Contract expenses—Gastos por contratos	378,865
Travel expenses—Gastos por viajes	219,093
Scientific technician costs—Gastos de los técnicos científicos	285,589
Printing and postage—Imprenta y franqueo	94,843
Legal and professional—Legales y profesionales	18,334
Materials and supplies—Materiales y suministros	491,009
Rent and utilities—Alquiler y servicios públicos	47,787
Insurance and taxes—Seguros e impuestos	46,120
(Gain) loss on foreign currency translation—(Ganancia) pérdida en cambio de moneda extranjera	14
Tag rewards—Recompensas por marcas de peces	28
Miscellaneous—Miscelánea	28,333
	<hr/>
Total expenses—Gastos totales	3,206,016
Excess (deficiency) of revenue over expenses—Exceso (déficit) de gastos sobre ingresos	\$ (109,607)
	<hr/>

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statement of Changes in Fund Balances for the Year Ended September 30, 1987—
Declaración de Cambios en el Balance de los Fondos Correspondiente al
Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1987

	<u>Unrestricted fund balance— Balance ilimitado de los fondos</u>	<u>Real property fund— Fondo propiedad raíz</u>	<u>Total</u>
Balance (deficiency) at September 30, 1985— Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1985	\$(92,411)	\$325,775	\$233,364
Excess of revenue over expenses Exceso de ingresos sobre los gastos	<u>680,612</u>	<u>—</u>	<u>680,612</u>
Balance (deficiency) at September 30, 1986 Balance (déficit) hasta el 30 de diciembre de 1986	588,201	325,775	913,976
Excess of revenue over expenses Exceso de ingresos sobre los gastos	<u>(109,607)</u>	<u>—</u>	<u>(109,607)</u>
Balance (deficiency) at September 30, 1987— Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1987	<u>\$478,594</u>	<u>\$325,775</u>	<u>\$842,377</u>

APPENDIX 3—ANEXO 3
PUBLICATIONS BY IATTC STAFF MEMBERS RECEIVED DURING 1987
PUBLICACIONES DEL PERSONAL DE LA CIAT RECIBIDOS DURANTE 1987

Annual Report—Informe Anual

1986

Bulletins—Boletines

Miyabe, Naozumi, and William H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980, Vol. 19, No. 1.

Schaefer, Kurt M. 1987. Reproductive biology of black skipjack, *Euthynnus lineatus*, an eastern Pacific tuna, Vol. 19, No. 2.

Punsly, Richard. 1987. Estimation of the relative annual abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean during 1970-1985, Vol. 19, No. 3.

Book—Libro

Joseph, James, Witold Klawe y Pat Murphy. 1986. Atunes y Peces Espada—los Peces sin Patria. Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla: vii, 46 pp.

Internal Report—Informe Interno

Forsbergh, Eric D. 1987. Rates of attrition, cohort analysis, and stock production models for skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the eastern Pacific Ocean, No. 20: 37 pp.

Outside journals—Revistas externas

Joseph, James. 1987. Latin America's expanding role in the eastern Pacific tuna fishery. INFOFISH Marketing Digest, 2/87: 31-34.

Buckland, Stephen T. 1987. Estimation of minke whale numbers from the 1984/85 IWC/IDCR Antarctic sightings data. Int. Whaling Comm., Rep. Comm., 37: 263-268.

Buckland, Stephen T. 1987. An assessment of the performance of line transect models for fitting IWC/IDCR cruise data, 1978/79 to 1984/85. Int. Whaling Comm., Rep. Comm., 37: 277-279.

Hall, M. A., and S. D. Boyer. 1987. Incidental mortality of dolphins in the eastern tropical Pacific tuna fishery in 1985. Int. Whaling Comm., Rep. Comm., 37: 361-362.

Majors, Anthony P., and Forrest R. Miller. 1987. Summary of the 1986 North Pacific albacore fishery data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep., LJ-87-12: iv, 45 pp.

Joseph, James. 1987. The aquatic resources of the Pacific: their conservation and management. Pacif. Sci. Congr., Proc., 16: 139-153.

Buckland, S. T. 1987. On the variable circular plot method of estimating animal density. Biometrics, 43 (2): 363-384.

Foreman, Terry. 1987. A method of simultaneously tagging large oceanic fish and injecting them with tetracycline. U.S. Nat. Mar. Fish Serv., Fish. Bull., 85 (3): 345-347.

Schaefer, Kurt M. 1987. Second record of the kawakawa, *Euthynnus affinis*, from the eastern Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish Serv., Fish. Bull., 85 (3): 347-348.

Scott, Michael D., and Joseph G. Cordaro. 1987. Behavioral observations of the dwarf sperm whale, *Kogia simus*. Mar. Mam. Sci., 3 (4): 353-354.

Wells, Randall S., Michael D. Scott, and A. Blair Irvine. 1987. The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. In Genoways, H. H. (editor), Current Mammalogy, Volume 1, Plenum Press, New York and London: 247-305.

Scott, Michael D., Wayne L. Perryman, y Philip Hammond. 1987. Obtención de información sobre la reproducción de delfines, magnitud y estructura de los grupos según fotografías aéreas. En de Alba Pérez, Carlos R. (redactor), X Reunión Internacional sobre Mamíferos Marinos, Memoria: 127-136, 173-175.