
ANNUAL REPORT

of the

Inter-American Tropical Tuna Commission

1991

INFORME ANUAL

de la

Comisión Interamericana del Atún Tropical

La Jolla, California

1992

CONTENTS – INDICE
ENGLISH VERSION – VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION.....	7
COMMISSION MEETINGS.....	8
ADMINISTRATION	11
Budget	11
Financial statement	11
INTER-AGENCY COOPERATION	11
VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS	12
FIELD STATIONS.....	13
PUBLICATIONS	13
THE FISHERY.....	14
Statistics of catches and landings.....	14
The eastern Pacific Ocean tuna fleet	15
REGULATION OF THE FISHERY	17
RESEARCH	18
Tuna and billfish biology	18
Tuna-dolphin investigations	44
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1991 AND OUTLOOK FOR 1992.....	51
Yellowfin.....	51
Skipjack	65
Northern bluefin.....	69
Bigeye.....	74
Black skipjack	77
<hr/>	
FIGURES AND TABLES – FIGURAS Y TABLAS.....	79

VERSION EN ESPAÑOL – SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION	183
REUNIONES DE LA COMISION.....	184
ADMINISTRACION	187
Presupuesto.....	187
Informe financiero	187
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES.....	187
CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA.....	188
OFICINAS REGIONALES.....	189
PUBLICACIONES.....	190
LA PESQUERIA	190
Estadísticas de capturas y desembarcos.....	190
La flota atunera del Océano Pacífico oriental.....	192
REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA	194
LA INVESTIGACION.....	194
Biología de los túnidos y picudos	194
Investigaciones atún-delfín.....	223
CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1991 Y PERSPECTIVAS PARA 1992.....	230
Aleta amarilla	230
Barrilete	245
Aleta azul del norte	250
Patudo.....	254
Barrilete negro	258
<hr/>	
APPENDIX 1 – ANEXO 1	
STAFF – PERSONAL	259
APPENDIX 2 – ANEXO 2	
RESOLUTION PASSED AT INTERGOVERNMENTALMEETING – RESOLUCION APROBADO EN EL REUNION INTERGUBERNAMENTAL	264
APPENDIX 3 – ANEXO 3	
FINANCIAL STATEMENT – DECLARACION FINANCIERA.....	267
APPENDIX 4 – ANEXO 4	
PUBLICATIONS – PUBLICACIONES.....	271



**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1991**

**LOS COMISIONADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN
TROPICAL Y SUS PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA FUNDACION
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1991**

COSTA RICA		MEXICO	
Virgilio Aguiluz	1950-1965	Rodolfo Ramírez G.	1964-1966
José L. Cardona-Cooper	1950-1979	Mauro Cárdenas F.	1964-1968
Victor Nigro	1950-1969	Hector Chapa Saldaña	1964-1968
Fernando Flores B.	1958-1977	Maria Emilia Téllez B.	1964-1971
Milton H. López G.	1965-1977	Juan Luis Cifuentes L.	1967-1970
Eduardo Beeche T.	1969-1971	Alejandro Cervantes D.	1960-1978
Francisco Terán Valls	1971-1977	Amin Zarur M.	1968-1970
Manuel Freer	1977-1979	Arturo Díaz R.	1970-1978
Gabriela Myers	1977-1979	Joaquín Mercado F.	1970-1977
Rodolfo Sáenz O.	1977-1979	Pedro Mercado S.	1970-1975
Manuel Freer Jimenez	1989-1990	Fernando Castro y Castro	1975-1977
Carlos P. Vargas	1989-1990		
Stewart Heigold Stuart	1990	CANADA	
Herbert Nanni Echandi	1990	Emerson Gennis	1968-1969
UNITED STATES OF AMERICA		Alfred W. H. Needler	1968-1972
Lee F. Payne	1950-1961 ¹	E. Blyth Young	1968-1980
Milton C. James	1950-1951	Leo E. Lahrosse	1970-1972
Gordon W. Sloan	1951-1957	Robert L. Payne	1970-1974
John L. Kask	1952	G. Ernest Waring	1970-1976
John L. Farley	1953-1956	S. Noel Tibbo	1970-1977
Arnie J. Suomela	1957-1959	James S. Beckett	1977-1984
Robert L. Jones	1958-1965 ²	Michael Hunter	1981-1984
Eugene D. Bennett	1950-1968 ³		
J. Laurence McHugh	1960-1970	JAPAN	
John G. Driscoll, Jr.	1962-1975 ⁴	Tomonari Matsushita	1971-1973
William H. Holmstrom	1966-1973	Shoichi Masuda	1971-1985
Donald P. Loker	1969-1976	Fumihiko Suzuki	1971-1972
William M. Terry	1970-1973 ⁵	Seiya Nishida	1972-1974
Steven E. Schanes	1973-1974	Kunio Yonezawa	1973-1979
Robert C. Macdonald	1973-	Harumori Kaya	1974-1976
Wilvan G. Van Campen	1974-1976	Michio Mizoguchi	1976-1977
Jack Gorby	1975-	Michihiko Junihiro	1979-1980
Glen H. Copeland	1976-1977	Tatsuo Saito	1979-1983
Wymerley Coerr	1977-1988	Tshio Isogai	1980-1983
Henry R. Beasley	1986-	Susumu Akiyama	1984-1986
Mary L. Walker	1988-	Ryuichi Tanabe	1984-1985
		Satoshi Moriya	1985-1987
		Yamato Ueda	1985-
		Takehisa Nogami	1986-1989
		Kazuo Shima	1987-1989
		Shigenobu Kato	1989-1991
		Kouji Imamura	1989-
		Koichiro Seki	1991-
PANAMA		FRANCE	
Miguel A. Corro	1953-1957	Serge Garache	1973-1983
Domingo A. Díaz	1953-1957	Robert Letaconnoux	1973-1983
Walter Myers, Jr.	1953-1957	Rene Thibaudau	1976-1977
Juan L. de Obarrio	1958-1980	Maurice Fourmeyron	1980-1987
Richard Eisenmann	1958-1960	Dominique Piney	1984-
Gabriel Galindo	1958-1960	Daniel Silvestre	1990-
Harmodio Arias, Jr.	1961-1962		
Roberto Novoy	1961-1962	NICARAGUA	
Carlos A. López Guevara	1962-1974	Gilberto Bergman Padilla	1973-1980
Dora de Lanzner	1963-1972	Antonio Flores Arana	1973-1978
Camilo Quintero	1963-1972	José B. Godoy	1976-1980
Arquímedes Franquezza	1972-1974	Octavio Gutiérrez D.	1977-1980
Federico Humbert, Jr.	1972-1974	Jamil Urroz E.	1977-1985
Carolina T. de Mouritzen	1974-1985	Abelino Aróstegui Valladares	1985-1988
Jaime Valdez	1974-1985	Sergio Martínez Casco	1988-
Carlos Arellano L.	1980-1983		
Luis E. Rodríguez	1980-1984	VANUATU	
Armando Martínez	1984-1988	Richard Carpenter	1991-
Carlos E. Icaza E.	1985-1988	Doresthy Kenneth	1991-
Dalva H. Arosemena M.	1988-1990		
Jesus A. Correa G.	1989-		
Jorge Lymberopulos	1989		
Carlos E. Icaza E.	1990-1991		
José Antonio Icaza	1990-1991		
Roy E. Cardoze	1990-		
Jorge Lymberopulos	1991-		
Juan Antonio Varela	1991-		
ECUADOR			
César Raza	1961-1962		
Enrique Ponce y Cabro	1961-1963		
Pedro José Arteta	1961-1962		
Eduardo Burneo	1961-1965		
Héctor A. Chiriboga	1963-1966		
Francisco Baquerizo	1963		
Vicente Tamariz A.	1964-1965		
Wilson Vela H.	1966-1968		
Luis Pareja P.	1966-1968		
Vinicio Reyes E.	1966-1968		

¹ Deceased in service April 10, 1961

¹ Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

² Deceased in service April 26, 1965

² Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

³ Deceased in service December 18, 1968

³ Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

⁴ Deceased in service May 5, 1973

⁴ Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

⁵ Deceased in service October 16, 1975

⁵ Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975



**ANNUAL REPORT OF THE
INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1991**

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. Costa Rica re-adhered to the convention in 1989, and Vanuatu joined the Commission in 1990.

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 address 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 41st 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.

COMMISSION MEETINGS

A technical meeting was convened in La Jolla, California, USA, on January 14-15, 1991, to elaborate the details of an international program for the conservation of the dolphin populations affected by the fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean. Dr. James Joseph, Director of the IATTC, served as Chairman. Representatives of Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Mexico, Nicaragua, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela attended the meeting, as did observers from Italy, New Zealand, the Commission of the European Communities, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero. Observers from 10 non-governmental organizations, the American Cetacean Society, Association Robin des Bois, the Center for Marine Conservation, the Committee for Humane Legislation, the Earth Island Institute, Friends of Animals, Greenpeace, the Porpoise Rescue Foundation, the Whale and Dolphin Conservation Society, and the Windstart Foundation also attended.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Election of officers
3. Adoption of agenda
4. A review of the 1990 tuna fishery in the eastern Pacific
 - a. Tunas
 - b. Dolphins
5. A review of action taken at the 48th meeting of the IATTC and the Intergovernmental Meeting held in San José, Costa Rica, in September 1990
6. Alternatives for limiting and reducing the incidental mortality of dolphins
7. A program to increase observer coverage to 100 percent
8. Programs to improve existing fishing gear and techniques with regard to reducing dolphin mortality and to develop alternate fishing methods with a view to eliminating dolphin mortality induced by fishing
9. Programs to achieve the highest standards of performance in preventing dolphin mortality by the international fleet operating in the eastern Pacific
10. Requirements for implementation of the program
 - a. Administrative
 - b. Fiscal
11. Recommendations
12. Other business
13. Adjournment

The IATTC staff presented a background paper, Technical Aspects of an International Program for the Conservation of the Dolphin Populations Affected by the Fishery for Tropical Tunas in the Eastern Pacific Ocean, which was discussed by the attendees.

The technical meeting was followed by an intergovernmental meeting on January 16-18, at which representatives of the various governments discussed the same subject. Staff members of the IATTC provided technical advice to the participants. A resolution (Appendix 2), calling for expansion of the international observer program and further research in methods of fishing for tunas which do not involve dolphins, was passed at the meeting.

The Commission held its 49th meeting in Tokyo, Japan, on June 18-20, 1991. Mr. Koji Immamura of Japan served as Chairman. Representatives of all seven member governments attended the meeting, as did observers from Chile, Colombia, Ecuador, Mexico, Peru, Senegal, Spain, Taiwan, the Union of Soviet Socialist Republics, Venezuela, the European Economic Community (EEC), the Forum Fisheries Agency, Greenpeace, and the International Whaling Commission.

The following agenda was adopted:

1. Opening of meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of current tuna research
4. The 1990 fishing year
5. Status of tuna stocks
6. Review of Tuna-Dolphin Program
7. Recommendations for 1991
8. Recommended research program and budget for FY 1992-1993
9. An update of activities concerning arrangements for tuna management in the eastern Pacific
10. Status of a Protocol to the Convention establishing the Inter-American Tropical Tuna Commission
11. Place and date of next meeting
12. Election of officers
13. Other business
14. Adjournment

The following actions were taken by the Commission:

(1) A resolution inviting the Depositary Government, the United States, to initiate procedures to amend the Commission's Convention to make it easier for eligible nations to join the Commission and to enable international organizations, such as the EEC, to join it, was passed. This resolution reads as follows:

Noting that the procedure for adherence to the Convention between the United States of America and the Republic of Costa Rica for the Establishment of an Inter-American Tropical Tuna Commission (hereinafter referred to as the "Convention") set forth in Article V, paragraph 3 thereof has been giving rise to difficulties to the efforts of eligible governments desiring to adhere to the Convention;

Noting that Intergovernmental Economic Integration Organizations may have transferred to them by their member states competence over the matters governed by the Convention;

Desiring that Article V, paragraph 3 of the Convention be amended, in particular, to facilitate the adherence of eligible governments to the Convention and to enable such eligible organizations mentioned in paragraph 2 above to adhere to the Convention;

The Inter-American Tropical Tuna Commission, therefore, resolves to invite the Depositary Government of the Convention to take the necessary steps as appropriate to initiate formal procedures necessary to amend the relevant Articles of the Convention.

(2) The nations with coastlines bordering the eastern Pacific Ocean (EPO), and other nations whose vessels fish for tunas in the EPO with purse seines, were invited to contribute to efforts to reduce or eliminate the mortalities of dolphins in the fishery for tunas, as expressed in the following resolution:

The Inter-American Tropical Tuna Commission, at its 49th Meeting, held in Tokyo, Japan, on June 18-20, 1991.

Noting the resolution from the Intergovernmental Meeting held in San José, Costa Rica, in September 1990, calling for the establishment of an international program to reduce dolphin mortality caused by the tuna purse-seine fishery in the eastern Pacific Ocean to insignificant levels approaching zero, coupled with research to improve the efficiency of existing fishing gear and techniques in reducing dolphin mortality and develop alternative fishing methods which do not involve intentional setting on dolphins, and identifying the Inter-American Tropical Tuna Commission as the most appropriate entity to coordinate the technical aspects of the program;

Further noting the resolution from the Intergovernmental Meeting held in La Jolla, California,

on January 16-18, 1991, expressing the willingness of governments to reduce dolphin mortality in 1991 to approximately 50 percent of that in 1989, to increase the coverage of the international fleet by observers to 100 percent, to support this increased coverage by contributing funds to the Inter-American Tropical Tuna Commission, to invite governments to support research programs to develop technology to reduce or eliminate dolphin mortality in the fishery, and to call on the Inter-American Tropical Tuna Commission to invite the tuna-processing and marketing industry and governmental and non-governmental entities, including environmental organizations, to participate in the funding and implementation of the research programs;

Further noting that between 1986, the first year in which the international dolphin program of the Inter-American Tropical Tuna Commission was fully operational, and 1990, the total mortality of dolphins was reduced more than 60 percent, and continued to decrease during 1991.

Further noting that some funds for the purposes of attaining the objectives of the La Jolla Resolution have already been received by the Inter-American Tropical Tuna Commission from the tuna-processing and marketing industry;

Further noting that the expansion of the international observer program to 100 percent, called for in the La Jolla Resolution, is being implemented, and funding is being provided by the tuna industry in support of this expansion;

Recognizing the importance of the international program, as defined in the resolution adopted by the Intergovernmental Meetings held in San José, Costa Rica, on September 18-19, 1990 and in La Jolla, California on January 16-18, 1991.

Invites the states with coastlines bordering the eastern Pacific Ocean and states whose vessels fish for tunas in the eastern tropical Pacific Ocean with purse seines, to initiate and/or expand national research programs to develop technology for reducing dolphin mortality in the fishery, and/or to support through financial and other means international research programs designed to improve the efficiency of current technology for reducing dolphin mortality induced by fishing and develop alternative methods of fishing for large yellowfin tuna that do not involve intentional setting on dolphins.

(3) The Commission staff recommended a yellowfin catch quota of 210,000 short tons in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) during the 1991 fishing year, with the option to increase this limit by up to four increments of 20,000 tons each due to uncertainty regarding the size composition of the fish in the catch during the remainder of the year. The rationale for this recommendation is given in Background Paper 2 prepared for the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution regarding a yellowfin conservation program for 1991:

The Inter-American Tropical Tuna Commission, having responsibility for the scientific study of the tunas and tuna-like fishes of the eastern Pacific Ocean, and for the formulation of recommendation to the High Contracting Parties with regard to these resources, and having maintained since 1950 a continuing scientific program directed toward the study of those resources,

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

Recognizes, based on past experience in the fishery, that the potential production from the resource can be reduced by excessive fishing effort, and

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

Notes that from 1980 through 1990, excepting 1987, although no conservation programs were implemented, conservation measures were nevertheless recommended to the Commissioners by the scientific staff, and in turn such measures were approved by the Commissioners for recommendation to their respective governments, and

Observes that, at current levels of abundance and at current fleet capacity, the stock of yellowfin can be over-exploited,

Concludes that a limitation on the catch of yellowfin tuna should be implemented during 1991.

The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties that an annual quota of 210,000 short tons should be established for the 1991 calendar year on the total catch of yellowfin tuna from the CYRA (as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962), and that the Director should be authorized to increase this limit by no more than four successive increments of 20,000 short tons each if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stocks, and

Finally recommends that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1991.

(4) The Commission agreed to a proposed budget of \$4,423,824 for the 1992-1993 fiscal year.

(5) The Commission agreed that its next meeting would be held in La Jolla, California, USA, in late May or June 1992.

(6) The Commission elected Mr. Herbert Nanne Echandi of Costa Rica and the head of the Nicaraguan delegation as Chairman and Secretary, respectively, of the next meeting of the IATTC.

ADMINISTRATION

BUDGET

At its 46th meeting, held in Paris, France, on May 10-12, 1989, the Commission unanimously approved the budget for the 1990-1991 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$3,706,020. However the final amount received from the member nations during the 1990-1991 fiscal year was \$3,204,882, a shortfall of \$501,138 relative to the amount which was recommended and approved. As a consequence, some planned research had to be limited.

FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1990-1991 were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 3 of this report.

INTER-AGENCY COOPERATION

During 1991 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, University of California, 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. Dr. Richard B. Deriso of the IATTC staff shared teaching responsibilities with Dr. George Sugihara of Scripps Institution of Oceanography for a course entitled Quantitative Theory of Populations and Communities, given at that institution during the fall quarter of 1991.

The cordial and productive relationships which this Commission has enjoyed with the Comisión

Permanente del Pacífico Sur (CPPS), 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 have continued for many years. For example, three staff members attended a meeting of the FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Ocean Tuna Fisheries, sponsored by FAO, at Noumea, New Caledonia. They prepared four background papers for that meeting. One of them served as Chairman of the working group on eastern Pacific yellowfin and Co-chairman of the working group on skipjack. Another served as Chairman of the working group on northern bluefin and as one of the rapporteurs of the working group on North Pacific albacore. The third served as one of the rapporteurs of the working group on northern bluefin.

Also during 1991, 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. For example, a workshop on bluefin tunas, sponsored jointly by the IATTC and the Australian Fisheries Service, was held in La Jolla on May 25-31, 1990. Its purpose was to discuss and report on the strengths and weaknesses of stock assessment techniques used on bluefin stocks in the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans and the Mediterranean Sea. The proceedings of that meeting were published as an IATTC Special Report in 1991. Dr. Martín A. Hall of the IATTC staff has served as a member of the U.S. National Academy of Sciences Committee on Reducing Porpoise Mortality from Tuna Fishing since October 1989. Since 1977 the IATTC staff has been training observers 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 observers. Over the years scientists and students from many countries have spent several weeks or months at the Commission's headquarters in La Jolla, learning new research methods and conducting research utilizing IATTC data files. The visitors whose stays amounted to 2 weeks or more are listed in the section entitled **VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS**. 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.

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 *Snapper resource studies*.

VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS

Dr. Hideki Nakano, an employee of the National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan, completed a temporary assignment in La Jolla on February 28, 1991, and returned to Japan. He spent a year working with IATTC staff members on the longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean and on various aspects of the biology of Pacific billfishes.

Mr. Arvid K. Beltestad, an employee of the Institute of Fishery Technology Research, Bergen, Norway, completed a temporary assignment at IATTC headquarters in La Jolla on June 25, 1991, and returned to Norway. Mr. Beltestad, an expert on fishing gear, spent 9 months conducting his own research on tuna purse-seining gear and methods.

Mr. Michel Goujon, a former student at the École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, Rennes, France, completed a 16-month assignment at the IATTC headquarters in La Jolla, on

August 16, 1991, and returned to France. While at La Jolla he collaborated with IATTC staff members on computer simulations to estimate the potential effects of cessation of sets on dolphin-associated tunas on the fishery and worked independently on a study of the tuna fisheries of Clipperton Island and French Polynesia.

Dr. Arne Bjørge, a biologist from the Ministry of the Environment of Norway, began a 2 1/2-month stay at IATTC headquarters in La Jolla on December 11, 1991. Dr. Bjørge conducted his own research on marine mammals and discussed research projects with IATTC and U.S. NMFS biologists.

Dr. Thomas Munroe, U.S. National Marine Fisheries Service Systematics Laboratory, Washington, D.C., spent the period of July 1-20 at the Achotines Laboratory, where he collected fishes in nearshore waters as part of a project to describe the herrings and anchovies of the Panama Bight.

Mr. Simon Thorrold, an employee of the Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, spent the period of July 1-August 6 at the Achotines Laboratory, where he collaborated with IATTC scientists in the use of light traps to catch late-larval and early-juvenile scombrids.

Mr. Michael G. Hinton of the IATTC staff commenced a 7-week assignment with the National Research Institute of Far Seas Fisheries in Shimizu, Japan, on November 20, 1991. While there he worked with Dr. Hideki Nakano of that organization on studies of billfishes.

FIELD STATIONS

The Commission maintains field offices in Manta, Ecuador; Ensenada, Baja California, and Mazatlan, Sinaloa, Mexico; Panama, Republic of Panama; Trujillo, Peru; Terminal Island, California, and Mayaguez, Puerto Rico, U.S.A.; and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to obtain catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and assist with the training and placement of observers 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.

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

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 1991 the IATTC staff had published 130 Bulletins, 39 Annual Reports, 7 Special Reports, 5 books, and 369 chapters and articles in books and outside journals. The contributions by staff members published during 1991 are listed in Appendix 4 of this report.

THE FISHERY

STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

The IATTC staff is concerned principally with the eastern Pacific Ocean (EPO), defined as the area between the mainland of North, Central, and South America and 150°W.

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 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 estimates of the catches of the various species of tunas and other fishes landed by vessels of the EPO tuna fleet (see next section) are shown in Table 1. This table includes only the catches by surface gear, except that Japanese longline catches of yellowfin, *Thunnus albacares*, in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA, Figure 1) are included. The catch data for yellowfin in the CYRA and skipjack, *Katsuwonus pelamis*, and bluefin, *Thunnus thynnus*, in the EPO are essentially complete except for insignificant catches of all three species made by the sport and artisanal fisheries, and insignificant catches 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 EPO during the year in question are not included. Also, substantial amounts of yellowfin taken by longlines in the EPO outside the CYRA and large amounts of bigeye, *Thunnus obesus*, taken by longlines in the EPO are not included in Table 1; those catches are included in Tables 24 and 30, however.

There were no restrictions on fishing for tunas in the EPO during the 1979-1990 period, so the statistics for 1991 are compared to those of 1979-1990. During this period there was a major El Niño that began in late 1982 and persisted until late 1983. The catch rates in the EPO were low during the El Niño, which caused a shift of fishing effort from the eastern to the western Pacific, and fishing effort remained relatively low during 1984-1986.

The average yellowfin catch in the CYRA during the 1979-1990 period was 202.0 thousand tons (range: 91.4 to 294.7). The preliminary estimate of the 1991 yellowfin catch in the CYRA is 237.5 thousand tons. During the 1979-1990 period the yellowfin catch from the area between the CYRA boundary and 150°W has averaged 28.5 thousand tons (range: 13.5 to 51.3). The preliminary estimate of the yellowfin catch from this area for 1991 is 21.5 thousand tons. The estimated 1991 yellowfin catch from the EPO, 259.0 thousand tons, is well below the maximum 317.8 thousand tons taken in 1989, though it does exceed 1979-1990 average, 230.5 thousand tons.

The average annual distribution of logged catches of yellowfin by purse seiners in the EPO during the 1979-1990 period is shown in Figure 2, and a preliminary estimate for 1991 is shown in Figure 3. As fishing conditions change throughout the year, the areas of greatest catches vary. The catch of yellowfin during the first quarter of 1991 was generally restricted to regions inside the CYRA, primarily in nearshore areas and along the Inter-Tropical Convergence Zone. Additionally, good fishing occurred offshore at about 9°S to 11°S between 80°W and 90°W. During the second quarter the nearshore catches continued, with areas of high catch occurring near the coast between about 10°N and 23°N. The catches during the second quarter increased in offshore areas between about 5°N and 15°N from 120°W to 140°W. The catches during the third quarter were fairly uniformly distributed between about 6°N and 15°N from 84°W to 140°W, with some areas of high catches near the coast, particularly near the southern tip of Baja California. During the fourth quarter fishing was again taking place primarily within the CYRA in a distribution much like that observed during the first

quarter, except that the fishing remained good around the tip of Baja California.

During the 1979-1990 period the skipjack catch in the EPO averaged 94.3 thousand tons (range: 54.5 to 145.5). The preliminary estimate of the skipjack catch in the EPO in 1991 is 71.3 thousand tons.

The average annual distribution of catches of skipjack by purse seiners in the EPO during the 1979-1990 period is shown in Figure 4, and a preliminary estimate for 1991 is shown in Figure 5. As in 1990, the skipjack catches in 1991 were concentrated in two areas: between about 5°S and 10°N from the coast to 90°W; and further south between about 10°S to 15°S from 80°W to 85°W.

While yellowfin and skipjack comprise the most significant portion of the catch made in the EPO, bluefin, bigeye, albacore, *Thunnus alalunga*, black skipjack, *Euthynnus lineatus*, bonito, *Sarda orientalis*, and other species contribute to the overall harvest in this area. The total catch of these other species in the EPO was about 8.4 thousand tons in 1991, as compared to the 1979-1990 average of 18.1 thousand tons (range: 8.2 to 32.7). The estimated catch of all species in the EPO in 1991 was about 338.8 thousand tons.

Tuna vessels fishing in the EPO occasionally fish in other areas in the same year. In 1991 various vessels which were part of the EPO tuna fleet also fished in the western Pacific and/or in the Atlantic and Caribbean. The 1979-1990 median catch by these vessels in the western Pacific was about 8.0 thousand tons (range: 0.3 to 83.6), and in the Atlantic and Caribbean about 8.5 thousand tons (range: 0.5 to 17.3). The maximum catches made in other areas by vessels of the EPO tuna fleet were made in 1983, the year of the lowest total catch in the EPO (180.4 thousand tons) since 1960 (173.6 thousand tons). Preliminary estimates indicate that the 1991 total catches in these areas by vessels of the EPO tuna fleet were about 1.8 thousand tons in the western Pacific and 9.0 thousand tons in the Atlantic and Caribbean.

The 1990 and preliminary 1991 catches in the EPO, by flag, and landings of fish caught in the EPO, by country, are given in Tables 2 and 3. 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. In 1991 92 percent of the EPO yellowfin catch of 259.0 thousand tons was made in the CYRA, with Mexican-, Venezuelan-, Ecuadorian-, and U.S.-flag vessels harvesting 42, 16, 12, and 11 percent, respectively, of the total EPO catch.

Preliminary landings data indicate that of the 350.8 thousand tons landed in 1991, 96.8 thousand tons (28 percent) were landed in Mexico. The landings to Ecuador (55.5 thousand tons; 16 percent) and Venezuela (45.4 thousand tons, 12 percent) were next in terms of magnitude. Other countries with significant landings of tunas caught in the EPO included the United States, Costa Rica, and Spain. It is important to note that when final information is available, the landings currently assigned to various countries may change due to exports from storage facilities to processors in other nations.

Under the terms of the convention which established the Inter-American Tropical Tuna Commission, monitoring the condition of the stocks of tunas and other species taken in the EPO by tuna fisheries is the primary objective of the Commission's research. Taking into consideration the extensive movements 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 EPO must be viewed in the light of global statistics. The estimated global catches of tunas and related species for 1990, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 6 and 7. An overview of the catches of the principal market species of tunas during 1975-1990 by oceans appears in Figure 8.

THE EASTERN PACIFIC 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 tuna in the EPO. Records are not maintained for Far East-flag longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes or launches. The EPO surface fleet described here includes vessels which have fished all or part of the year in the EPO for yellowfin, skipjack, or bluefin.

The owner's or builder's estimates of the vessel carrying capacities are used until landing records indicate that revision of these is appropriate. The vessels are grouped, by carrying capacity, into the following 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*.) Except for 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.

Until about 1960 fishing for tunas in the EPO was dominated by baitboats operating in the more coastal regions and in the vicinity of offshore islands. During the late 1950s and early 1960s most of the larger baitboats were converted to purse seiners, and by 1961 the EPO surface fleet was dominated by these vessels. During the 1961-1991 period the number of baitboats decreased from about 100 to 20, and the capacity decreased from about 10 thousand to 2 thousand tons. During the same period the number of purse seiners increased from about 125 to 170, and the capacity increased from about 30 thousand to 135 thousand tons. The peak in numbers and capacity of purse seiners occurred during the 1978-1981 period, when the number of these vessels ranged from 247 to 268 and the capacity from 181 to 185 thousand tons (Table 4).

The construction of new and larger purse seiners, which began during the mid-1960s, resulted in an increase in the fleet capacity from 46.3 thousand tons in 1966 to 184.6 thousand tons in 1976. During the 1977-1981 period the fleet capacity remained fairly stable, increasing by only about 1.6 thousand tons. During this period the construction of new vessels continued, but the new capacity was offset by losses due to sinkings and vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet capacity declined by 16.2 thousand tons as vessels were deactivated or left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific. This trend continued through 1983 as the catch rates in the EPO declined, due primarily to anomalous ocean conditions during 1982-1983. During 1983 the fleet capacity declined by 28.8 thousand tons, and in 1984 it declined an additional 25.4 thousand tons. The fleet capacity in 1984, about 116.5 thousand 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 129.7 thousand tons. In 1986 the fleet capacity decreased slightly to about 124.5 thousand tons. During 1987 several vessels were activated, and others returned to the EPO fishery from the western Pacific, causing the fleet capacity to increase to 146.0 thousand tons. This trend continued in 1988, resulting in a fleet capacity of 151.4 thousand tons. This was the greatest fleet capacity observed since 1982. In 1989 the fleet capacity dropped to about 136.6 thousand tons. In 1990 the fleet capacity remained about the same, 137.6 thousand tons. This fleet capacity was not present in the EPO through the entire year, however. In the spring of 1990 the U.S. tuna canning industry adopted a policy of not purchasing tunas caught in association with dolphins (U.S. canners' dolphin-safe policy). This caused many of the U.S.-flag vessels fishing in the EPO to leave the fishery and enter the fisheries in the Atlantic or western Pacific. The U.S. canners maintained their dolphin-safe policy through 1991, and there was a continuing decrease in U.S.-flag vessels fishing in the EPO.

The 1990 and preliminary 1991 data for numbers and carrying capacities of surface-gear vessels of the EPO tuna fleet are shown in Table 5. The EPO tuna fleet was dominated by vessels operating under the Mexican, U.S., and Venezuelan flags during both 1990 and 1991, with about 80 percent of the total capacity of the fleet flying the flags of these nations. The Mexican-flag fleet was the largest in

both years, with about 35 to 40 percent of the annual total capacity. Venezuela-flag vessels comprised about about 15 to 20 percent of the fleet in 1990 and 1991. In 1990 the U.S.-flag fleet included 29 large purse seiners, but following adoption of the U.S. canners' dolphin-safe policy, this number decreased to only 13 in 1991. It is expected that the U.S.-flag fleet will further decrease if the canners continue that policy in 1992. The U.S. canners' policy does not appear to have significantly affected the sizes of the other fleets operating in the EPO. The majority of the total capacity of the EPO tuna fleet consists of purse seiners with capacities of over 400 tons. This group of vessels comprised about 92 percent of the total fishing capacity operating in the EPO in both 1990 and 1991.

The average, minimum, and maximum tons of fleet capacity at sea (CAS) by month for the EPO during 1979-1990, and the 1991 values, are shown in Figure 9. These monthly values are the averages of the CAS estimates given in weekly reports prepared by the IATTC staff. The values for the 1979-1990 period were chosen for comparison with those of 1991 because the earlier years, when regulations were in effect, had somewhat different temporal distributions of effort due to restriction of yellowfin fishing in the CYRA. Overall, the 1991 CAS values are significantly reduced from the 1979-1990 average. This reduction is attributed to the reduction in the number of U.S.-flag vessels participating in the fishery due to the U.S. canners' dolphin-safe policy previously discussed.

REGULATION OF THE FISHERY

During past years catch quotas for yellowfin tuna 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. Agreement on a quota for 1979 was reached so late that it was ineffective, however. 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, due to special circumstances which resulted in unusually great abundance of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, the IATTC staff did not recommend a quota for 1987, but emphasized that catch quotas would almost certainly be necessary in the future. At its 45th through 47th meetings the staff recommended quotas of 190,000 tons for 1988, 220,000 tons for 1989, and 200,000 tons for 1990, 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 its 49th meeting, held in June 1991, the staff recommended a quota of 210,000 tons, with the option to increase the limit by four increments of 20,000 tons each. The quota was again adopted (see resolution on pages 10-11), but not implemented.

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

RESEARCH

TUNA AND BILLFISH BIOLOGY

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 (EPO). 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 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 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, vulnerability of the fish to capture, and market demand for different species or sizes of fish. 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 1959-1991 for yellowfin and skipjack combined are shown in the top panel of Figure 10. The data for 1968-1991 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 1968-1991 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 taken by all surface gear 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 catch of yellowfin and the total catch of skipjack to obtain the CPDF for each species separately. These are shown in the middle and bottom panels of Figure 10.

Yellowfin

The preliminary CPDF value of 15.2 tons per day for 1991 is the second greatest on record, exceeded only by that for 1986 (16.3 tons per day). 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 began to decline, reaching 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 10 differ somewhat from those in Table 24 because the values

in the figure were obtained by a procedure involving the total catches of yellowfin and skipjack by the surface fishery, as explained above, whereas those in the table were obtained by dividing the logged yellowfin catch by purse seiners by the logged effort by purse seiners.

Skipjack

During the 1959-1968 period the CPDF for skipjack averaged about 10 tons per day, with a high of 16.0 tons in 1967 and a low of 5.5 tons in 1960 (Figure 10). 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 1969-1991 period the average CPDF was about 4 tons per day, with a high of 7.5 tons in 1971 and lows of 2.4 tons in 1972 and 1973. The 1991 value of 4.2 tons per day is a little above the average for recent years. 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 eastern Pacific Ocean (EPO) tuna 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 1980-1991 period are presented in Table 6 for the EPO and for all ocean fishing areas from which vessels of the EPO tuna fleet harvested fish, by size group, area, and species. Yellowfin and skipjack contribute the most to the CPTCC for the larger vessels, while other species, which include 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 tuna 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 1980-1990 period the pooled CPTCC in the EPO for all vessels and all species averaged 2.5 tons of fish per ton of carrying capacity, with a range of 1.7 to 3.2; for yellowfin it averaged 1.7 tons, with a range of 0.9 to 2.4; and for skipjack it averaged 0.7 tons, with a range of 0.5 to 0.9. The preliminary estimates for 1991 are 3.0, 2.3, and 0.6 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 of yellowfin caught in a set divided by the hours of searching since the last set. In order to estimate the average abundance over each 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 approximately 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 1970-1985: vessel speed and capacity, whether the

vessel had a helicopter, whether it had sonar, net length and depth, vessel captain, 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. 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 7) is based on set types and whether skipjack were caught. Season-area is described in Figure 11. 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 12, the trend of the indices has both differences from and similarities to the trend for 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 fishing for dolphin-associated fish to fishing for fish associated with floating objects, as it did during 1974-1982, CPDF underestimates yellowfin abundance, and that when the fishery switches back to dolphin-set fishing, as it did during 1985-1991, CPDF overestimates the abundance.

Size composition of the catch

Length-frequency samples are the basic source of data used in estimating the size and age composition of the various species of fish in the landings. This information is necessary to obtain age-structured estimates of the population for various purposes, including age-structured population modelling. The results of age-structured population modelling can be used to estimate recruitment, which can be compared to spawning biomass and oceanographic conditions. Also, the estimates of mortality obtained from age-structured population modelling can be used, in conjunction with growth estimates, for yield-per-recruit modelling. The results of such studies have been reported on in several IATTC Bulletins and in all of its Annual Reports since 1954.

Routine data collection

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, northern bluefin, bigeye, and black skipjack from purse-seine and baitboat catches made in the eastern Pacific Ocean (EPO) 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 in 1954, and sampling has continued to the present.

The staff collected and processed 634 yellowfin, 238 skipjack, 4 bluefin, 23 bigeye, and 5 black skipjack samples from the 1991 catch. Most of these were 50-fish samples. For both yellowfin and skipjack, the length-frequency samples are stratified by market-measurement areas (Figure 13), month, 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 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 sampling unit and multiplying this total by the ratio of the weight of the logged catch of the stratum to the sum of the 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 this sum into the sum of

the weights of the catches for all the sampled strata.

Figure 14 consists of histograms showing the estimated tons of yellowfin caught in the market-measurement areas of the CYRA (all areas except 10 and 11 in Figure 13) in 1991. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. In Areas 1, 8, 4, 5, and 6 more than 50 percent of the catch, by weight, was less than 100 cm in length, and the largest modal groups occurred below 100 cm. In Areas 2, 7, and 13 the opposite was the case. Approximately 64 percent of the catch was made in Areas 4 and 5.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught in the entire CYRA for each year of the 1986-1991 period appear in Figure 15. In 1991 the average weight of yellowfin caught in the CYRA was 25.1 pounds (11.4 kg). This is 2.1 pounds (1.0 kg) more than the average of the weights for 1986-1990.

Figure 16 consists of histograms showing the estimated tons of yellowfin caught in the area between the CYRA boundary and 150°W (Areas 10 and 11 of Figure 13) for each year of the 1986-1991 period. The most prominent modal group of the 1991 distribution was between 130 and 140 cm. The average weight for 1991, 47.6 pounds (21.6 kg), was 20.1 pounds (9.1 kg) less than the average of the 1986-1990 weights, and is the lowest annual average weight since 1983. In 1991, as in previous years, the catch from the area west of the CYRA had a greater proportion of large fish than did the CYRA catch. In the CYRA approximately 46 percent of the catch, by weight, was 100 cm or greater in length, while in the area west of the CYRA 82 percent of the catch was 100 cm or greater in length.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught in the market-measurement areas of the EPO in 1991 appear in Figure 17. The data for the four northernmost Areas (1, 2, 4, and 8) have been combined due to low catches in all of them. Approximately 9 percent of the 1991 catch was taken in these four areas. In contrast, Areas 5 and 6 had 25 and 46 percent of the catch, respectively. In these two areas most of the fish caught were between about 35 and 70 cm. Each area had one dominant modal group, located approximately between 40 and 60 cm.

Figure 18 consists of histograms showing the estimated tons of skipjack caught in the entire EPO for each year of the 1986-1991 period. In 1991 the average weight of skipjack caught in the EPO was 6.1 pounds (2.8 kg). This is 1.5 pounds (0.7 kg) less than the average of the 1986-1990 annual values, and is the lowest annual average weight since 1983.

Northern bluefin are caught off California and Baja California from about 23°N to 35°N, with most of the catch occurring during May through October. In 1991 the area in which bluefin were caught extended from 26°N to 33°N, and nearly all of the catch was made during the June-August period. The 1991 catch of 462 tons was the lowest since the 1930s. Histograms showing the estimated tons of bluefin caught for each year of the 1986-1991 period appear in Figure 19. The 1991 distribution has two modes, the larger at 64-66 cm and the smaller at 84-86 cm. In 1991 no fish larger than 110 cm were measured.

The surface catch of bigeye is incidental to that of yellowfin and skipjack, and the total catch (Table 1) and number of length-frequency samples are much less than those for yellowfin and skipjack. Accurate estimates of the weight of bigeye in sampling units are often lacking, so individual samples have not been weighted by the estimated numbers of fish in the units sampled. Figure 20 consists of histograms showing the estimated surface catch of bigeye in the EPO for each year of the 1986-1991 period.

Annual length-frequency distributions of black skipjack measured during 1986-1991 are shown in Figure 21. The catch of black skipjack is incidental to the catches of yellowfin and skipjack, and most of it is discarded or not sold through the usual processors, so no attempt has been made to estimate catch by size intervals.

Vertical mixing of frozen yellowfin tuna in a purse-seine well

The two-stage sampling model used by the IATTC staff in its length-frequency sampling program includes the implicit assumption that the fish from a single month-area stratum are collected at random from the well(s). In previous tests, sequential sampling of all fish in a well indicated that this assumption is reasonable, provided that the contents of the well represent a single set. If the contents of the well is made up of fish from several sets, however, it is not clear how the variables that affect vertical mixing may also affect the usual 50-fish sample. Several variables are introduced during the loading process, including the size of the well, the number of sets used to fill it, the volumes of fish for the individual sets, the temperature and salinity of the brine, and the loading strategy. The last category has several components, including the effects of replacing superchilled sea water with brine of a different density, whether the fish are placed directly into various depths of brine, and whether the brine level is raised or lowered before and after the sets. After the fish are placed into a well, additional variation in vertical mixing can occur through load instability, changes in temperature or salinity, and particularly by the unloading strategy, *i.e.*, floating the fish out through the well head or manually unloading the fish from a brine-drained well.

In order to study the mechanisms of vertical mixing and its possible effects on sampling, two IATTC staff members of the Ensenada, Mexico, field office opportunistically tagged 128 yellowfin from seven different sets as the fish were being placed into a 65-ton well of the purse seiner *Maria Fernanda*. Numbered tags of fabric-backed vinyl were attached to the caudal peduncles of the fish with plastic cable ties. In port, the fish were removed from the well by filling it with brine and floating them to the surface. The unloading sequence of the 128 tagged fish was monitored to compare the order of removal and the reverse order of entry.

A runs test was used to determine whether the tagged fish were randomly mixed in the well. Each tagged fish, as it was unloaded, was assigned to one of two groups, depending on whether it had been caught in Sets 1-3 or 4-7. The actual number of runs for the two groups, 41, was much less than expected (64.8), indicating that the unloading sequence was significantly clumped. As further evidence of the lack of overall randomness, the sequence of sets to which the fish belonged during the unloading process was significantly correlated ($r = 0.32$) with the reverse order of sets during entry. After recovering about 36 tagged fish, however, the order of sets during loading and unloading was no longer correlated. To determine how this situation occurred, it is helpful to examine the unloading sequence of the individual tagged fish.

The deviation of the actual tag number from its expected value during unloading is shown in Figure 22, based on the assumption that no mixing occurred. Although the first 13 fish unloaded adhered closely to the order in which they were added to the top of the well, thereafter, and up to the 72nd fish, the tag numbers for the majority of fish were almost always below their expected values. The most likely explanation for this is that the unloaders penetrated deeper and deeper into the center of the well, rather than removing the frozen and interlocking fish in horizontal layers. This interpretation is supported by the fact that, when the well was about half empty, the 57th and 58th tagged fish recovered were from the first set placed in the well. After the 72nd fish, the bulk of the tag numbers were greater than expected. This suggests that fish tagged during the latter part of the loading were falling away from the sides of the well and the sides of the shaft created by the unloaders before becoming easily available to them.

Firm conclusions cannot be drawn from studying a single well, but the following observations seem reasonable if fish are floated out of a well: (1) if the last set loaded is relatively large, a standard sample from the top of the well is likely to be representative of that set; (2) the probability of collecting a sample from a specific set diminishes with the volume of the well unloaded; (3) the second observa-

tion, and the fact that the sets were uncorrelated after the 36th fish, suggests that vertical mixing increases with depth. A sample taken near the bottom of the well would therefore be more likely to represent the length frequencies of all the fish in the well.

In order to gain more information on the complex mechanisms involved in vertical mixing, further studies should focus on the effects of different loading and unloading strategies used by vessels of the purse-seine fleet.

Weight-length relationships of yellowfin and skipjack

When analyzing fisheries data, it is often necessary to convert the catch in weight to catch in numbers of fish. Therefore, the total weight of the catch in a stratum is divided by the estimated average weight of fish in a sample caught in that stratum. Since it is much easier to measure a fish than it is to weigh it, the weight of each sampled fish is estimated, using a previously-determined relationship between weight and length for the species in question.

The IATTC staff initiated a length-sampling program for tunas in 1954, and began systematically collecting data from landings made at ports along the Pacific coast of the Americas and in Puerto Rico. As early as 1959, the IATTC staff determined that there was significant variability in the weight-length relationship when comparing samples from different areas (IATTC Bulletin, Vol. 3, No. 7), but these differences have generally been ignored. Also, the early studies were based on samples taken primarily from baitboat- and purse seine-caught fish between 40 and 100 cm in length which were captured inshore or near offshore islands and banks. Since 1968, the fishery has included substantial catches made far offshore, with many fish greater than 100 cm in length. During the early 1980s, a study based on a sample of 196 fish revealed that there were differences between the weight-length relationships of fish caught inshore and offshore.

In 1990, a study was initiated to obtain further information on the effects of area, time, and type of school on the weight-length relationship. This study includes measurements made on about 9,000 yellowfin 25 to 170 cm in length and about 3,500 skipjack 30 to 80 cm in length, collected from May 1990 to December 1991. The sampling was performed opportunistically with purse seine-caught fish landed at Ensenada and Mazatlan, Mexico, and Mayaguez, Puerto Rico. During the unloading process the lengths of brine-frozen fish were measured to the nearest millimeter with a 2-m wooden caliper, and each fish was weighed with a digital platform scale (300-pound capacity, with accuracy of plus or minus 0.1 pound). The wells were categorized, and samples of yellowfin and/or skipjack were obtained if the well contained fish from a known area, month, and school type (fish associated with dolphins, fish associated with floating objects, or fish associated only with other fish). Whenever possible, the sampling was done on fish from trips which were accompanied by IATTC observers; 41 percent of all samples came from such trips. If the vessel did not have an IATTC observer, information from the vessel bridge logbook was used to determine the area, month, and school type, but only after it had been determined that the likelihood that the data were accurate was high. On each day that samples were taken the calipers were tested and adjusted, if necessary, and each scale was calibrated to 0 and 50 pounds with the aid of calibration weights, for the purpose of reducing the sampling bias.

Since several investigators have suggested that the weight-length relationships of males and females are different, a separate study to investigate this is underway. Partially-thawed yellowfin and skipjack are being measured and weighed at canneries when the fish are cut open, so that the sex can be determined. The methods being used to measure and weigh the fish and record the information are the same as those used for the frozen fish, described above. So far, 464 yellowfin (253 males and 211 females) and 129 skipjack (69 males and 60 females) have been sampled, with 85 percent of the samples coming from boats with IATTC observer data.

Computer simulation studies

Spatial model for yellowfin tuna production in the eastern Pacific Ocean

The spatial model described in a recent paper (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 87 (2): 353-362) has been fitted to catch and effort data for yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean. Within each 1-degree area the population is modelled, using a symmetrical production model (IATTC Bulletin, Vol. 1, No. 2; Vol. 2, No. 6). Fish are allowed to diffuse from each 1-degree area to adjacent areas, and thus throughout the region modelled.

There are some areas within the eastern Pacific Ocean that consistently yield greater catches of fish. These are also areas of high primary production. It is hypothesized that the catches of tunas are elevated in these areas because the amounts of forage are greater there. If so, then the biomass of fish would tend to grow faster in those areas, but this is not enough to explain the variation in catches over the region.

The results of tagging experiments indicate that tunas disperse rapidly. If these dispersion rates are used as constants of diffusion (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 87 (2): 353-362) in a model, the abundance of the fish is shown to be almost uniform within the area. If the diffusion coefficient is allowed to vary, however, variations in abundance that are of the same order as the spatial variation in catch rates can be simulated with an average diffusion coefficient within the range of estimated values.

The 1-degree areas which consistently yield high catch rates were classified separately from the rest of the region. A parameter representing carrying capacity was fitted for each of these two classes of 1-degree areas. A single parameter represented the intrinsic growth rate for every 1-degree area, and another determined the overall rate of diffusion. Local diffusion was everywhere proportional to the degree of saturation of the local carrying capacity.

The average rate of diffusion estimated by fitting the model to the catch data is similar to the estimates derived from tagging estimates. The growth rate of the population estimated by the spatial model is somewhat less than that estimated using the simple, spatially-aggregated model, while the total carrying capacity of the area is somewhat greater for the spatial model than for the simple model.

Prediction of the effect of elimination of sets on tunas associated with dolphins on the catches of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean

With recent legislation restricting the mortality of dolphins incidental to tuna seining and increasing preference by consumers for "dolphin safe" tuna, it has become of interest to know how much the catch of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean might be reduced by the elimination of sets on dolphin-associated fish. (For the sake of brevity, sets on dolphin-associated fish will henceforth be referred to as dolphin sets and fishing for such fish will be referred to as dolphin fishing.) One method of prediction was discussed in the IATTC Annual Report for 1990. Four additional methods are presented here. All of the methods require estimates of fishing effort and catchability coefficients for both dolphin-associated and non-dolphin-associated fish. The second method uses the annual ratios of the exploitation rates predicted if all fishing effort were directed toward non-dolphin-associated fish to the exploitation rates observed when the fishing effort is directed toward both dolphin-associated and non-dolphin-associated fish. The third method involves the use of age structure and monthly age-specific catchability coefficients by fishing mode (dolphin and non-dolphin fishing). The fourth method estimates the reduction in yield per recruit which might arise from the fishery switching from the older fish commonly associated with dolphins, which usually average about 40 to 50 pounds (18 to 23 kg), to younger fish which seldom associate with dolphins, which usually average about 10 to 15 pounds

(5 to 7 kg) (IATTC Annual Report for 1990, Figure 69). The fifth method involves the use of a production model applied to estimates of what the catches on yellowfin would have been if there had been no dolphin sets during the last 20 years.

The exploitation-rate method of predicting yellowfin catches in a purse-seine fishery without dolphin sets is based on the assumption that depletion is important within years, but that the catch of any given year has no effect on the size of the population of fish in the subsequent year. The first step of the method is to estimate the average catchability coefficients for both the observed mixture of fishing modes and non-dolphin fishing only as

$$\bar{q}_o = \bar{y}_o / \bar{f}_o \bar{B} \text{ and } \bar{q}_n = \bar{y}_n / \bar{f}_n \bar{B},$$

where

\bar{q}_o = mean catchability coefficient for yellowfin observed in the mixed-mode fishery during 1980-1988,

\bar{q}_n = mean catchability coefficient for non-dolphin-associated yellowfin during 1980-1988,

\bar{y}_o = mean catch (in weight) of all yellowfin by monitored vessels during 1980-1988,

\bar{y}_n = mean catch (in weight) of non-dolphin-associated yellowfin by monitored vessels during 1980-1988,

\bar{f}_o = mean fishing effort by monitored vessels during 1980-1988,

\bar{f}_n = mean fishing effort by monitored vessels leading to non-dolphin sets during 1980-1988 and,

\bar{B} = average of the mean annual biomasses during 1980-1988, estimated from cohort analysis.

The annual fishing effort by mode of fishing was estimated by assigning all of the searching effort preceding each set to that set. Then the values of catch and effort were summed separately for each year for dolphin and non-dolphin sets. Next, the instantaneous annual fishing and total mortality rates and the exploitation rates for each year were estimated by

$$\hat{F}_{oi} = \bar{q}_o E_{oi} \text{ and } \hat{F}_{pi} = \bar{q}_n E_{oi},$$

$$\hat{Z}_{oi} = \hat{F}_{oi} + \bar{M} \text{ and } \hat{Z}_{pi} = \hat{F}_{pi} + \bar{M}, \text{ and}$$

$$\hat{u}_{oi} = (\hat{F}_{oi} / \hat{Z}_{oi}) (1 - e^{-\hat{Z}_{oi}}) \text{ and } \hat{u}_{pi} = (\hat{F}_{pi} / \hat{Z}_{pi}) (1 - e^{-\hat{Z}_{pi}}),$$

where \hat{F}_{oi} is the observed and \hat{F}_{pi} is the predicted instantaneous annual fishing mortality during year i if all purse-seine effort, E_{oi} , is directed at non-dolphin sets and \bar{M} is the average instantaneous annual natural mortality of 0.80. The total effort by purse seiners is estimated to be

$$\hat{E}_{oi} = f_{oi} Y_{oi} / y_{oi},$$

where Y_{oi} is the total catch taken by all purse seiners in year i . The predicted yellowfin catch when all of the effort is directed at non-dolphin sets is

$$\hat{Y}_{pi} = Y_{oi} \hat{u}_{pi} / \hat{u}_{oi}.$$

The results obtained by this method are shown in Table 8, Column B. These can be compared with the catches from the observed mixture of fishing modes in Column A.

The third method uses age-specific monthly catchability coefficients by fishing mode, and allows the future population structure to be affected by the previous catches. First, age-specific catchabilities for each month, m , were estimated in a manner similar to that described above by

$$\hat{q}_{nmj} = \hat{C}_{nmj} / \hat{E}_{nm} \bar{N}_{mj},$$

where \hat{C}_{nmj} is the estimated total non-dolphin purse-seine catch in numbers of fish of semi-annual age group j and \hat{E}_{nm} is the estimated total purse-seine effort on non-dolphin-associated yellowfin. The total catches in numbers of fish are estimated by cohort analysis. Beginning with the population structure in January 1980, estimated from cohort analysis, predictions of what the catches of each semi-annual age group of fish during each month would have been if no dolphin sets had been made are estimated by

$$\hat{C}_{pmj} = [(\hat{N}_{mj} \hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om}) / (\hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om} + \bar{M}_j)] [1 - e^{-(\hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om} + \bar{M}_j)}],$$

where \bar{M}_j is the age-specific instantaneous annual natural mortality, estimated by using 0.8 for males and a variable rate for females obtained from sex-specific growth-rate and sex-ratio data. The resulting natural mortalities are the averages for the two sexes weighted by the numbers of fish of each sex. The yield in weight is estimated by

$$\hat{Y}_{pmj} = \sum_j \bar{W}(j) \hat{C}_{pmj},$$

where $\bar{W}(j)$ is the mean weight of age- j yellowfin. The next month's abundance of semi-annual age group j is predicted to be

$$\hat{N}_{m+1,j} = N_{mj} e^{-(\hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om} + \bar{M}_j)},$$

except for the months of recruitment when $\hat{N}_{m+1,j}$ is set equal to the historical recruitment, previously estimated for that time period by cohort analysis. Also, each January the semi-annual age groups graduate as follows

$$\hat{N}_{1,j+2} = N_{0,j} e^{-(\hat{q}_{m0j} \hat{E}_{o0} + \bar{M}_j)},$$

where the subscript 1 refers to January and 0 to the previous December. The results obtained with this method are shown in Table 8, Column C. The results obtained when the catchability coefficients are set to their 1980-1988 quarterly averages are shown in Column D of the same table. The data indicate that the catchability coefficients increased during the late 1980s.

The fourth method is based on yield per recruit. Since sets on yellowfin associated with dolphins produce larger fish, on the average, than sets on yellowfin not associated with dolphins, the mean age of entry would be expected to be reduced, changing the yield per recruit. The yield in weight of fish

first recruited at time t is

$$Y_t = \sum_{m=t}^{t+a} \bar{W}_t(m) \hat{C}_t(m),$$

where

m = time in months,

a = maximum age,

$C_t(m)$ = estimated catch, in numbers, during month m , of fish first recruited at time t , and

$\bar{W}_t(m)$ = average weight of fish of age $m - t + t_0$, where t_0 is the age of recruitment.

The yield per recruit is $Y_t/N_t(t)$, where $N_t(t)$ is the initial number of recruits. The catches during each month are calculated by

$$\hat{C}_t(m) = [N_t(m)F_t(m)/Z_t(m)] [1 - e^{-Z_t(m)}].$$

For the observed mixture of fishing modes

$$F_t(m) = q_{ot}(m)E_o(m) \text{ and}$$

$$Z_t(m) = F_t(m) + \bar{M}_t(m)$$

where

$F_t(m)$ = instantaneous fishing mortality during month m for fish recruited at time t ,

$q_{ot}(m)$ = observed catchability coefficient during month m of yellowfin recruited at time t , and

$\bar{M}_t(m)$ = average instantaneous natural mortality of yellowfin of age $m - t + t_0$.

For the scenario involving fishing only for fish not associated with dolphins

$$F_t(m) = q_{nt}(m)E_o(m) \text{ and}$$

$$Z_t(m) = F_t(m) + \bar{M}_t(m)$$

The last two columns of Table 8 show that, with the average recruitment for 1980-1988, the average catch of yellowfin would be reduced from 213 to 153 thousand tons.

Finally, a symmetrical production model (IATTC Bulletin, Vol. 1, No. 2; Vol. 2, No. 6) can be fitted to each of the following time series of catches: (1) the actual catches; (2) those generated using the catchability coefficients from cohort analysis; (3) those generated as in (2), but assuming that all fish had been caught in association with dolphins; and (4) those generated as in (2), but assuming that no fish had been caught in association with dolphins. The catches for 1980-1988 used in the fourth series of data are shown in Table 8, Column C. Those for 1971-1979 (not shown) were also obtained with a cohort analysis, using the average quarterly catchability coefficients for 1980-1988.

The parameters of the symmetrical production model are: q , catchability coefficient; K , carrying capacity of the environment; r , intrinsic rate of growth of the population. The residuals obtained after fitting the model to each series for ranges of parameter values are shown in Figure 23. The minima for the first and second series occur with similar values of r and qK , the maximum catch per unit of effort, which suggests that the same parameters of the symmetrical model fit both the actual catches and

those generated using the observed mix of fishing. The data in Table 9 suggest that fishing exclusively for dolphin-associated fish would have increased the catches during the periods in question by about 10 percent, while taking no fish associated with dolphins would have reduced those catches by approximately one third. This reduction is reflected in the parameters of the model which would give the best fit to the data.

For any value of r , the value of qK that minimizes the residual error in each of the four series can be found. A pattern emerges for the case of fishing only for fish not associated with dolphins: the minimizing value of qK in this case is about 30 to 40 percent less than that for the case of mixed fishing. The reduction in qK while r remains constant suggests a proportional reduction in yield at any level of effort. An equivalent change in the optimal parameters in the case of fishing only for fish associated with dolphins is not clear; this is simply due to the insensitivity of the model to relatively small changes in catches. The results obtained by fixing qK and minimizing with r do not suggest any trend; r seems to be independent of fishing mode.

Obviously, the prediction of what the tuna catches would be without dolphin sets depends on the assumptions used in the model. Depending on whether the exploitation-rate method or the age-structured method is used, the average catch of yellowfin could range from 61 (Table 8, Column B) to 77 (Table 8, Column C) percent of the observed catch. In addition, the methods presented here do not provide for the possible effects of reduction in effort, fishing area, or average age of fish caught, all of which could reduce the predicted catches even further.

In addition, the IATTC staff has begun working on a model which incorporates yellowfin movements and purse-seine fleet dynamics.

Modelling of fleet dynamics

The IATTC staff is modelling the dynamics of the purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean to obtain a better understanding of the relationship between fishing effort and abundance of the tuna and dolphin stocks and to predict the possible consequences of changes in the way the fleet operates. The processes under study are mainly short-term responses to conditions in the fishery, such as changes in searching behavior and in preference for certain species.

The main sources of data are the logbook and tuna-dolphin observer data bases, which contain information on the characteristics of the individual vessels and the spatial distribution of effort for each trip. The rest of the data will be obtained from interviews with the vessel captains. An initial exploratory analysis of the data bases has been carried out to identify patterns in the distribution of effort. The results of this analysis, together with information on the physical characteristics of the vessels, will be used to investigate whether groups of vessels with similar harvesting patterns exist. This classification may facilitate the estimation of the parameters required in the model.

The model includes individual vessels, each belonging to one of the groups previously identified. Each boat has specific attributes which determine its unique searching behavior. These attributes include preferred areas, targeting of effort toward one or more species, probability of detecting a school and making a successful set on it, lowest catch rate deemed acceptable in an area, and other factors that could be relevant for the fishing strategy. It is a common practice for boats to associate with small numbers of other boats in what are known as "code groups," whose members exchange information daily about fishing conditions. To explore the effects of cooperation among fishermen, structures similar to code groups will be included in the model.

The movement rules in the model are simple, and dependent on local fishing conditions and on the information available from other boats in the code group. Each boat explores sequentially in its set of preferred areas until it or another member of the code group finds a good fishing area. A random search period then begins in the good fishing area, which ends when the catch rates fall below a certain

critical value due to the effect of local depletion, or until a much better area is found by another member of the code group. Gear interaction is included indirectly in the model through increased local depletion due to fishing.

This approach to the modelling of fishing effort should improve the staff's estimates of the relative abundance of the tuna and dolphin stocks by identifying potential sources of bias. It can also provide a way to predict the consequences of drastic changes in the fishery, such as those which could result from the cessation of dolphin-associated fishing. To achieve that, this model would be coupled with other models representing the dynamics of the stocks under exploitation. A first version of such a model has already been developed by the staff and described in the IATTC Annual Report for 1990, page 22.

Reproductive biology of yellowfin

Knowledge of the reproductive biology of yellowfin tuna is important for understanding the population dynamics of this species. Various aspects of the reproductive biology of yellowfin, including spatial and temporal variability in spawning, size and age at maturity, and spawning frequency, are still not well known. 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 Ocean (EPO). Research on yellowfin reproductive biology should contribute to an understanding of the dynamics of spawning and recruitment and make it possible to evaluate the effect of fishing on the reproductive potential of the population.

From September 1987 through October 1989, a large-scale sampling program was conducted to obtain information on size-specific reproductive characteristics of yellowfin throughout the EPO. The objectives are: (1) to classify by reproductive status the yellowfin of both sexes, by size, season, and area, in order to define, by size, the duration, peak intensity, and locations of spawning; (2) to determine the lengths and ages of yellowfin at sexual maturity, and to establish predictive regression equations for the proportions of mature fish within areas; (3) to determine the spawning frequencies of yellowfin within areas; (4) to determine the batch fecundity (number of eggs produced per spawning) of yellowfin at various lengths within areas and estimate the annual fecundity within areas; and (5) to establish the relationships between these reproductive characteristics and climatic and oceanic phenomena, by area.

Three types of samples have been taken for these studies. The at-sea samples were collected in nearly all areas of the EPO in which tuna vessels carrying observers have caught yellowfin. The primary cannery samples, taken at Ensenada, Baja California, and Terminal Island, California, include only fish caught north of 17°N. The supplementary cannery samples, collected at Ensenada and at Mayaguez and Ponce, Puerto Rico, include fish caught in two area-time strata in which spawning peaks of yellowfin are believed to occur. The supplementary cannery samples included otoliths, to be used for age determination, as well as gonads.

Processing of yellowfin gonads (ovaries and testes) continued during 1991. All of the 15,336 tissue samples collected at sea and preserved in 10-percent neutral buffered Formalin have been processed for histological slides. Each of these slides will be examined microscopically to identify the stages of oogenesis in females or spermatogenesis in males. This will provide an accurate assessment of the reproductive status of each fish. In addition, all ovaries from the fish sampled at sea were saved, and processing of these samples for gonosomatic indices (ratios of gonad weight to estimated fish weight), measurements of the oocyte diameters, and identification of residual hyaline oocytes was completed during 1991. Ovaries were selected during this processing for fecundity determinations.

The histological classification, with light microscopy, of the ovarian and testicular tissues, to describe the reproductive states of individual fish and to estimate the batch fecundity, will continue during 1992.

Food of juvenile yellowfin

The stomach contents of 301 juvenile yellowfin tuna caught in the nearshore waters off Colombia, Costa Rica, Ecuador, and Panama by purse-seine vessels have been examined. The samples, which came from fish which ranged from 254 to 462 mm in length, were collected at sea by IATTC observers aboard tuna vessels during the period of November 1987-September 1988.

Most of the fish were caught in schools containing fish of a wide range of sizes associated with floating debris ("logs"). Juvenile yellowfin are seasonally abundant in these waters, which are areas of high primary productivity as a result of upwelling, particularly at the Costa Rica Dome and in the Panama Bight, and input of terrestrial organic material from runoff. This productivity serves as a base for a rich assemblage of micronekton forage organisms.

Forty-nine percent of the stomachs examined were empty. This percentage is greater than the percentage of empty stomachs observed in previous studies of baitboat-and purse seine-caught yellowfin (IATTC Bulletin, Vol. 7, No. 5; IATTC Annual Report for 1978). The empty stomachs were distributed fairly evenly across the size range of fish sampled.

An Index of Relative Importance (*IRI*) was calculated for the three major food categories, crustaceans, cephalopods, and fishes, by

$$IRI = (\%N + \%W)\%F$$

where *N* = number of individuals, *W* = total weight, and *F* = frequency of occurrence for the category in question. Crustaceans were the most numerous and most frequently-occurring prey group, but fishes, primarily lanternfish (Myctophidae), dominated in weight (Figure 24). Crustaceans had the highest *IRI* value (70 percent of the summed *IRIs*), followed by cephalopods and fishes (15 percent each).

The dominant crustaceans in the samples were postlarval stomatopods of the family Squillidae. They were also the single most important food item, by numbers and frequency of occurrence, found in the stomachs. Of the 3,030 food items enumerated, 1,937 were stomatopod postlarvae, 64 percent of the total. The juvenile yellowfin at times gorged themselves on stomatopods, with the stomach of one fish containing over 230 postlarvae. The stomatopod postlarvae were small, however, the total lengths averaging approximately 15 mm from the rostral spike to the edge of the telson. Due to their low average body weight (0.05 g per individual) and their advanced stage of digestion, their overall weight represented only 22 percent of the total weight of all food items.

An ommastrephid squid, *Dosidicus gigas*, was the dominant cephalopod, accounting for approximately 52 percent by number and 73 percent by weight of all cephalopods encountered. As noted in other studies of the food of yellowfin, the cephalopods were well represented by number and frequency of occurrence, but their importance by weight was low because in most cases the soft tissue had been digested, and only the beaks were present in the stomachs. Of the 424 cephalopods encountered, only 17 were whole specimens, mostly *D. gigas* and *Onychoteuthis* sp.

The fishes category was dominated, by numbers, weight, and frequency, by lanternfish, particularly *Myctophum aurolaternatum* and *Hygophum* sp.

These results indicate that small crustaceans were an important component of the diet of these juvenile yellowfin. Previous studies, e.g. IATTC Bulletin, Vol. 7, No. 5, indicate that fishes and larger crustaceans, e.g. red crabs, *Pleuroncodes planipes*, were more important in the diet of larger yellowfin.

Fish-aggregating devices (FADs) project

In connection with attempts to develop alternative fishing methods for tunas in the eastern

Pacific Ocean (EPO), the IATTC initiated in 1987 a research program to study the association of juvenile yellowfin (less than about 80 cm) and skipjack tunas with floating objects of various kinds, mainly trunks and branches of trees, but also algae, dead animals, various kinds of man-made objects, and other floating matter. Most natural floating objects originate from rivers which flow into the ocean from the Pacific coasts of southern Mexico, Central America, Colombia, and Ecuador. Most of these drift northward along the coast of Central America, and are then carried westward by currents and winds toward the ocean areas along 10°N, where fishing on dolphin-associated schools of yellowfin is prevalent. The fauna associated with this floating debris is varied, and includes many groups other than tunas (IATTC Annual Report for 1989: 27). Dolphins do not usually show an affinity for floating objects in the EPO, so this form of fishing rarely, if ever, results in incidental mortality of dolphins.

Fishing for tunas associated with fish-aggregating devices (FADs), which takes advantage of the tunas' natural affinity for floating objects, is common in many parts of the world. However, this technique has not been used on a commercial scale in the tuna fishery in the EPO. There are many types of FADs, most of them used in artisanal fisheries; usually they involve deploying a submerged attraction device (generally palm fronds or something similar, but also baitfish, man-made devices, and chemicals or lights) on a line attached to a raft or buoy anchored in shallow water. Experimental work with drifting FADs in the EPO has not been carried out, despite the fact that many purse-seine fishermen routinely attempt to enhance the attractiveness of floating logs by attaching ropes, netting, and/or dead fish to them. One of the main problems with this fishing technique in the EPO is that most of the tunas caught in association with floating objects are small, and of less commercial value than the larger fish which are associated with dolphins. Nonetheless, there are certain areas and seasons in which at least some large tunas have been caught in association with floating objects (IATTC Annual Report for 1989: Figure 25).

In late 1990 the IATTC staff, in collaboration with staff members of the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), and with financial support from Bumble Bee Seafoods, Inc., initiated a project to investigate the use of drifting FADs in the EPO. The objective of this project is to evaluate the potential of FADs in attracting and aggregating large (more than about 80 cm) yellowfin and bigeye tuna in areas where they are usually associated with dolphins, or in areas where naturally-occurring floating objects are scarce. Since dolphins are seldom attracted to floating objects, it is hoped that FADs will enhance fishing opportunities by supplementing or replacing catches of dolphin-associated tunas, and thus reduce dolphin mortalities incidental to purse-seine fishing operations.

The cooperation of all vessels of the EPO tuna fleet in reporting sightings of FADs and success of fishing in their vicinity is vital to the success of the project. This information is, of course, made available to all vessels of the fleet.

The purpose of the project is to determine the effectiveness and feasibility of various FAD designs, treating as separate entities the surface section of the device, which keeps the FAD afloat, and the underwater part, which includes various means of attracting fish, including rope and plastic arrays, lights, and chemicals.

Preliminary deployments

Preliminary to this FAD project, the NMFS and IATTC acquired 50 proprietary Sea Kites (underwater attracting devices made of fiberglass rods and nylon canvas), and loaned them to tuna vessels for deployment in the EPO. The results of these studies are summarized in the IATTC Annual Report for 1990: Sea Kites at several depths attracted sharks, dorado *Coryphaena* spp.), forage fish, and sea birds.

In early 1991, the NMFS and IATTC deployed two FADs with satellite transmitters in the EPO

to assess the durability, drift rates and patterns, and ease of locating the FADs. The FADs were designed and built by Coastal and Offshore Pacific Corporation, Walnut Creek, California. The FAD design is shown in Figure 25. The first of the two FADs was deployed on January 4, 1991, at 9°00' N-88°31' W. One set was made on this FAD on January 30, 1991, at 8°32' N-93°01' W, capturing 15 tons of yellowfin (size not reported) and 10 tons of frigate and/or bullet tuna (*Auxis* spp.). Sharks, dorado, forage fish, and sea birds were also associated with the FAD. Another set was made on this FAD on April 11, 1991, at 10°32' N-118°18' W, capturing 7 tons of mixed 4- to 8-pound (2- to 4-kg) yellowfin and skipjack, 10 tons of black skipjack, and 1 ton of *Auxis* spp. Sharks, wahoo (*Acanthocybium solandri*), forage fish, and sea birds were also associated with the FAD, which drifted westward along 10°N during this period, and had drifted more than 3,000 nm (5,556 km) when it ceased transmitting in early July at 11°54' N-137°24' W.

The second FAD was deployed on February 2, 1991, at 11°21' N-90°35' W. Its last transmitted position was at 12°44' N-89°53' W on March 4, 1991. It is not known whether it stopped transmitting due to radio failure or due to destruction or disintegration of the entire FAD. The FAD first drifted in a westerly direction, then turned north, and then turned northeast. It was heading east toward the coast of Nicaragua prior to its last transmitted position. There were no sets reported on fish associated with this FAD.

Offshore deployment

Thirty additional FADs were deployed during July. The deployment and subsequent monitoring and recovery is a joint project with the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) and the Mexican navy. The 30 FADs, in 10 groups of 3 units each, were deployed offshore in the area between 9°N and 11°N and between 121°W and 124°W (Figure 26) by the Mexican navy vessel *Altair*. These FADs are of four different designs; some are surface units only, while others are surface units with underwater arrays up to 50 fathoms (91 m) deep. The components of each FAD are described in Table 10, and the various FAD types are shown in Figure 27. They are equipped with various tracking and locating devices. One FAD in each group is equipped with a satellite transmitter, which enables the FAD's position to be pinpointed to within 1 km (0.6 mile); the other two FADs in the group are equipped with selective-calling (Sel-Call) medium-wave radio buoys, which operate only when activated by a fishing vessel's signal generator. These buoys can be tracked by vessels at distances up to 200 km (108 nm). Several FADs are also fitted with radar reflectors and/or flashing lights that activate at night. The batteries furnishing power to the electronic equipment on the FADs are expected to last at least 10 months.

During 1991 the positions and directions and rates of drift of these FADs were monitored at the NMFS Southwest Fisheries Science Center in La Jolla, California. This information was provided on a daily basis to vessel managers and to IATTC offices in Latin America, and also transmitted in English and Spanish by NMFS radio station KHU in San Diego, California, and by a radio station in Ensenada, Mexico.

Several sightings of and sets on these FADs have been reported. Generally, they appear to be in good condition, despite several hurricanes, and reports indicate that all observed FADs have accumulated fauna to some degree. By the end of the year, four sets had been reported, with a total catch of 18 tons of yellowfin, 14 tons of skipjack, 13 tons of black skipjack, and 8 tons of *Auxis* spp. In a set reported in mid-August, the captain sighted a school of medium-sized yellowfin which he estimated at 15 tons; however, most of the school evaded the net by swimming under the boat before pursing, and less than 1 ton was actually caught. The accumulation of associated species, including medium- to large-sized dorado, marlin (Istiophoridae), wahoo, sharks, triggerfish (Balistidae), and small forage fish, and the recent sightings of tunas associated with the FADs, are encouraging.

Of the 10 satellite transmitter-equipped FADs deployed, 9 were still transmitting positions at the end of 1991. Seven satellite FADs drifted north and east after deployment to about 12°N-110°W. The other three drifted north to about 14°N and west to about 130°W. By mid-October, however, all the eastward-drifting FADs had reversed direction, and by December all the transmitting satellite FADs were drifting westward between 10°N and 15°N and between 118°W and 150°W (Figure 28). As these drift patterns were taking the FADs out of the fishing grounds, the vessels were asked to retrieve any that they encountered. Four Sel-Call radio buoys that were either attached to a FAD or were part of a FAD were retrieved by tuna vessels in 1991. The salvageable parts of the retrieved FADs, such as the electronic components, will be used in the second phase of this project, which is scheduled for 1992.

Seasonal patterns of skipjack tuna cohorts in the eastern and central Pacific Ocean

Analyses of length-frequency samples of skipjack caught in the eastern Pacific Ocean (EPO) and in the vicinity of Hawaii were performed to determine (1) if seasonal recruitment patterns occur in either area and, if so, (2) if there are similarities in the patterns observed in the two areas. Skipjack spawn in all months of the year in the central equatorial Pacific, and seasonally in the northern hemisphere around the Hawaiian Islands and in the southern hemisphere around the Marquesas Islands. It is not known whether the fish caught in these and nearby areas represent fish from dominant seasonal cohorts or from cohorts of varying strength which are distributed more or less uniformly throughout the year. In areas where the spawning is seasonal, these analyses allow comparisons with arriving cohorts which are the products of spawning that occurred during different times of the year. For example, if the dominant cohort of the catch coincides with the local peak spawning period, then spawning from elsewhere may not contribute significantly to the local fishable stock. If the converse is true, however, the fishable stock is likely to be less dependent on local spawning activity. This information should provide a better understanding of the possible relationships between fish caught in the different areas.

The first step in the analysis was to create monthly estimates of the length frequencies of fish caught in each stratum by weighting the samples according to the catches for the strata. For the Hawaiian data, this entailed weighting the length-frequency samples by the total catches within size groups for each month. In the EPO, the strata were defined by 5-degree quadrangles, months, and purse-seine set types (sets on fish associated with floating objects and fish associated only with other fish). The length-frequency samples within these strata were weighted by the corresponding catches. Three sets of monthly length frequencies were estimated for the EPO, one for all catches made north of 10°N, one for all catches made south of 10°N, and one for the entire EPO.

The next step was to convert the length frequencies to proportions at age. Because of uncertainties in the length-age relationships for skipjack, an initial reference age group with a mean of 40 cm was established. Subsequent age groups were established relative to this initial age group, thereby avoiding assumptions about the true ages of the fish. This method allows direct comparisons with the growth rates estimated from tagging data. A reparameterization of the von Bertalanffy growth equation (Canad. Jour. Fish. Aquatic Sci., 37 (9): 1337-1351) was adapted for this problem as

$$\mu_a = S_{first} + (S_{last} - S_{first}) \left(\frac{1 - \rho^a + \frac{((month) - 1)}{12}}{1 - \rho^N} \right) + \epsilon_a$$

where

μ_a = mean length at age a ,

S_{first} = mean length at age for first age group considered,

S_{last} = mean length at age for last age group considered,
 ρ = Brody growth coefficient = e^{-K} (K = von Bertalanffy growth parameter),
 a = age in years,
 ε_a = error term [$N(0, V_a)$], and
 V_a = age-specific variance.

The term *month* adjusts the age in years by the increment (or decrement) needed to match the tested recruitment month of the first age class (that which has a mean length of 40 cm). For example, if the hypothesis is that the recruitment of 40-cm fish occurs primarily during June, then the possible ages for length samples collected in March would be 0.75, 1.75, and 2.75 years and would fit the data accordingly. The expectation maximization algorithm was used to estimate the proportion at age, given the distribution of lengths at age (Amer. Fish. Soc., Trans., 116 (2): 232-243). The model fit to the data was compared for individual months of the year and over a range of growth rates.

The results from this analysis suggest a strong seasonal recruitment pattern for each area considered. Likelihood (lack-of-fit) profiles over different growth rates and recruitment months indicate similarities among areas within the EPO, but differences between EPO and Hawaiian skipjack (Figure 29). On the average, the best fit of annual age groups occurred when the first age group (which has a mean length of 40 cm) entered the fishery between November and February. For the Hawaiian data, however, this size group entered the fishery between March and May. This leads to formulation of alternative hypotheses about skipjack population structure in the eastern and central Pacific.

To test the validity of the estimation procedure, an age-structured population was simulated with monthly recruitments. Sampling from the simulated populations followed a size-based multinomial process. The following recruitment scenarios were analyzed:

1. recruitment continuous and constant during all months of the year;
2. recruitment continuous and constant during all months of the year, but with one month producing 5 times as many recruits as the average for the other months;
3. recruitment continuous and constant during all months of the year, but with one month producing 10 times as many recruits as the average for the other months;
4. recruitment continuous and constant during all months of the year, but with one month producing 5 times as many recruits as the average and another producing 10 times as many recruits as the average for the other months. These two months are set 6 months apart.

The results from this phase of the study show that the months with above-average recruitment can be distinguished from the other months, even when there were two peak months in each year.

Possible misidentification of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean

Bigeye and yellowfin tuna are similar in appearance, so it is possible that they are sometimes misidentified, which would produce errors in some the data collected by the IATTC staff. It is more likely that bigeye are identified as yellowfin than the reverse, as yellowfin are far more abundant in the catches. The IATTC staff uses at least three sources of information to estimate the tonnage and size distribution of bigeye caught by surface gear in the eastern Pacific Ocean (EPO). These include entries in vessel logbooks, unloading weights supplied by canneries, and identification of bigeye by field personnel who collect length-frequency samples during the unloading of fishing vessels. The IATTC employees who sample the fish during unloading are not able to examine the livers of the fish, which provide the best means of distinguishing bigeye from yellowfin. Instead, they must rely on external features of bigeye, which include the relatively greater length of the pectoral fins, the downward curving tip of this fin in fresh individuals, and the greater depth of the body, relative to the length of the fish, between the first dorsal and pelvic fins. Since bigeye and yellowfin must often be identified quickly during unloading, experience in detecting these differences is crucial to the process. It is important to determine whether bigeye are misidentified as yellowfin and, if so, to what extent. Data

collected as part of another project provided a unique opportunity to examine these questions.

During 1987-1989, observers aboard U.S. purse seiners collected yellowfin gonads for a study of the reproduction of yellowfin. These observers had received special training to enable them to identify and reject bigeye by external characters. Prior to collecting the gonads, however, the observers were required to confirm the identity of the fish by examining their livers. The logbooks of the observers recorded catches of 51 tons of bigeye and 18,910 tons of other tunas in log and schoolfish sets during the period of April 7, 1987, through September 12, 1989. It was determined from landings data that U.S. purse seiners without specially-trained observers aboard caught 246.2 tons of fish recorded as bigeye and 93,668.4 tons of fish recorded as other tunas in log and schoolfish sets during the same period. The ratios of bigeye to other tunas, 0.0027 for the vessels with observers and 0.0026 for those without observers, are nearly the same, so it does not appear that the bigeye catch by U.S. vessels is either underestimated or overestimated by the current methods of evaluation.

Although U.S. and non-U.S. vessels fish in the same areas in the EPO, the effort by U.S. vessels is concentrated north of the equator to a greater extent than that of the vessels of other nations. The catches of bigeye tend to be greater in the vicinity of the Galapagos Islands and elsewhere south of the equator. Therefore, it is not surprising that the ratio of bigeye to other tunas for non-U.S. vessels in the same set type-time strata, 0.0066, is about twice that for the U.S. vessels. However, since the same sources of information are used to estimate the landings for both segments of the fishery, there is no reason to suspect that the bigeye catches are underestimated or overestimated for the purse-seine fleet as a whole.

Longline studies

Dr. Hideki Nakano, an employee of the National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan, spent most of 1990 and the first two months of 1991 at the IATTC headquarters in La Jolla, where he worked with IATTC staff members on several projects.

One of these is a study of the Japanese longline fishery of the eastern Pacific Ocean during the 1981-1987 period. It includes analyses of trends in fishing effort and in catch and abundance of the various species of fish; distribution of the fishing grounds by area and quarter; maturity and size composition of the fish; the deep longline fishery, which is directed chiefly at bigeye tuna; and interaction between the surface and longline fisheries for yellowfin. (Similar studies for the 1956-1980 period have been carried out previously by Japanese and IATTC scientists and published in the IATTC's Bulletin series.)

In addition, Dr. Nakano worked with an IATTC staff member on a study of the standardization of longline hook rates for bigeye and yellowfin tunas.

A third study, on the biology of the billfishes, is described in the next section.

Billfish research

General biology and relationships to the environment

Billfishes, which are particularly important to the recreational and tuna longline fisheries, are taken incidentally by the purse-seine fisheries for tunas in the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. Basic data on the biology of the billfishes, including information necessary for managing them, is currently lacking. As the billfishes share the habitat of tunas and are taken by the surface and subsurface fisheries for tunas, it is appropriate that the IATTC and other organizations involved in tuna research also conduct research on the billfishes. Billfishes are highly migratory, so it is necessary that research on Pacific billfishes include the entire Pacific Ocean, rather than just part of it. Accordingly, a joint research program of the IATTC and the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) of Japan, to investigate the biology of the billfishes, was initiated in 1991. These studies are focusing on the relationship of the billfishes to their environment, and on estimation of the status of the stocks of marlins and sailfish relative to fishing. Data for the recreational, longline, and purse-seine

fisheries of the entire Pacific Ocean are being utilized in this study.

Data on the catches of billfishes by the tuna purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean (EPO), and biological data for the fish which are caught, have generally not been available. In late 1988, however, the IATTC staff began collecting information on the catches of billfishes and on the biology of these fish, utilizing observers who were placed aboard non-U.S.-flag vessels principally to collect data on dolphins.

All Pacific species of billfishes are taken by the tuna purse-seine fishery of the EPO. The estimated catches of billfishes by this fishery during 1989-1990 and 1991 were as follows:

Species	1989-1990	1991
Blue marlin, <i>Makaira nigricans</i>	650	650
Black marlin, <i>M. indica</i>	1,100	600
Striped marlin, <i>Tetrapturus audax</i>	850	700
Shortbilled spearfish, <i>T. angustirostris</i>	< 100	< 100
Sailfish, <i>Istiophorus platypterus</i>	1,600	1,400
Swordfish, <i>Xiphias gladius</i>	< 100	< 100

The 1991 data are preliminary.

Though billfishes appear in the catch year-round, in 1989-1990 the marlin catches peaked during the third and fourth quarters, and the sailfish catches peaked during the second quarter. Billfishes are caught primarily in waters off southern Mexico to northern Ecuador, with the greatest catches being taken in the Panama Bight (Figure 30). Length-frequency samples (Figure 31) indicate that the marlins and sailfish captured by the purse-seine fishery are similar in size to those taken by the longline fishery (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 5).

Genetics

The IATTC has supplied partial support for studies of the genetics of billfishes conducted at the Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, U.S.A. The purpose of the investigations was to elucidate the genetic basis of the population structure of several species of billfishes, employing both allozyme analysis (protein electrophoresis) and restriction fragment length polymorphism (RFLP) analysis of mitochondrial DNA (mtDNA).

The primary objective of the studies was to determine the population structure of striped marlin within the Pacific Ocean. Samples of 40 to 50 striped marlin were collected off Mexico, Ecuador, Hawaii, and Australia for the analysis. To compare the degree of interspecific variation within striped marlin, genetic divergences were also determined for other billfishes of varying evolutionary status. These included samples of 25 Pacific and 25 Atlantic blue marlin, 20 Pacific and 20 Atlantic sailfish, and smaller samples of other billfish species.

The allozyme analysis consisted of a survey of 44 enzyme-coding loci. The levels of variation within the species were found to be low. Typically, four or five loci were polymorphic within a species, and the overall estimates of heterozygosity were comparable to values reported for other large, pelagic vertebrates. Limited geographic partitioning of the allozyme variation was demonstrated. A variety of statistical analyses showed that striped marlin have a low level of differentiation among collection sites within the Pacific Ocean, although more genetic differentiation was found between the Pacific and Atlantic samples of blue marlin and sailfish.

In contrast to the results of the allozyme study, RFLP analysis of mtDNA, which typically provides a greater degree of genetic resolution, demonstrated considerable population structuring within striped marlin, blue marlin, and sailfish. Composite genotypes, based on the analysis of billfish mtDNA with 12 restriction enzymes, were not homogeneously distributed within any of the species. Significant spatial heterogeneity was found among fish from all four striped marlin sampling locations within the Pacific Ocean, indicating limited gene flow among the areas. Even more striking was the

degree of genetic differentiation between the Pacific and Atlantic populations of blue marlin and sailfish. For both species, much greater genetic variation was found within the Atlantic samples than within the Pacific samples. The results suggest that the Pacific and Atlantic populations of both species were isolated at one time, but have recently experienced some limited gene flow. The marked genetic differences found for the Atlantic and Pacific populations of blue marlin and sailfish contrast sharply with the results obtained from similar studies of tunas.

Early life history studies

For many years fisheries scientists have believed that the abundance of fish of any year class is determined principally during the early life history (egg, larval, and/or early-juvenile) stages. Although decades of research have provided considerable information on the populations of adult tunas, relatively little is known about the early life history stages and the factors which affect their recruitment to the exploitable stocks. In the eastern Pacific Ocean fishermen seldom catch tunas less than about 30 cm in length, so samples of fish in that size range are not readily available. These considerations motivated the IATTC to establish a research facility at Achotines Bay in the Republic of Panama dedicated to the study of the early life histories of tunas.

Achotines Bay is located on the southern coast of the Azuero Peninsula in the Los Santos province of Panama (Figure 32). The continental shelf is quite narrow at this location, with the 200-m (109-fathom) depth contour occurring only 6 to 10 km (3 to 5 nm) from shore. This provides the scientists working there with ready access to oceanic waters where some species of tunas spawn during every month of the year. The annual range of sea-surface temperature in these waters is approximately 21° to 29°C (70° to 84°F). Achotines Bay provides seawater suitable for holding live tunas in the laboratory. The proximity of the research station to the study area provides a low-cost alternative to a large research vessel, and improves sampling flexibility and spontaneity.

The IATTC's early life history research program involves laboratory and field studies aimed at gaining insight into the recruitment process and the factors that affect it. Previous research on recruitment of fishes suggests that both abiotic factors, such as temperature, salinity, and local circulation, and biological factors, such as feeding and predation, can affect recruitment. As pre-recruit survival is probably controlled by a combination of these factors, a recruitment research program must address the interaction between the biological system and the physical environment. This section describes the studies conducted at the Achotines Laboratory and the La Jolla laboratory to elucidate information on mortality, growth, and the influence of the environment on the biology of larval and early-juvenile tunas.

Much of the early work at the Achotines Laboratory was concentrated on developing methods of capturing, transferring, and maintaining live scombrids in captivity. Late-larval and early-juvenile scombrids (8 to 35 mm standard length, SL) are captured for laboratory studies and other research projects by nightlighting from a skiff. The specimens are attracted to a bright underwater light at night, collected by dipnet, and transported to the laboratory. To date, yellowfin and/or bigeye tuna (hereafter in this section referred to as *Thunnus* spp.); black skipjack tuna, *Euthynnus lineatus*; frigate and/or bullet tuna, *Auxis thazard* and/or *A. rochei* (hereafter in this section referred to as *Auxis* spp.); sierra, *Scomberomorus sierra*; chub mackerel, *Scomber japonicus*; and striped bonito, *Sarda orientalis*, have been captured and held in the laboratory. (Early-juvenile yellowfin and bigeye cannot be distinguished on the basis of morphological, meristic, osteological, or pigmentation characters; identification by electrophoretic means is described in a recent paper (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 86 (4): 835-838). Larval and early-juvenile *Auxis thazard* and *A. rochei* have been distinguished by minor differences in pigmentation, body depth, and gill raker counts, but the identifications are ambiguous.) Research at the laboratory has focused on black skipjack, *Auxis* spp., and sierra, the most abundant scombrids in nearshore waters.

Low to moderate numbers of scombrid late larvae (late notochord flexion and post-flexion stages) and early juveniles were taken by nightlighting during the first half of 1991. For the fourth

consecutive year, high densities of black skipjack and *Aurix* spp. were present in the waters at the shelf break and continental slope south of the Azuero Peninsula during July and August. Large numbers (several hundred per night) of black skipjack were captured during late July and early August. The circulation patterns seem to retain late-larval scombrids in the slope and littoral waters during this portion of the rainy season. Low to moderate numbers of black skipjack, *Aurix* spp., and sierra were taken from mid-August to mid-September. The catches of black skipjack were low in October and early November despite intense sampling effort. Due to poor weather, followed by arrival of the off-shore trade winds, only two nightlighting trips were made from mid-November through the end of December, and no scombrids were taken.

In 1991, as in 1990, moderate numbers (up to several dozen per night) of *Thunnus* spp. late larvae were collected off the Azuero Peninsula from mid-June to mid-July. In addition, moderate numbers of *Thunnus* spp. were captured during September. The sea-surface temperatures during these periods ranged from about 28.0° to 29.5°C (82.5° to 85.0°F). It is not known where these pulses of *Thunnus* spp. late larvae originate, but it is suspected that spawning occurs offshore and the larvae are carried onshore by the currents.

Development of improved husbandry techniques and the addition of supplements to the diet of juvenile black skipjack in the laboratory have resulted in more rapid growth and greater survival rates than previously attained. Sixteen black skipjack (14-20 mm SL) captured during mid- to late November 1990 grew to 230-280 mm SL by the end of March 1991. Transferring the early juveniles to 15- or 21-foot (4.6- or 6.4-m) diameter tanks with 20-30 other fish of the same size and supplementing the regular diet of mollies (Poeciliidae) with minced beef liver appeared to increase the survival and feeding efficiency. Some of these fish became sexually mature in captivity (see ***Maturation of black skipjack in captivity***).

The experimental aquaria at the Achotines Laboratory were re-configured during late 1991 in preparation for experiments on the effects of food concentration and water temperature on the growth and survival of late-larval and early-juvenile black skipjack. Twelve 330-L (87-gal) fiberglass tanks were plumbed in sets of three tanks each with chilling and heating equipment. Two sets receive heated seawater and two receive chilled seawater. The tanks will have uniform lighting, water exchange, and aeration. The system was tested and a trial experiment was conducted. Poor nightlighting conditions prevented the initiation of the experiments during 1991, however.

Sampling with light traps

During July and early August, a field sampling program was conducted to examine the distribution and abundance of late-larval and early-juvenile scombrids in the waters off the Azuero Peninsula. Mr. Simon Thorrold, a visiting scientist from the Australian Institute of Marine Science (AIMS), collaborated with IATTC scientists in the study. Automated light traps, designed and fabricated by AIMS, were used to study the nighttime vertical distribution of young scombrids. Another objective of the study was to compare the catches made by light traps to the catches made by nightlighting.

The light traps were deployed at the surface and at depths of 10 and 20 m (5 1/2 and 11 fathoms) on 21 dates. The catches of late-larval scombrids were rather low. A total of 32 scombrids was collected: 14 black skipjack (8.5 to 15.0 mm SL), 13 *Thunnus* spp. (8.5 to 12.8 mm SL), and 5 *Aurix* spp. (9.0 to 11.0 mm SL). The scombrids were caught only in the traps deployed at the surface. The approximate effort at each depth was: surface - 64.5 hours; 10 m - 34.0 hours; 20 m - 46.5 hours.

The data are limited, but they seem to indicate that at night the late larvae and early juveniles are restricted to the upper depth strata of the mixed layer. These results will be compared to depth distribution data for larvae obtained with the Tucker trawl (see ***Ichthyoplankton and oceanographic studies***).

The light traps and nightlight were used simultaneously on seven dates (Table 11). Low numbers of late larvae were captured by both gear types on four dates, and the catches taken by nightlighting greatly exceeded those taken by the light traps on three dates. Visual observations indicated that,

when late larvae were abundant in the surface waters, they would approach the light traps in small schools, but would not enter the traps in great numbers. It was clear that young scombrids were initially strongly attracted to the traps. It is possible that zooplankton, which are also attracted to the traps, may provide an additional stimulus for young scombrids to enter the traps to prey on them. The zooplankton densities during the sampling period (July and early August) may have been insufficient to attract large numbers of scombrids into the traps. It may be possible to test the effect of high zooplankton densities on scombrid catches by light traps during the dry season (December-April), when the zooplankton densities are usually higher. In contrast, the nightlight apparently provides a stronger stimulus to attract late larvae and juveniles, perhaps due to a broader light field. The greater catches by nightlighting also reflect the greater vulnerability of late larvae to capture by dipnet once they are observed in the light field. The IATTC's nightlighting method, though somewhat subjective because of variable sea conditions and skill levels of the different collectors, appears to provide a reasonably good general index of relative abundance of late-larval and early-juvenile scombrids.

Maturation of black skipjack in captivity

Five black skipjack which had been captured by nightlighting on November 14-16, 1990, at lengths of about 16 to 22 mm were still alive in mid-September 1991 in a 6.4-m (21-foot) diameter pool containing 30,000 L (8,000 gal) of seawater at the Achotines Laboratory. The pool had to be drained for repairs, so the fish were sacrificed for measurement of their muscle temperatures. These fish, four males and one female, were found to be sexually mature. They ranged in fork length from 290 to 366 mm, smaller than the smallest mature female (400 mm) found in a previous study (IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 2) of approximately 6,000 wild-caught black skipjack. In an attempt to induce fertilization, milt from two of the males and several hundred eggs from the female were mixed with seawater in laboratory glassware, gently aerated, and held at two different temperatures. Although some of the eggs were hydrated and about 1 mm in diameter, none appeared to have been fertilized. The milt contained active sperm, and motility continued for almost a week in refrigerated samples.

These fish had spent 305 to 307 days in captivity at the Achotines Laboratory. This is believed to be the longest time any scombrid has been held in captivity beginning at an early life stage, and the first known case of such fish attaining sexual maturity. The early juveniles were fed wild plankton during the first week in captivity, followed by chopped fish supplemented with beef liver and vitamin C.

Nutritional condition of larval and juvenile scombrids

A study of the nutritional condition and rates of starvation in larval and early-juvenile scombrids collected during the rainy season (May to November) of 1988, described in the IATTC Annual Report for 1990, was nearly completed in 1991. A manuscript describing this work was in preparation at the end of the year.

Age and growth studies

The age and growth of 218 black skipjack tuna, ranging in size from 5.7 to 20.3 mm SL, were analyzed, using growth increments counted in their sagittae (the largest of the three pairs of otoliths). All the specimens were collected by nightlighting 3.5 to 6.5 nm off the coast of Panama near the IATTC's Achotines Laboratory between December 1987 and February 1989. The methodologies for preparation of the specimens and sagittae for the study are described in the IATTC Annual Report for 1989.

Immersion experiments conducted during 1990 demonstrated that increments are deposited at daily intervals on the sagittae of late-larval and early-juvenile black skipjack (IATTC Annual Report

for 1990). Based upon these findings, ages were assigned to the 218 fish, and the length-age relationship was used to estimate the average growth rate (0.70 mm/d; Figure 33).

The growth of the sagitta, determined from measurements of the radius of the rostrum (the anterior-most projection of the sagitta), is directly proportional to the somatic growth in standard length for fish in the indicated size range (Figure 34). This close relationship suggests that the width of any increment is a measure of the instantaneous growth. Therefore, individual growth histories can be determined by back-calculation of size at age, using measurements of the increment widths.

Separate linear regressions for the length-age data were calculated for the fish collected in July and August, during the rainy season, and in January and February, during the dry (upwelling) season (Figure 35). These could not be compared statistically because their variances were not homogeneous ($P < 0.005$). For fish older than 14 days, the variance was significantly greater ($P < 0.02$) for the rainy season. For fish 8 to 14 days old, however, the variances were homogeneous for the two seasons ($P > 0.20$), so linear regressions were fitted to the two truncated sets of data (Figure 35). Although the growth rate was greater during the rainy season (0.90 ± 0.11 mm/d) than during the dry season (0.70 ± 0.13 mm/d), the difference between the regression coefficients was not significant (ANCOVA, $F_{0.05(1),1,37} = 1.18$, $P > 0.20$). The common regression coefficient and growth rate were 0.84 mm/d. The mean daily growth rates for fish older than 14 days were also compared for the two seasons. The mean daily growth rates for the older fish during the rainy and dry seasons were 0.82 and 0.85 mm/d, respectively. These rates were also similar for the two seasons ($t_{0.05(2),23} = 0.903$, $P > 0.20$), with a common mean of 0.83 mm/d. The greater variability in the growth of the older individuals during the rainy season may be due to a change in the diet preference of the older individuals and/or to patchiness or changes in the abundance of certain types of food organisms.

The data for seasonal growth comparisons are limited. More larvae, including those collected with a Tucker trawl, and juveniles will be analyzed for possible differences in growth between the two seasons.

Ichthyoplankton and oceanographic studies

In 1991, a change was made in the gear and procedures for sampling the ichthyoplankton off the southern coast of the Azuero Peninsula. A Tucker trawl, an opening-closing sampling device with the ability to catch larvae at discrete depth strata, replaced the bongo net used in previous surveys to obtain information on the day-night patterns of vertical distribution of scombrid larvae in relation to temperature, salinity, oxygen, and light intensity in the water column.

The trawl was specially fabricated with a mouth area of about 0.6 m² for use on a small research boat. It was made with 335- μ m mesh blue-green netting, and equipped with a temperature-depth logger for recording the water temperature and depth of the net during the tow. A small net with 73- μ m mesh and a mouth area of 0.014 m² was nested inside the trawl to collect microzooplankton simultaneously. The microzooplankton samples will be studied to characterize the forage organisms which are available to larval scombrids.

The ability of scombrid larvae to search for food particles is based largely on visual detection. Therefore, the level of ambient light at depth is important when estimating the feeding incidence and efficiency of scombrid larvae. A photosynthetically-available radiation (PAR) sensor has been added to the CTDO (a device which simultaneously measures the conductivity (salinity), temperature, depth, and oxygen level of the water) for determination of light levels in the water column during the ichthyoplankton and oceanographic surveys.

The Tucker trawl was used in 1991 during 45 ichthyoplankton cruises. The samples were taken at Station MSB (Figure 32) during the daytime hours of approximately 10 a.m. to 3 p.m. and during the

nighttime hours of approximately 9 p.m. to 3 a.m. During eight of the cruises, samples were taken on consecutive day-night periods. Based on results from a previous phase of the program, sampling with the Tucker trawl was conducted exclusively at Station MSB. The earlier sampling was done with a bongo net at least monthly at 14 stations along three transects extending from Punta Mala, Achotines Bay, and Morro Puercos (Figure 32), and this sampling indicated that the abundance of larval scombrids was consistently higher at Station MSB than at the other stations. Also, the Punta Mala transect (Figure 32) was the only transect at which all five taxa of scombrids, black skipjack, *Auxis* spp., *Thunnus* spp., sierra, and striped bonito, occurred in the net samples, and the densities of scombrids at this transect were an order of magnitude greater than those at the other transects.

The sampling protocol for the ichthyoplankton surveys is as follows. Two replicate tows with the Tucker trawl are made at five depth strata: 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, and 60-80 m (0-3, 3-11, 11-22, 22-33, and 33-44 fathoms). The samples collected at the three shallower strata are preserved by two different methods, in accordance with how they are to be utilized. The samples to be used in studies of nutritional condition are preserved in Bouin's solution, while those to be used in studies of age and growth and of feeding ecology are preserved in 95-percent ethanol. A codend splitter, placed between the net and its two codends, was developed to divide the sample from a single tow into two approximately-equal portions during the tow. The samples collected at the two deeper strata are not split, and are preserved in 5-percent Formalin solution, as are the microzooplankton samples from all the strata. CTDO casts are made to depths as great as 100 m (55 fathoms) immediately before and after the trawl tows. Weather, ambient light intensity, water clarity, and sea state are recorded at the time of the casts.

Fish-aggregating device

A fish-aggregating device (FAD), built at the Achotines Laboratory, was deployed off the southern coast of the Azuero Peninsula on April 18, 1991. Its position is 7°20.16' N-80°10.02' W, just west of Frailes del Sur. The FAD has been attracting juvenile and adult fishes. Trolling near the FAD has resulted in the capture of adult yellowfin, black skipjack, wahoo (*Acanthocybium solandri*), dorado (*Coryphaena hippurus*), and several species of Carangidae. Juvenile carangids, rainbow runners (*Elagatis bipinnulata*), and sergeant majors (*Abudefduf troschelli*), measuring about 3 to 25 cm (1 to 10 inches) in length, were observed by divers to be aggregating and feeding around the FAD.

Mullet brood stock

Efforts continued during 1991 to refine methods for inducing spawning in a captive brood stock of white mullet, *Mugil curema*, at the Achotines Laboratory. The mullet are being reared to produce larvae to feed to young tunas in the laboratory. Several hundred mullet, 100 to 150 mm SL, were captured with beach seines and gill nets in local waters and placed in two saltwater ponds to supplement the brood stock. Preparations were made to transfer several dozen large female mullet into a 15-foot (4.6-m) diameter laboratory tank. These females will be exposed to a reduced photoperiod regime to stimulate oocyte development. Then, slow-release hormone pellets will be implanted intramuscularly to accelerate gonadal development.

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 arrangements for processing and export of the catches, and the possible entry of larger vessels into the fishery make acquisition of estimates of the potential yields desirable. A sampling program was implemented in 1986 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 DGRM biologists. These basic data will provide information on species composition, size compositions, condition factors, catches per unit of effort using alternative gear configurations, and seasonal variability of the above. The fishery lands primarily *Lutjanus peru*. Other species caught in smaller quantities include *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, and *Hoplopagrus güntheri*. The first three species comprise over 90 percent of the catch in the Los Santos Province. The data are being analyzed and a report is being prepared by a DGRM biologist stationed at the Achotines Laboratory.

In 1991, preparations continued to initiate a tagging program for the most common snappers caught in the fishery. Snappers were caught by hook and line and transferred to four 3.7-m (12-ft) diameter tanks at the Achotines Laboratory for preliminary tagging experiments. The experiments will assess the feasibility of using a newly-developed visible-implant (VI) tag in future full-scale tagging experiments in the field. In addition, the rates of growth and tag shedding will be measured. Several tagging locations on the fish were tested in attempts to position the VI tags so they are visible externally, will not impede the fish's movements and behavior, and will not be subject to loss during capture with hooks. The experiments were not initiated during 1991 because of problems acquiring enough *Lutjanus peru* for a statistically-valid experiment and mortality in captivity from infections and possible nutritional deficiencies. Changes in procedures resulted in reduced mortality, and by the end of 1991 there were 31 *L. peru* alive in three tanks at the Achotines Laboratory.

Oceanography and tuna ecology

El Niño episodes of the second half of the 20th century

There have been 20 El Niño episodes during the 20th century, including two very strong events, one in 1925-1926 and one in 1982-1983. The El Niño of 1982-1983 was the strongest and most extensive warm-water event recorded in the eastern tropical Pacific (ETP) so far this century. It had a duration of 18 to 24 months, during which the sea-surface temperatures (SSTs) reached more than 6°C (14.4°F) above normal in Ecuadorian and Peruvian coastal waters. As a result, many forms of sea life were affected for more than 2 years over most of the eastern Pacific Ocean (EPO). Prior to the International Geophysical Year (IGY) of 1957-1958, El Niño was not widely known, except in the tropics, to be a frequent environmental event. During the IGY, however, a strong El Niño developed, with severe effects on bird life and fisheries in the ETP, especially along the coasts of Ecuador and Peru. This episode was well documented in the extensive data collected during the IGY. From 1955 to date, including the IGY, there have been eight El Niño episodes of varying degrees of intensity, and all have been better documented than those of the first half century.

Today El Niño is better understood as just one manifestation of abnormal patterns in the global atmospheric and oceanic circulations, leading to deeper-than-normal thermocline and mixed layer depths (MLDs), above-normal SSTs, and above-normal sea levels in the ETP. These are related to significant modifications in the ocean currents, which result from weakening of the surface winds in the tropical Pacific. The height of the sea level and the depth of the thermocline in the ETP are inversely correlated with the strength of the easterly winds over the tropical Pacific. An important measure of the strength of the tropical wind circulation is the Southern Oscillation Index (SOI), which is the difference between the standardized sea-surface pressure at Darwin, Australia (12°S) and at Tahiti (17°S). There is also a marked decrease in the nutrients in the upper mixed layer of the sea, leading to a depletion of forage, and probably a redistribution of food by the altered ocean currents.

Today there is worldwide interest in and continuous monitoring of the global atmospheric and oceanic conditions which may lead to El Niño events in the EPO and unusual weather and ocean conditions in other regions. Data on several observed environmental factors have been shown during the past three or four decades to be useful for detecting the onset of El Niño episodes. In Figure 36 are shown the mean annual departures from normal of four frequently-monitored environmental parameters that indicate the status of atmospheric and oceanic conditions in the ETP, especially in regard to the warm (El Niño) or cold (anti-El Niño) episodes during most of the second half of the 20th century (1955-1991). The data for the figure were obtained from climatological records compiled by the Climate Diagnostics Center, U.S. National Weather Service, and the governments of Ecuador and Peru.

In some years, as El Niño conditions develop, the SOI (Figure 36, Panel A) becomes negative for 6 months to 1 year. This is usually associated with weakening of the easterly surface winds in the tropics. Subsequently, the sea levels and SSTs begin rising in the ETP (Figure 36, Panels B and C). During an El Niño event the rainfall becomes intense at times, with an average annual accumulation of 50 to 75 mm (2 to 3 inches) above normal at Guayaquil, Ecuador, for example (Figure 36, Panel D). In some years the El Niño episode may be weak and of short duration, as it was in 1969 when the sea level and SST anomalies were small and the rainfall was near normal. In contrast, as shown in Figure 36, the strong El Niño episodes of 1957-1958 and 1972-1973 were characterized by large anomalies. The very strong El Niño of 1982-1983 was preceded by several years of negative SOIs and above-normal sea levels along the coasts of Ecuador and Peru. As a result, the El Niño episode developed quickly after mid-1982, and the positive SST anomalies expanded rapidly. During 1983 the average sea level was 15.2 cm (6 inches) above normal, the average SST was 6°C (14.4°F) above normal, and the accumulated annual rainfall at Guayaquil and surrounding coastal areas was 292 mm (11.5 inches) above normal.

El Niño episodes of the early 1990s

As the final decade of the 20th century began, the strong anti-El Niño which occurred during 1988 and 1989 came to an end, marked by near-normal SSTs over most of the ETP during the first quarter of 1990. During the second quarter of 1990, however, in the offshore region along the equator between 90°W and 110°W, above-normal SSTs indicated that upwelling was weak. The SSTs were normal, or slightly above normal, at coastal stations of Peru.

During the first and second quarters of 1990 the MLD and the thermocline became deeper than normal, the sea level rose in the coastal areas of central and South America, and the SOI became negative, reflecting weaker-than-normal surface wind circulation. During the third quarter, however, these environmental parameters returned to near-normal again and the El Niño development ceased. By the end of 1990 the El Niño had returned: the thermocline deepened by 10 to 20 m (5 to 11 fathoms), and there was a gradual rise in sea level to above normal once again. The SOI became negative also, as it had earlier in the year. However, SST anomalies more than 1°C (1.8°F) above normal occurred only in a few small areas along the equator east of 150°W.

The warming trend over the ETP that began in 1990 continued during the first and second quarters of 1991. Because there had been a gradual and prolonged warming in the upper mixed layer of the equatorial part (5°N to 10°S) of the ETP, the heat content above the thermocline had become great enough during the first quarter of 1991 to trigger El Niño conditions, provided that the SOI remained negative during most of 1991. During the first quarter of 1991 the average SOI was -0.5 (Figure 36, Panel D). The ocean conditions were similar to those during the fourth quarter of 1990, *i.e.*, the sea level was slightly above normal and the thermocline was about 20 m (11 fathoms) deeper than normal in the equatorial area east of 140°W. The SSTs were above normal over most of the ETP. During the second quarter of 1991 slowly-developing El Niño conditions prevailed west of the Galapagos Islands in the equatorial part of the ETP. The SST anomaly pattern for June 1991 in Figure 37 shows the mid-

year warming along the equator between 90°W and 130°W, where the SSTs were 2° to 3°C (3.6° to 5.2°F) above normal. The rapid increase in the SSTs indicated a marked decrease in upwelling of cooler sub-surface water, which usually is most pronounced during the second and third quarters of the year. It can also be seen in Figure 37 that the development of El Niño conditions had not yet affected the coastal region of South America or the ETP north of 10°N. By the end of the second quarter of 1991 it appeared that the El Niño would expand eastward to the coast and reach peak intensity before the end of the year.

By the middle of the third quarter, however, the development of El Niño conditions came to an apparent halt. The SOI increased from -1.5 in May to -0.5 during the first half of the third quarter, indicating a slight strengthening of the surface winds over the southern tropical Pacific. The sea level became normal along much of the coast of South America, and the thermocline moved upward closer to the surface in equatorial waters. During this period, the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration had reported that volcanic dust from the eruption of Mount Pinatubo in the Philippines had been circling the earth in the stratosphere above the tropics and sub-tropics, causing a slight reduction in the amount of heat from the sun reaching the earth. This could be another factor contributing to the reduced rate of poleward expansion of the El Niño during the third quarter.

During the first part of the fourth quarter of 1991 the SSTs were more than 1°C above normal across nearly all of the equatorial part of the ETP, and several areas with SSTs more than 2°C above normal appeared along the equator. The SOI decreased to -1.2 (Figure 36, Panel D) between October and November. During the same period the sea level rose to several centimeters above normal at Baltra Island, one of the Galapagos Islands, and also from La Libertad, Ecuador, to Callao, Peru. In addition, the thermocline descended again to approximately 40 m (22 fathoms) deeper than normal along the equator east of 115°W. During this quarter the El Niño was beginning to affect the west coast of the Americas from Ecuador to northern Chile, where the SSTs were more than 1°C above normal.

By the end of the fourth quarter of 1991 there were no indications from the monitored environmental parameters that the El Niño was going to dissipate during the first quarter of 1992. The SST anomaly pattern for December 1991 (Figure 38) suggests that the El Niño had strengthened in the offshore region along the equator. At the same time, however, the coastal region of Peru and northern Chile experienced, for the first time in 1991, SSTs of 1° to 3°C above normal. This suggests that the El Niño may have reached a peak in development during the austral summer of 1991-1992, especially in the coastal region. By the end of the fourth quarter there was no evidence that this El Niño had expanded north of 10°N. There remains a question, however, concerning whether there will be a northward expansion to the coasts of Central America and Mexico of this warm-water episode before the end of the 1991-1992 austral summer. If El Niño conditions do not extend northward beyond 10°N before the end of the first quarter of 1992, it is likely that the tuna fishing activity in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (Figure 1) north of 10°N will be no more affected in 1992 than it was during 1991. Additional information concerning the effects of El Niño events on the tuna fisheries in the eastern Pacific Ocean is given in the IATTC Annual Reports for 1987 through 1990.

TUNA-DOLPHIN INVESTIGATIONS

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

Data collection

In 1991, observers from the IATTC Tuna-Dolphin Program accompanied 237 fishing trips by purse seiners in the EPO. Twenty-three carryovers (trips which started in late 1990 and were com-

pleted in early 1991) brought the total number of such trips for 1991 to 260, all of them aboard Class-6 vessels (capacity >400 short tons) operated under the jurisdictions of Colombia, Ecuador, Honduras, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

U.S. vessels also carried observers from the dolphin program conducted by the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). These observers accompanied another 26 trips made by U.S.-flag vessels, and the two programs thus sampled a combined total of 286 trips, or approximately 60 percent of international fleet trips. This is the greatest percent coverage of trips in the 13 years in which the IATTC has been involved in this program. The coverage of non-U.S. fleet trips was almost 57 percent, also a sampling high. The sampling coverage of Class-6 seiners of the international fleet is summarized in Table 12.

The IATTC sampled approximately 36 percent of the trips of Mexican-flag vessels during 1991. Late in the year the Mexican government initiated its own national observer program. The IATTC and the NMFS provided logistical support to Mexico in initiating its program, which began sampling the Mexican fleet in December. Mexico has mandated 100-percent fleet coverage in 1992, with the IATTC program to continue to place observers on one-third of the trips and the national program to place observers on the other two-thirds.

Throughout the year Ecuador, Panama, and the United States had 100-percent coverage programs in place. The actual coverage of U.S. Class-6 vessels was 90 percent, due to the fact that one vessel did not have a U.S. government permit to fish on dolphin-associated tunas, and thus was not required to carry an observer on any of its trips. Vanuatu increased its fleet coverage to 100 percent early in the year, and Venezuela did the same in September. Cyprus and Spain each had a vessel which made one unobserved trip in the eastern Pacific, and Peru had one vessel which made two such trips.

A portion of the funding for the observer program was contributed by the Associazione Nazionale Conservieri Ittici e delle Tonnare (ANCIT) of Italy.

“Dolphin-safe” certificates

In 1990, the IATTC began providing “dolphin-safe” certificates to purse-seine vessels which carried IATTC observers whose data verified the fact that no dolphins had been intentionally chased or encircled during that fishing trip. These certificates are issued only at the request of vessel management. In 1991, the IATTC issued 67 of these certificates to vessels under the jurisdictions of Colombia, Ecuador, Panama, Vanuatu, and Venezuela. The U.S. NMFS issued similar certificates to U.S. vessels which had met the requirements.

Statements of participation

During 1991, the IATTC staff was asked to provide, upon request by vessels which have been participating in the international observer program at the coverage levels agreed upon by their governments and the IATTC, a certificate to that effect. This “Statement of Participation” can also state that the vessel is equipped with all the dolphin safety equipment recommended by the IATTC and that the IATTC staff has verified the proper alignment and condition of the vessel’s dolphin safety panel during a trial set. Between September 1991 and the end of the year, 31 statements were issued to vessels of the international fleet.

Training

Five courses for training observers in the collection of data aboard tuna vessels were held in Colombia, Mexico, Panama, and Venezuela during 1991 (Table 13). The attendees were instructed in the identification of marine mammals, tunas, turtles, and seabirds, requirements and procedures for data collection, methods for estimating the sizes of herds of marine mammals, fishing gear and operations, and shipboard protocol and safety.

The course in Colombia was conducted at the request of the Colombian government, under the auspices of the Asociacion Nacional de Industriales de Colombia. It was coordinated by Dr. Martha Bernal de Mosquera, deputy director of the Fishery Production section of the Ministry of Agriculture.

Gear program

A generous contribution for the gear program was received from ANCIT.

Services

During 1991 the gear program staff conducted dolphin safety panel (DSP) alignments and inspections of dolphin rescue gear aboard 24 vessels from Colombia, Mexico, and Vanuatu. The standard DSP consists of two strips of 1 1/4-inch (3.2-cm) mesh, made of 24-thread nylon twine, which replace part of the 4 1/4-inch (10.8-cm) mesh adjacent to the corkline; dolphins are less likely to get their snouts entangled with the finer mesh when being released from the net. In order to check the alignment of the DSP, a trial set is made, during which an IATTC employee observes the performance of the net from an inflatable raft during backdown. He transmits his observations, comments, and suggestions to the vessel's captain, and attempts are made to resolve any problems which may arise. Afterward, a report is prepared for the vessel owner or manager. This report contains a summary of the IATTC employee's observations and, if necessary, suggestions for improving the vessel's dolphin safety gear and/or procedures.

The IATTC also offers other services to help individual vessels and fleets reduce dolphin mortality. Publications and video tapes on the subject are available at IATTC field offices. *Trip analyses*, detailed reports of observed fishing trips, are prepared upon request and, after the required authorizations are obtained, sent to the vessel owners to allow them to assess the performance of the vessels and captains.

Dolphin safety panel modification

A U.S. tuna boat owner and captain has been working on a modification of the DSP that may help reduce dolphin entanglement due to net canopies and collapses in the backdown channel area. His concept is to replace sections of the 1 1/4-inch mesh DSP with sections designed to allow dolphins which are forced into contact with the net to pass easily through the net wall, while still providing enough of a visual barrier for tunas to prevent their escape. The designer is working in conjunction with a company which makes purse seines in developing a prototype that they hope to begin testing in 1992. Staff members of the IATTC and the Porpoise Rescue Foundation have been involved in early discussions about the modification.

Workshops

Three workshops on reducing dolphin mortality were held during 1991 (Table 14). These workshops are intended not only for vessel captains, who are directly in charge of fishing operations, but also for other crew members and for administrative personnel responsible for vessel equipment and maintenance. Fishermen who attend the workshops are presented with certificates of attendance.

Mortality estimation

The total incidental mortality estimates for 1991 are shown in Table 15. They represent a reduction of 48 percent with respect to 1990. Two factors control the level of mortality, the number of sets on fish associated with dolphins and the average mortality per set (MPS). The number of sets on fish associated with dolphins declined by about 10 percent and the average MPS declined by about 40 percent relative to 1990. Improvements in performance of the captains and crews were obviously the

major reason for the 48-percent reduction in the total mortality of dolphins.

There are a number of factors which affect the mortality rates. These were examined, using the data base for non-U.S. vessels. The data for U.S. vessels were not combined with those for the other vessels because the portion of the international fleet which was U.S. vessels has changed during recent years. Some of the factors which affect the mortality rates are:

Proportion of night sets: This proportion declined from 8.0 percent in 1990 to 6.5 percent in 1991. Still, as the mortality rates during night sets are several times those during day sets, nearly 17 percent of the mortality occurred during night sets.

Proportion of sets with net collapses: This proportion declined from 31.3 percent in 1990 to 26.5 percent in 1991. Almost half of the total mortality occurred during sets with net collapses.

Proportion of sets with net canopies: This proportion declined from 25.0 percent in 1990 to 18.2 percent in 1991. Almost 65 percent of the mortality occurred during sets with net canopies.

Average number of dolphins left in the net after backdown: This number decreased from 2.9 in 1990 to 1.7 in 1991, shows that the procedures used to release the dolphins from the net improved.

Average number of dolphins encircled: This number decreased from 582 in 1990 to 549 in 1991. This is another area in which the fleet is showing improvement. The fishermen were able to encircle fewer dolphins without reducing the average catch of yellowfin tuna per dolphin set (16.6 tons in 1990 *versus* 16.8 tons in 1991). The decrease in the number of dolphins encircled is at least partly the result of the fishermen's increased skill in separating the dolphins which "carry tuna" from those which do not before setting.

Relationship between mortality and abundance

The best way to assess the impact of the fishery on the various dolphin stocks is to bring together information on the mortality and abundance of each stock. The most recent estimates of the absolute abundances of the various dolphin stocks affected by the fishery are those calculated by Mr. Paul Wade and Dr. Timothy Gerrodette of the U.S. NMFS, recently submitted to the International Whaling Commission. The estimates from that paper and the mortality figures for 1991 are shown in Table 16. The incidental mortalities for all stocks are less than 1 percent of their population sizes. As the most conservative estimate of the net recruitment rate currently used is 2 percent, it is likely that the stocks affected by the fishery are already recovering from the higher mortalities of earlier years.

Estimation of relative abundance

To monitor the possible effects of incidental mortality on the sizes of dolphin stocks, estimates of their abundance have been made, usually by applying line transect methodology to data collected from tuna vessels, research vessels, or both. In recent years, the U.S. NMFS has carried out a series of cruises on research vessels for the purpose of estimating trends in the abundances of the major dolphin stocks. IATTC staff members have analyzed data gathered by observers placed on board tuna purse seiners. The tuna-vessel data provide a large data base at no additional cost, with regular coverage of a substantial portion of the area occupied by the dolphin stocks. However, due to the nature of the fishing operations, the assumptions necessary for line-transect sampling to yield unbiased estimates of absolute abundance are often violated. Procedures were therefore developed to obtain estimates as insensitive as possible to those violations (see IATTC Annual Report for 1987). However, since these procedures are unlikely to remove all biases, the estimates should be treated as estimates of the relative abundances of the stocks, rather than as estimates of their absolute abundances.

The relative abundance index for any given stock is obtained from an estimate of the herd encounter rate, an estimate of the average herd size, an estimate of the area of distribution of the stock in question, and an adjustment factor (derived from a model fitted to the sightings data) that accounts for herds that are not detected. To reduce biases, separate geographical stratification schemes are applied for the estimation of each of the components of the estimator. A non-parametric procedure (bootstrap) is applied to estimate the variances, using data for individual fishing trips as resampling units.

The underlying trends in abundance are estimated by smoothing the series of estimates. This smoothing reduces the effect of extreme estimates (outliers) on the estimation of the trends, and improves the overall precision by incorporating more information in the estimation of each year's index. Since the numbers of dolphins are unlikely to vary greatly in successive years, smoothed estimates which combine information from neighboring years are a better indicator of change, and the resulting confidence intervals are more precise.

Smoothed confidence intervals are computed by combining the smoothing and bootstrap procedures. After obtaining a bootstrap estimate for a given stock for each year, the estimates are smoothed across years. This procedure is repeated 79 times, and for each year the 6th-smallest and 6th-largest smoothed estimates provide approximate 85-percent confidence limits. The sequence of medians of the smoothed bootstrap estimates is used as the "best" estimate of the trend. The smoothing procedure does not perform well on the first and last points of the series, so therefore smoothed estimates are not given for the first and last years in the series for each stock. Assessments of the performances of other smoothing methods are currently in progress.

The numbers of nautical miles of searching effort by tuna vessels with observers on board and the numbers of sightings made during these searching periods in 1991 are shown in Table 17. The relative abundance indices for 1991 are shown in Table 18. The estimates of the underlying trends for each of the main stocks associated with tunas in the EPO are shown in Figures 39-46. Since the stock boundaries and stock identities are uncertain for the northern and southern stocks of the offshore spotted dolphin, estimates were also made after pooling the data for both stocks. The broken horizontal lines in these plots correspond to the upper and lower 85-percent confidence limits for the 1990 relative abundance index. The years for which the entire confidence interval lies outside the region between the broken horizontal lines show relative abundance indices which are significantly different from those for 1990.

Spotted dolphin

It appears that the northern stock of the spotted dolphin has remained stable over the last few years (Figure 39). The figure suggests a slight apparent decrease after 1986, but no significant differences are detected over that period, and the estimate for 1991, being close to the 1990 estimate, supports the assessment that the population has exhibited little, if any, change during recent years.

For the southern stock, the 1991 estimate is similar to those of 1989 and 1990, giving support to the hypothesis that the low indices obtained for the 1984-1988 period were not indicative of a real decline in abundance (Figure 40).

A possible explanation for the recent trends seen in both stocks is that there have been large movements of dolphins across the assumed boundary between the northern and southern stocks. If such movements are common, it is possible that they would have caused apparent simultaneous increases in the northern stock and decreases in the southern stock during the mid-1980s. For this reason, it is preferable to assess them as if they were a single stock. The results of this analysis (Figure 41) suggest that the two stocks taken together have exhibited almost no change in recent years.

Spinner dolphin

The results for the eastern stock of the spinner dolphin suggest that it has been stable during the last few years (Figure 42). With the exception of a high estimate for 1988, the unsmoothed indices for the last five years are in the range of 360 to 380 thousand animals, similar to the levels estimated for the late 1970s. A comparison with earlier estimates indicates that there is some evidence that the 1990 smoothed estimate is lower than the smoothed estimate for 1976.

There have been no significant changes for the whitebelly stock during the last decade (Figure 43). The smoothed estimates suggest that there was a slight decline after 1986, although this is not statistically significant, and a significant decline with respect to the levels during the 1976-1978 period. It is possible that the estimates for this stock are affected to some extent by the El Niño phenomenon; the unsmoothed estimate for 1991 is less than the average index for the mid-1980s, but similar to the estimates for the very strong El Niño of 1982-1983.

Common dolphin

There is evidence, after the addition of the 1991 estimate, of a decline for the northern stock of the common dolphin with respect to the late 1970s and early 1980s (Figure 44). The 1990 index is significantly lower than the estimates for the 1977-1982 period. In particular, the 1991 estimate is considerably lower than the estimates for the previous years, mainly as a result of a very low encounter rate (Table 18). There are several possible explanations for this result.

The first possibility is that the low 1991 estimate is the result of a large decline in the population. However, the incidental mortality for this stock has been low relative to the total population size and, since 1989, consistently less than 0.2 percent of the best available estimates of absolute abundance. It seems unlikely, therefore, that the population has been affected by high incidental mortality.

The second possibility is that the low 1991 estimate is the result of a change in fishing patterns. If, during 1991, the fishermen directed their effort in the area to fishing for tunas not in association with dolphins, the observer would have been less likely to be aware of these sightings, even including those made close to or on the trackline, which would cause a downward bias in the relative abundance indices. However, if the fishermen's effort directed toward dolphin-associated fish is measured by the ratio of the number of dolphin sets to the total number of sets, it would appear that fishing in association with dolphins was more common in the area during 1991 than during the previous years. Therefore, there seems to be little support for the hypothesis that changes in fishing patterns account for the low estimate of 1991.

A third possibility is that a shift in the distribution of the stock occurred during 1991. The study area, as defined for these analyses, does not include the entire range of the northern common dolphin. Common dolphins are frequently sighted as far north as 35°N. Therefore, movements within the range of the stock could affect the relative abundance indices. There is some evidence that such movements occurred during 1991. The results from an aerial survey and preliminary results from a ship survey carried out by the U.S. NMFS along the coast of Southern California indicate that the abundance of common dolphins during 1991 was an order of magnitude greater than during previous years. Environmental data with which to carry out a comprehensive analysis of the conditions in the habitat of the northern common dolphin are not yet available for 1991. The only information available at this time is sea-surface temperature (SST) measurements taken by observers at the time of sets made on tunas associated with dolphins. These data indicate that the SSTs were about 1.5°C (2.7°F) greater during 1991 than during previous years (Table 19). This could indicate a northward extension of the range of the common dolphin, which prefers cooler waters. If a change in the distribution of the northern

common dolphin is the main reason for the low 1991 estimate, it would be difficult to modify the IATTC staff's current procedures to take this into account. Extending the area in which the stock is presumed to occur, as was done previously to adjust for a similar problem affecting estimates for the southern stock of offshore spotted dolphins, would not be effective in this case, as tuna purse seiners rarely operate in the area north of 30°N. If the change in distribution persists for more than one year, the estimated underlying trend would indicate that the population is declining rapidly, as appeared to be the case for the southern stock of the offshore spotted dolphin before 1989. Inclusion of environmental variables in the estimation procedures, currently underway as part of a revision of the methods, will probably improve the relative abundance indices for this and other stocks.

The estimated trend for the central stock of common dolphins indicates stable abundance since the early 1980s, after a decline during the late 1970s (Figure 45). The index for 1991 is similar to those for the previous years.

Data for the southern stock are sparse, making the trends in abundance difficult to assess (Figure 46). There are no significant differences among the estimates for the entire time series.

Effect of "dolphin-safe" fishing trips

The possible consequences of recent changes in the fishery were also analyzed. In 1990, several U.S. tuna canners announced that they would no longer accept tuna caught in association with dolphins; this became known as the "dolphin-safe" policy. At the same time, some countries in the region passed legislation banning the encirclement of dolphins. Vessels affected by these policies were required to carry an observer who could certify that the tuna were not caught in association with dolphins. As a consequence, during 1991 the observer coverage for these vessels was much greater than the coverage for the fleet as a whole. Therefore, a substantial proportion of the basic data available for abundance estimation was contributed by "dolphin-safe" trips. The inclusion of fishing trips during which no sets were made on dolphin-associated fish can cause a bias toward low estimates in two different ways. First, as the vessels are not encircling dolphins, the observers are less likely to be aware of herds of dolphins sighted by the crew. Second, the best areas for fishing for tunas not associated with dolphins do not always coincide with the areas in which searching traditionally takes place when fishing for tunas associated with dolphins. A change in the distribution of effort toward the best non-dolphin areas can cause a change in the bias with respect to previous years, especially for stocks for which spatial stratification is not possible (southern stock of the offshore spotted dolphin and northern and southern stocks of the common dolphin).

To assess the importance of this effect, fishing trips without sets in association with dolphins were deleted from the data base, and new estimates of the abundances of the various stocks were obtained from the reduced data base (Table 20). A paired *t*-test was carried out on the logarithm of the estimates of abundance before and after removing the data for the "dolphin-safe" fishing trips. The result indicates that there is no evidence of bias due to the inclusion of "dolphin-safe" trips ($t_5 = -1.30$; $P > 0.22$).

Age and maturity of dolphins

Biologists participating in a joint project sponsored by the IATTC, the U.S. NMFS, and the Chicago Zoological Society have found changes in the layering patterns in the teeth of dolphins which appear to be correlated with the process of sexual maturation. This project is part of a study which has been conducted over the last 21 years on free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida. The reproductive histories of these dolphins are known from observational studies that have recorded the birth of calves to marked females and from capture-and-release studies that have measured reproductive hormone levels from blood samples.

After removal from the dolphins, the teeth are decalcified, cut into thin sections, and stained with hematoxylin to make the layers more distinct. The area in which the layering pattern changes, termed the transition zone, is formed over a 2- or 3-year period. The transition zone generally includes of the following features: (1) a dark-staining layer which is more distinct than the preceding and succeeding layers, (2) a thinning of the layers, and (3) a change in coloration of the stained layers. The transition zone generally begins at about 8 to 10 years of age. Prior to that time the males and females have low levels of reproductive hormones and the females have not been recorded with calves. During and after the time that the transition zone is laid down, the reproductive hormone levels are higher and some of the females have been recorded to have their first calves.

Previous workers have suggested that this layering pattern is correlated with parturition. This hypothesis was not borne out by this study because: (1) the pattern was seen in both males and females, and (2) the pattern was not seen in the teeth of older females at ages when the females were known to have given birth.

This technique could prove valuable for studying life-history trends in eastern Pacific dolphins. For example, it might be possible to examine the teeth of older animals which matured during the early days of the purse-seine fishery, prior to the collection of life-history data in the mid-1970s. If a density-dependent response to exploitation has occurred, it may be revealed from a comparison of the average age of sexual maturity calculated from animals that matured in the 1960s *versus* those that matured more recently. This method has the additional advantage that it does not require sample sizes as large as those required by other techniques which do not involve examination of the teeth.

The sexual maturity of bottlenose dolphins, based on observations of births of first calves and the occurrence of transition zones, typically occurs at 7 to 10 years. The estimates of the average age at sexual maturity of spotted dolphins caught incidentally in the purse-seine fishery are higher (10 to 12 years), which is contrary to what was expected, as bottlenose dolphins live longer than spotted dolphins. These unexpected results could be due to bias introduced by the use of this method or bias in the collection of samples of spotted dolphins from the purse-seine fishery, or the expectations could be based on faulty assumptions about the dynamics of dolphin populations.

STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1991 AND OUTLOOK FOR 1992

The convention establishing the Inter-American Tropical Tuna Commission states that its principal duties are to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean (EPO) to determine the effects that fishing and natural factors have on their abundance and, based on these studies, to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will allow maximum catches on a sustained basis. To fulfill this responsibility, a broad program of research involving biological and oceanographic studies and the acquisition and interpretation of detailed statistics of catch and effort of vessels fishing in the EPO is carried out by the Commission's staff. In keeping with these responsibilities, background papers are prepared to inform the Commissioners of the staff's current assessment of the status of the tuna resources of the EPO. The information in these background papers is reprinted in this Annual Report, with minor changes, to make it available to the general public.

YELLOWFIN

Yellowfin is the most important species taken by the surface fishery for tunas in the EPO. A variety of age-structured and production models has been used by the IATTC staff to assess the effect that fishing has had on the abundance of yellowfin in the EPO and to determine the present condition of the resource.

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 length-frequency and otolith data from 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 fish in the catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean (EPO) since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951-1954 by the California Department of Fish and Game. The otoliths were collected during 1977-1979, and the analyses were carried out during the early 1980s. Tagging was conducted principally from 1955 to 1981, and analyses of these data are still in progress.

Biomass analyses

Age-structured biomass analyses performed by the IATTC staff have produced information concerning the abundance and mortality of fish of individual cohorts which has been highly useful for stock assessment. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X73 cohort, which reached a length of 30 cm in about November of that year, first entered the fishery in small numbers during the first half of 1974, and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y73 cohort, which reached a length of 30 cm in about May of 1973, first entered the fishery in small numbers during the second half of that year, and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1974.) As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. Then estimates are made of the numbers of 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. 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, weight-length, and sex ratio 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 (M) is used for all ages of males. For females, M is assumed to be 0.8 for the first 30 months in the fishery and then to increase linearly to about 6.5 at 80 months. (In practice, it varies somewhat among cohorts.) Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, the growth rates vary, and the times of recruitment vary. All of these introduce "noise" and possibly bias as well, into the calculations.

The estimated average populations of fish of the various cohorts, in numbers of fish, are shown in Table 21. For the X68 cohort, for example, there was an average of 23,667,000 0-year-olds during the last quarter of 1968, and the population of that cohort during the first, second, third, and fourth quarters of 1969 averaged 19.38, 15.76, 12.53, and 9.40 million fish, respectively (1969 rows, I column). In 1970 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 6.30, 3.76, 2.84, and 2.15 million fish, respectively (1970 rows, II column), and so on. The average numbers of 0-, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds of the seven X cohorts (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1963, and 1962) during the last quarter of 1968 were 23.67, 9.18, 2.26, 0.61, 0.13, 0.06, and 0.02 million, respectively (1968, last row). The table is read the same way for the Y cohorts as for the X cohorts, except that the Y cohort first appears during the second quarter of the year.

Estimates of the numbers of recruits for each cohort for 1967-1991 are listed in Table 22. The estimates for 1991 are preliminary and subject to change, however. This is because the recruits have been exposed to the fishery for less than one year, and if their vulnerability to capture was above or below average the recruitment would have been over- or underestimated. The same is true, to a lesser extent, for the estimates for 1990. The averages of the initial recruitments (Columns 2-4) are 39 million for the X cohort and 47 million for the Y cohort; the averages of the average populations during the month of recruitment (Columns 5-7) are 37 million for the X cohort and 45 million for the Y cohort. The variability (ratio of the largest to the smallest estimate) among years is roughly the same for the X cohort (3.10) and the Y cohort (3.00), and that for the combined data (2.68) indicates an inverse relationship (not necessarily significant) for the two cohorts. The recruitment has been variable, but the average for 1978-1991 has exceeded that for 1967-1977. There appears to have been an upward trend in recruitment over the last 20 years or so, the initial recruitment averaging about 64, 73, and 98 million fish during the 1967-1975, 1976-1982, and 1983-1991 periods, respectively (Figure 47). It could be argued, however, that this is due to chance variation, especially for the 1973-1991 period, when the initial recruitment has averaged about 86 million fish.

The numbers of fish in Table 21 were converted to weights, using data on the average weights of fish of different sizes (Table 23) to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) for each cohort. Different initiating rates of fishing mortality were estimated for the months during which different cohorts were last exploited, depending on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates greater and less than those considered to be the best estimates. Some tuning of these initiating rates was done to obtain a better comparison of the cohort biomass estimates (Figure 57, bottom panel) to the other estimated trends in abundance (Figure 57, top and middle panels). The estimates of biomass shown in Figure 48 were calculated using monthly values. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the recruitment of X84 and Y84 cohorts combined was about average (Table 22) and their biomass (Figure 48, cross-hatched) was greatest at age 2. These cohorts were not fished heavily until 1987, when they were 2 years old (Figure 49). The initial recruitment of the X72 and Y72 cohorts combined (Figure 48, diagonal lines), on the other hand, was below average (Table 22), and after the Y-cohort fish were fished heavily as age-1 fish in 1973 (Figure 49) their biomass was relatively low (Figure 48) in the succeeding years.

In Figure 50 are shown the average annual biomass estimates for 1967 through 1991 for all fish regardless of age and for "large fish" (all X- and Y-cohort fish which had been in the fishery more than 17 months). During 1967-1971 the total biomass averaged about 365 thousand short tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from recruitment during 1965-1967 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 of the older fish from 1969 to 1973. The lesser biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1973 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in 1975 and 1976. The greatest catch of yellowfin in the history of the fishery prior to 1986 was made during 1976. Below-average recruitment during 1975 and 1976, coupled with heavy exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing until 1982, when it reached the lowest level observed in the recent history. Although the 1977 recruitment was well above average, exceeded only by those of 1973, 1987, and 1988, so many of these fish (and those of the 1978 recruitment) were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was below average from 1979 through 1982, about average from 1983 through 1985, and above average from 1986 through 1991. The biomass increased in 1983, due primarily to lesser fishing effort, and increased greatly in 1984 and 1985, due to

increased recruitment and reduced fishing on young fish. Since then, based on cohort analyses, it has increased slowly.

The annual catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during 1967-1991, are shown in Figures 49 and 51. In Figure 49 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years, whereas in Figure 51 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year.

Comparison of Figures 48 (annual estimates of the biomass of the X and Y cohorts), 50 (annual estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 51 (catches during each year by age) 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 the combined X and Y cohorts from 1967 through 1986 (Figure 49) ranged from 148 thousand tons for the 1976 cohort to 374 thousand tons for that of 1973, with an average for the 20 groups of 219 thousand tons. If the Y73 cohort had not been fished so heavily during its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these combined cohort catches by the corresponding initial estimates of recruitment (Table 22) gives yield-per-recruit estimates for each combined cohort (Figure 52) which varied from 4.8 to 7.5 pounds, (2.2 to 3.4 kg). The initial recruitment varied from 49 million to 120 million fish (Table 22), averaging 72 million fish, producing an average yield per recruit of 6.1 pounds (2.8 kg).

Yield-per-recruit analyses

In addition to age-structured biomass analyses, yield-per-recruit analyses have been used by the IATTC staff. When the fish of a cohort are young the total weight 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 size at entry (*i.e.* the size of the smallest fish caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high a size at entry only slightly less than the critical size would be selected, most of the fish caught would be close to the critical size and age, and the yield would be almost as great as under the second alternative. If the fishing effort is lower a size at entry considerably below the critical size would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of sizes and ages, 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 size at entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the size at entry is greater than the critical size unlimited effort can be permitted, but if the size at entry is less than the critical size 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 greater, 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 lesser natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical size and age 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 EPO, 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 119 cm (75 pounds or 34 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 by surface gear increased considerably during the period after the conversion to purse seining, averaging about 105 thousand tons for 1961-1970, as compared to 84 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 53. (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 the growth-in-weight data shown in Table 23, coefficients of fishing mortality obtained from estimating the biomass as described in the subsection entitled **Biomass analyses**, and estimates of the coefficients of natural mortality given in that subsection. During the 1978-1982 period the fishing effort was directed more or less equally at small, medium, and large fish, whereas during the 1985-1987 period the effort was

directed most at large fish and least at small ones. During 1988 the size distribution was similar to those during 1978-1982, containing a mixture of small, medium, and large fish, but during the 1989-1991 period the fishery again concentrated on larger fish. The effects of this shift can be seen in the age-frequency histograms in Figure 51. The values on the horizontal scales of Figure 53 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 75 pounds (34 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 10.1 pounds (4.6 kg). The sizes at entry which would produce the maximum yields per recruit for various multiples of fishing effort are shown in Figure 53 as dashed curves. These are called eumetric fishing curves. For the 1978-1982 case, it can be seen in the upper panel of Figure 53 that if the effort were to increase to about 1.5 times the 1978-1982 level and the size at entry to about 35 pounds (15.9 kg) the yield per recruit would increase from about 4.8 pounds (2.2 kg) to about 8.7 pounds (3.9 kg). For the 1985-1989 case (Figure 53, lower panel) the yield per recruit would increase from about 6.7 pounds (3.0 kg) to about 9.0 pounds (4.1 kg).

The above description contains the implicit assumption that alteration of the size 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 size 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 size 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 likely that if for any reason the size at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing mostly small fish and more in those containing mostly large fish, so the fishing effort on the large fish would probably increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit more than indicated in Figure 53. It appears that this has happened in recent years.

The total yield is the product of the estimates of the yield per recruit and recruitment. For example, the yield per recruit (with fishing mortality equivalent to a multiplier of 1), determined from the lower edge of Figure 53, is about 4.8 pounds (2.2 kg) for the 1978-1982 period and about 6.7 pounds (3.0 kg) for the 1985-1989 period. From the biomass analyses (pages 52-54) it was determined that the annual average yield per recruit was 6.2 pounds (2.8 kg) for 1967-1991 (Figure 52, bottom panel). The yields obtainable with these yields per recruit and an initial recruitment of 89 million fish, the average for 1977-1991, are as follows:

Period	Yield per recruit (pounds)	Recruitment (millions of fish)	Yield (thousands of tons)
1978-1982	4.8	89	214
1985-1989	6.7	89	298
1967-1991	6.3	89	280

The yield with the size-specific fishing mortality pattern of 1985-1989 is 39 percent greater than that with the pattern of 1978-1982. It was pointed out in previous Annual Reports of the IATTC that a shift of fishing effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. Such a shift did occur, and this resulted in increased catches during 1985, 1986, and 1987. The fishery took more smaller fish in 1988, however, and then returned to catching larger fish in 1989, 1990, and 1991 (Figure 15). As can be seen in Figure 52, bottom panel, the yield per recruit decreased in 1988 and then increased in 1989, 1990, and 1991. The yield per recruit within a year (Figure 52, bottom panel) is highly correlated with the average weight caught (Figure 54) within that year (Figure 55).

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 greater catches, but at greater 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 greater. 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 rarely 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 lesser 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 greater 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 EPO. 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 56) has been studied, and the results are discussed in previous Annual Reports of the IATTC. Prior to 1990, production modelling was done only for the CYRA, but, as mentioned on page 48 of the IATTC Annual Report for 1989, the staff has decided to carry out analyses based on the assumption that the catches made in the EPO (east of 150°W) come from a single stock. Limited data indicate that the mixing of fish between the EPO and the area to the west of 150°W is not extensive.

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 periods of both underfishing and overfishing, 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.

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 section only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated Class-6 purse seiners (greater than 400 tons capacity) is used except in the searching-time model (Figure 57, middle panel), which will be discussed in the next paragraph.

The CPDF values for 1967-1991 are shown in the top panel of Figure 57. In the middle panel of that figure is shown an index of abundance for 1970-1991 based on a "searching-time" model (IATTC Bulletin, 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 trends for all three indices are similar, although the cohort index indicates greater abundance relative to 1970 than do the other two. Two of the indices show the population increasing from 1985 to 1986, decreasing from 1986 to 1987, and then remaining at about the same level. The other shows it increasing from 1984 to 1985 and then increasing more slowly from 1985 to 1991.

The CPDF data shown in Table 24 and Figure 57, top panel, indicate that the abundance of yellowfin in 1986 was the greatest for any year of the 1967-1986 period, and since then has stabilized at a level slightly less than that of 1986. The increase was expected, due to the low catches in 1982, 1983, and 1984 which permitted the population to increase, and the decline from 1986 to 1987 was also expected, due to the large catches during 1986 and 1987. The CPDFs for 1984-1991 have been even

greater than expected, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lower demand for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where these are most abundant, and (3) the larger average size of yellowfin taken, which resulted in a greater yield per recruit. With reference to point (2), it should be noted that the searching time model (Figure 57, middle panel) includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur.

The symmetrical production model, described below, was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the inshore area (Figure 56) for the period of 1934-1955, which included a wide range of effort on the underfishing side of the curve. Those data indicated that, within the ranges of fishing effort for which information was 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 EPO 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 its operations much further offshore. The inshore, offshore, and far offshore areas are termed Areas A1, A2, and A3, respectively, in Figure 56. If the interchange of fish among these three areas is instantaneous the AMSY of the three areas combined would be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the three areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the three areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish among the three areas, so the AMSY for A1, A2, and A3 combined is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs for A1, A2, and A3. 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 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 the second year is estimated by using the model, the catch in the first year, 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, growth (due to growth of individual fish and to recruitment), 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 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 1984-1991 period.

In the years previous to 1987 the estimation had been done without adjustments to compensate for the sequential nature of the estimation process, but by then, as explained in the preceding paragraph, it seemed necessary to make some sort of adjustment. The adjustment used to obtain the 1987 estimates was accomplished by interrupting the sequence of population estimates at 1985, and re-estimating the biomass by dividing the observed CPUE for 1985 by the estimate of the coefficient of catchability. This seemed like a reasonable adjustment, given that all three estimators shown in Figure 57 were high for 1985. The new procedure had minimal impact on the estimates of the parameters, but a great impact on the estimate of the 1987 population size. In recent years two fits have been estimated, one for the 1968-1983 period and another for the period from 1984 to the most recent year for which data are available.

Two analyses for the CYRA based on production models were discussed in the IATTC Annual Reports for 1986, 1987, and 1988. 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, were used. For both of the fits the coefficient of catchability, q , was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for 1968-1982, 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 tons	Sum of squares (x 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*.

Based on production model analyses employing data for 1968-1985, it was stated in the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the CYRA stock to its optimum size the 1986 CYRA catch should not exceed 224 thousand tons. However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota for the CYRA was set at 205 thousand tons. The catch in the CYRA in 1986 was 253 thousand tons, and yet the indices of abundance did not show a decline during 1986. It was shown previously that this unexpected increase in production was due to increased recruitment and

yield per 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 recruitment was high during 1983-1989, and probably 1990 and 1991 as well, 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 1968-1985 data base and re-estimating the production model parameters made little change in the estimates of AMSY and optimum effort, and over the long term both the symmetrical and asymmetrical models, with the adjustment discussed above, described the average potential production from the stock fairly well. When the data for 1988 were added, however, the need for a different explanation was obvious. The catch for 1988 was so great that the model predicted a population crash and extremely low CPUEs in early 1989. This, obviously, did not happen.

During the three periods mentioned on page 53 the estimated initial recruitments, average weights, yields per recruit, potential yields, and annual catches for the EPO were as follows:

Period	Initial recruitment (millions of fish)	Average weight lbs (kg)	Yield per recruit (pounds)	Potential yield (1000 tons)	Observed catch (1000 tons)
1967-1975	64	24.4 (11.1)	6.8	218	184
1976-1982	73	14.7 (6.7)	5.3	193	212
1983-1991	98	24.1 (10.9)	6.5	318	269

Since the observed catches during the first two periods were about the same (although for different reasons), fitting the production models to catch and effort data for 1968-1984 can be accomplished without complications. As both the recruitment and the yield per recruit increased during the last period, however, it has become impossible to explain the relationship between catch and effort by assuming that the population parameters remain constant. Accordingly, the data for the EPO have been fit with two different sets of parameters, one for the data for 1968-1983 and one for the data for 1984-1991 (Figures 58 and 59, top panels). The results are as follows:

Period	m	q	Maximum sustainable yield in thousands of tons	Sum of squares ($\times 10^{-9}$)
1968-1983	2.0	0.000027	211	1.7680
1968-1983	0.8	0.000027	200	1.9000
1984-1991	2.0	0.000039	322	0.3943
1984-1991	0.8	0.000039	328	0.3891

The predicted yields for the 1984-1991 period seem too high, based on the yield-per-recruit modelling, but only eight years of data are available, and only the last seven contribute to the fitting. The symmetrical model ($m = 2.0$) seems to give a better fit (Figure 58), but the asymmetrical model with $m = 0.8$ (Figure 59) gives a smaller sum of squares for the latter period. The yield-per-recruit model indicates that the asymmetrical model should be more appropriate.

In the lower panels of Figures 58 and 59 the observed CPDFs are compared to the expected CPDFs computed from the model itself, using values for m of 2.0 and 0.8 and data for two different time periods. 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 for $m = 0.8$. The reason for

this is that the production models are essentially regression models which assume average conditions, and cannot reflect the effects of large, short-term changes in recruitment or age-specific mortality.

Status of the stock during 1991 and considerations for 1992

Cohort analysis provides estimates of the number and weight of fish of each age group in the fishery at the beginning of 1992, and also provides the basis for estimating the catch in 1992, provided certain assumptions regarding the numbers of fish recruited, the fishing effort, and the age-specific fishing mortality during 1992 are fulfilled. The recruitments during 1991 and 1992 have been assumed to be above average and the fishing effort and age-specific fishing mortality during 1992 to be equal to that for 1991. It should be noted that the effort in 1991 was substantially less than that during 1987-1990 (Figures 58 and 59). The results indicate that the catch during 1992 will be about the same as that during 1991, *i.e.* about 272 thousand tons. If the fishery reverts to catching primarily smaller fish, however, as was the case during 1978-1982 and, to a lesser extent, during 1988, the 1992 catch, with effort at the 1991 level, will decrease. If the recruitment during 1991 and 1992 proves to be average or below average the 1992 catch will be less than predicted, of course.

The yield-per-recruit analyses have demonstrated that the yield per recruit is about 34 percent greater when the vessels concentrate on larger fish, as during 1985-1989, than when they direct their efforts more toward smaller fish, as during 1978-1982. The yields per recruit for two different patterns of age-specific fishing mortality are shown in Figure 60. The solid and dashed curves were computed from the age-specific fishing mortalities observed during 1978-1982 and 1985-1989, respectively.

The effects of two different levels of recruitment, those for 1985-1989 ("high") and 1967-1989 ("average"), combined with the age-specific fishing mortality of 1985-1989, are shown in Figure 61. The yield with high recruitment is about 26 percent greater than that with average recruitment.

The combined effects of high recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1985-1989 *versus* average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 are shown in Figure 62. In this instance the yield in the first case exceeds that for the second case by about 60 percent with multipliers of fishing effort greater than 0.50.

Production models for which the parameters were estimated with the 1968-1983 data indicate that the stock of yellowfin would be reduced to zero by the beginning of 1990, due to the large catches made during 1985-1989. These models allow for virtually no catch during 1990, 1991, or 1992. Obviously, these estimates are not representative of conditions in the fishery. As noted above, age-structured analyses demonstrate that major changes in age-specific fishing mortality and recruitment have occurred during recent years, and these have caused the production from the stock to be much greater than predicted by the model parameters for 1968-1983. If it is assumed that the data for the most recent years represent current conditions in the fishery, and the parameters of the production model are re-estimated as described previously, the expected catches correspond much more closely to the observed catches (lower panels of Figures 58 and 59). The re-estimated parameters of the model predict that the equilibrium catch for 1992, with the reduced effort level of 1991, should be approximately 300 thousand tons. As the stock size is predicted to be somewhat greater than optimum, the 1992 catch could exceed 300 thousand tons without decreasing the stock size below the optimum. With this reduced level of effort, the CPDF should be about 16 tons.

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 (Figure 63). This adds to the difficulties in making short-term predictions with 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 that 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 the necessary information will not be available in the near future. As was reported in the IATTC Annual Report for 1985, fluctuations in recruitment have seemed to be related to major changes in the ocean environment. The estimates of recruitment derived from the cohort analyses and presented in Table 22 show positive anomalies in recruitment in 1970, 1973, and 1977. These increases in recruitment were preceded by El Niño conditions 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 there was. Another El Niño, weaker and less widespread, occurred during 1986-1987. Thus from 1982 through 1987 the waters in the EPO were generally warmer than normal. The recruitment during the 1983-1989 period was the greatest on record for a 7-year period. During 1988 and 1989 strong anti-El Niño conditions prevailed in the EPO, but the recruitment was above average in 1989, and probably 1990 and 1991 as well. Accordingly, there is now less evidence supporting the hypothesis that El Niño events are at least partly responsible for above-average recruitments than there was in 1990.

In summary, evaluating the effect of fishing on the abundance and yield of yellowfin in the EPO is difficult. Using the production models alone provides tenuous results, so the staff has combined the results of three different models, cohort, yield-per-recruit, and production, to arrive at what are believed to be the most reasonable conclusions. However, the predictive capability of such analyses is subject to a high level of error, so the staff is continuing to explore alternative analytical techniques to arrive at the best estimates possible of the productivity of the yellowfin stock.

The abundance of yellowfin is determined by three factors, recruitment, size composition of the catch, and total catch (which is a function of effort).

With regard to the first factor, at this time it appears that recruitment is determined solely by natural factors, though it is conceivable that in the future it may be shown that very high fishing mortality or some other factor, such as severe pollution, could reduce the recruitment.

Proceeding now to the second factor, 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 were relatively low during 1985-1987 and 1989-1991, as was pointed out previously. This change in size composition of the catch was due, at least in part, to lesser demand for small fish, and there is no assurance that this situation will continue. In fact, restrictions on the catching of tunas in association with dolphins could cause a major increase in the catch of small fish. As mentioned earlier, the catch of smaller fish was greater in 1988 than during 1985-1987 or 1989-1991. 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 increased the average size of the fish in the population, which increased its productivity. Further decreases in effort would probably not increase the catch, however, unless the size composition of the stock became severely altered by heavy fishing on smaller fish.

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 skipjack and larger yellowfin. 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, the elimination of tuna fishing in areas where small yellowfin are most abundant would probably 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 took place 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 1.5 to 4.5 pounds (0.7 to 2.0 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 thought.

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.

With regard to the third factor, the IATTC staff has recommended only catch quotas (Table 24) for regulation of the fishery. The quotas have been for the CYRA, or portions of it. When the quota was filled, or it appeared that it would be filled by vessels which were at sea prior to the closure date, vessels which were subject to the quota were permitted to fish for species other than yellowfin, and to land incidentally-caught yellowfin amounting to up to 15 percent of their total catch of tunas. Accordingly, the harvest of skipjack was not curtailed by the quotas for yellowfin.

The foregoing analyses demonstrate that the stock of yellowfin in the EPO is somewhat greater than the optimum level. If the effort is directed mostly toward fish associated with dolphins, as during 1989-1991, and the effort remains at about the 1991 level, the CPUE during 1992 should be about 16 tons per day, as it was in 1991. If the fishery is directed entirely toward small fish during the second half of 1992 the average size of the fish in the catch will decrease, resulting in a substantial decrease in the yield per recruit. Dividing an estimated 1992 catch in the EPO of 272 thousand tons by the average recruitment for 1983-1991 of 98 million fish gives a yield per recruitment of 5.6 pounds (2.5 kg). The average size of the fish caught when there was no fishing directed at dolphin-associated fish would be about 10 pounds or 4.5 kg (Figure 64). The yield per recruitment for 10-pound fish can be seen in Figure 55 to be about 4.4 pounds (2.0 kg). With 98 million recruits in the EPO and a yield per recruitment of 4.4 pounds the catch would be about 216 thousand tons. Since the fleet has fished mostly for tunas associated with dolphins during the first half of 1992, the catch for the entire year, with no effort directed toward dolphin-associated fish during July-December, would be about 244 thousand tons. However, if fishing for tunas associated with dolphins is eliminated, there will probably be a substantial reduction in the area in which fishing takes place. During the 1976-1982 period, when there was reduced fishing for dolphin-associated fish, the recruitment averaged 73 million fish, which is 74 percent of the 98 million recruits estimated for 1983-1991. If there were no fishing on fish associated with dolphins during the second half of 1992 the catch would be about 202 thousand tons for the entire EPO. It is possible that the situation will be somewhere between the two extremes, that is fishing for dolphin-associated fish during the second half of the year will be reduced, but not eliminated. Therefore, at the 1991 level of effort, the catch in the EPO during 1992 should be in the 202- to 272-thousand-ton range, depending on the extent to which the fishermen direct their effort toward fish associated with dolphins.

If production models are used to estimate the condition of the stock and predict future catches, it can be surmised from Figures 58 and 59 that the production could stay at about 250 to 300 thousand

tons if the effort continues at the 1991 level and the vessels continue to direct most of their effort toward dolphin-associated fish. If, however, the fleet directs a greater portion of its effort toward fish not associated with dolphins the catch for the EPO, according to the production model, would decrease to about 150 to 200 thousand tons. This decrease might take about 2 years to manifest itself fully. (It should be noted, however, that production models have not been fitted to a series of data for a fishery which does not include sets on fish associated with dolphins.)

Two important points must be kept in mind regarding a recommendation for a quota on the catch of yellowfin. First, the area to which the quota would apply would be the CYRA, even though the fish of the CYRA and the portion of the EPO outside the CYRA now appear to belong to a single stock. Second, the amount will depend greatly upon the size composition of the fish in the catch.

In regard to the first point, in the portion of the EPO outside the CYRA the average size of the fish in the catch is near the critical size, and therefore optimum in terms of maximizing the yield per recruit. Accordingly, limits on the catch are not necessary for that area.

In regard to the second point, it is not known to what extent the fishery for dolphin-associated fish will be curtailed. Such being the case, if a quota is set it should be sufficiently low to accommodate the possibility that there is little or no fishing for dolphin-associated fish during the second half of 1992, with allowance for increments compatible with the possibility that the fishery for dolphin-associated fish will continue as during the second half of 1991. Specific recommendations for regulations were presented at the 50th Meeting of the Commission, held in 1992.

SKIPJACK

The world catches of skipjack have exceeded those of any other species of tuna for many years. The proportions of the world catches of the principal market species (skipjack, yellowfin, bigeye, albacore, and northern and southern bluefin) which were skipjack were 45, 44, 49, 45, and 45 percent in 1986, 1987, 1988, 1989, and 1990, respectively. In the Pacific Ocean 51, 47, 54, 48, and 49 percent of the catches in 1986, 1987, 1988, 1989, and 1990, respectively, were skipjack. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 65. 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 Ocean (EPO). The catches in the EPO, except for those of the 1975-1981 period, which were greater, have remained at about the same level during the 1961-1991 period, while those of the other areas have greatly increased.

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. The fishery for skipjack in the EPO tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years greater 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 EPO varies considerably from year to year (Figure 66). 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. In 1991 substantial catches were made off northern South America (Figure 5).

The size compositions of skipjack samples taken in the EPO during 1986 through 1991 are shown in Figure 18. Differences among years are apparent; the fish were smaller during 1988 and 1991 than during the other 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. 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 available data did not favor either the clinal or the separate subpopulation hypothesis.

The IATTC Annual Report for 1984 includes a discussion of the population structure of skipjack in the EPO and their relationship with those in the rest of the Pacific. Tagging has shown that there is little mixing of fish between the northern Mexico and northern South America-Central America areas. The catches of skipjack in the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, however, although in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 66). Examination of all the available data leads to the conclusion 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.

During the late 1970s and early 1980s the IATTC staff conducted research on the chemical composition of vertebrae of tunas, using proton-induced x-ray emission spectroscopy, to estimate the amount of mixing among fish of different areas. The results of this work have been published in IATTC Annual Reports and in the Collective Volume of Scientific Papers, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Vol. 24. The rationale behind this technique is that different ocean areas have different chemical, physical, and biological properties which influence the chemical makeup of the hard parts of the fish. Unfortunately, however, stock structure analysis using this technique is expensive and technically difficult. Also, interpretation of the results is difficult because the processes governing the elemental composition of the hard parts are not well understood.

The IATTC, in cooperation with scientists at the University of Washington, has been involved in a study of an alternative method of detecting natural markers on the otoliths of tunas. The method tested, which employs an energy-dispersive x-ray detector attached to a scanning electron microscope, is non-destructive and hence suited for examination of elemental patterns at different periods of a fish's growth. The technique is inexpensive, and has been applied to species other than tunas with some success. After conducting some preliminary experiments with yellowfin, a study of skipjack microconstituents was carried out, using otoliths from fish of various sizes collected from off Baja California,

Hawaii, and Fiji. Regular patterns of strontium and calcium concentrations were found in fish from all areas. These patterns coincided with specific zones of the otolith associated with early growth (focus), mid-life growth (mid-region), and most recent growth (outer extremity).

Discriminant function analyses of the elemental concentrations in the early-growth zone showed that (1) the fish from Baja California and Hawaii were similar and (2) the fish from Fiji were different from those from Baja California and Hawaii. The results for the fish from Baja California and Hawaii can be interpreted in two ways. These fish may have (1) all originated in the same spawning area or (2) originated in different areas, but the method is not powerful enough to detect whatever differences there are. Increasing the sample size would increase the likelihood of detecting differences between those two areas, if they exist. The overall results are consistent with those obtained from genetic studies, which have shown similarities between fish from the eastern and central Pacific and differences between these fish and fish from the western Pacific.

The recruitment patterns of skipjack in the EPO and in the vicinity of Hawaii have been investigated, using length-frequency data for fish caught in these areas. Models were developed to examine seasonal variation in recruitment among areas at a standard size. Comparisons were made among fish from Hawaii and the northern and southern EPO (north and south of 10°N) to determine whether they had hatched at the same time. The results indicate that the spawning which contributes to the southern EPO fishery occurs 1 to 2 months earlier than the spawning which contributes to the northern EPO fishery and 5 to 6 months earlier than the spawning which contributes to the Hawaiian fishery. Skipjack are known to spawn over periods of several months, and even throughout the year in some areas, so the patterns observed here suggest at least two hypotheses concerning the population structure of skipjack in the EPO and Hawaii. The separate population hypothesis states that the skipjack in these three areas spawn at different times of the year and do not mix extensively at other times. The panmictic hypothesis states that the skipjack caught in these areas are the result of north-south movement of a single population which spawns over an extended period. The results from studies of movement of tagged fish, genetics, and microconstituents of otoliths favor the latter hypothesis.

Abundance, availability, and vulnerability to capture

An examination of the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the EPO has recently been published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6. One study involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the EPO 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 greater survival of the eggs and/or 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 Science 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. Mixing disrupts the layering and disperses 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 EPO 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 EPO and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent were conducted. If skipjack use this current in their migration it would be expected that young fish would be carried to the EPO 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 EPO fishery, instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the EPO during part of the life span. Usable catch, effort, and catch per unit of effort (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(s) to the EPO fishery from those which do not.

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 EPO 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 EPO. 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. Two recently-completed studies (IATTC Bulletin, Vol. 19, Nos. 4 and 6) furnish 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 67. 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	IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6
weight-length relationship	$\log w = 3.336 \log l - 8.250$	IATTC Bulletin, Vol. 4, No. 2

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 EPO would be required to reduce the yield per recruitment. 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.

Production models

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 EPO, and those in other areas where the species in question is exploited, or the exchange rates among subpopulations are known. Neither of these requirements is met, as tagging has demonstrated interchange of fish of the eastern, central, and western Pacific Ocean (Figure 68), but the exchange rates are not known. Most of the skipjack caught in the EPO 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 EPO, the central Pacific, and the western Pacific. Thus the amounts caught in the EPO may be determined by either the abundance of juveniles hatched in the central and/or western Pacific or the portion of juveniles in that or those areas which migrate to the EPO. In the absence of definition of the population being exploited, production modelling is of little or no value for skipjack in the EPO fishery.

Considerations for 1992

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 EPO 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 EPO 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 EPO several months ahead of time, which would be of great value to the fishing industry. 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.

NORTHERN BLUEFIN

Northern bluefin occur in both the Atlantic and Pacific Oceans. The world and Pacific Ocean

catches of northern bluefin are much less than those of skipjack, yellowfin, bigeye, or albacore, but the fishery is still of considerable economic value. The annual catches of northern bluefin in the Pacific Ocean for the 1951-1991 period are shown in Figure 69. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern Pacific Ocean (EPO) and the western Pacific Ocean (WPO). In the WPO the catches were well above average during 1978-1983, about average during 1984-1987, and below average during 1988-1990. In the EPO the catches were poor during 1980-1984, a little below average during 1985 and 1986, and poor during 1987-1991.

In the EPO nearly all of the catch is made by purse seiners fishing relatively close to shore off California and Baja California. The fishing season typically extends from late May to mid-October, although sporadic catches are made in other months. The 1991 catch of about 462 tons was the lowest since the early 1930s. In 1991 bluefin were caught between 26°N and 27°N during June and between 27°N and 33°N during July and August. None were caught during January-May or September-December.

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 EPO to determine their length compositions. Since 1979, however, more has been done. In 1979 a review of information pertinent to stock assessment of this species was prepared (IATTC Internal Report 12). Also, data on the surface catches of bluefin in the EPO by area, date, vessel size class, size of school, type of school, *etc.*, were assembled, analyzed, and published in 1982 in IATTC Bulletin, Vol. 18, No. 2. A scientist from the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) (now the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF)), Shimizu, Japan, spent the period of September 1988-January 1989 at the IATTC headquarters in La Jolla, where he collaborated with an IATTC staff member in studies of bluefin. Some of the results of these studies were published in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1. A workshop on bluefin tuna, sponsored jointly by the IATTC and the Australian Fisheries Service, was held in La Jolla, California, in May 1990. Its purpose was to discuss and report on the strengths and weaknesses of stock assessment techniques used on bluefin stocks in the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans and the Mediterranean Sea. The proceedings of the meeting were published as Special Report 7 of the IATTC.

Length-frequency histograms of the bluefin caught in the EPO during 1986-1991 are shown in Figure 19. Exceptionally large fish, weighing 230 to 1010 pounds (105 to 460 kg) were caught during October-December of 1986, 1988, and 1989. The total weights of the large fish were small, but these fish were of considerable economic value, as immediately after they were caught most of them were flown to Japan, where high prices are paid for fresh bluefin.

Bluefin were tagged in the EPO in 1958 and 1979-1980 by the IATTC and in 1962-1968 by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries (now the U.S. National Marine Fisheries Service), the California Department of Fish and Game (CDFG), and the Mission Bay Research Foundation. Tagging of bluefin in the WPO was carried out by IATTC employees who were stationed in Japan intermittently during 1980-1982 and by employees of the FSFRL during 1980-1988. The release and recapture data are summarized in Tables 25 and 26, and the results of the experiments are discussed in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1.

Analysis of the data for the fish released and recaptured in the EPO indicates seasonal north-south movement, with the fish being furthest north during July-October and furthest south during May-June. Ten returns of fish released in the EPO and recaptured in the WPO have been obtained, all from fish which were at liberty more than 22 months.

The fish released and recaptured in the WPO, like those released and recaptured in the EPO, tended to move northward in the spring and summer and southward in the fall and winter. The migrations from the WPO to the EPO are of particular interest. Some year classes, *e.g.* those of 1983 and

1984, produced large numbers of migrants and others did not. The best catches during the 1980s in the EPO were made in 1985 and 1986, and these consisted mostly of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes. (In this report fish in their first year of life are referred to as 0-year-olds, age-0 fish, or fish 0 years of age, fish in their second year of life are referred to as 1-year-olds, age-1 fish, or fish 1 year of age, and so on.)

Life history and relationships between fish of the WPO and the EPO

The information in this section is presented as background necessary for understanding the section on stock assessment which follows it.

Spawning of bluefin in the Pacific Ocean is known to occur only in the vicinity of Japan. Some fish apparently remain their entire lives in the WPO. Others migrate to the EPO, mostly, or perhaps 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 EPO in the fall or winter. 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 EPO in the spring, summer, or fall. The migrants, after crossing the ocean, are fished by purse seiners off California and Baja California.

Fish less than about 100 cm in length, which make up the bulk of the EPO catch, may or may not leave the EPO each fall or winter. Bluefin of that size are seldom caught in the EPO during November-April, which might indicate that they have left that region. They probably do not go all the way to the WPO, however, as the minimum time at liberty observed for a tagged fish released in the EPO and recaptured in the WPO was 674 days; if most of them migrated to the WPO each fall or winter and back to the EPO each spring some would probably have been recaptured in the WPO 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.

After a sojourn in the EPO, which may or may not be interrupted by temporary visits to the central Pacific or the WPO, the survivors return to the WPO, where, presumably, they eventually spawn. The length of the sojourn in the EPO is not known, but the results of recent age-composition studies seem to indicate that most of the fish begin their return trip to the WPO before reaching 3 years of age. It is virtually certain, however, that some fish stay in the EPO at least 2 years, as fish tagged in the EPO 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 EPO, so it is possible that some fish stay in that region for at least 5 or 6 years.

Large fish are occasionally caught in the EPO, especially in the vicinity of Guadalupe Island, Mexico, and the Channel Islands, off Southern California. The largest of these are almost certainly over 10 years old. These have not necessarily resided in the EPO since they were about 1 1/2 to 2 years old. They may have arrived for the first time shortly before they were caught, or they may have made more than one round trip across the Pacific. It seems unlikely that all the large fish could spawn in the WPO each year, however, as some have been caught in the EPO during the spawning season.

Stock assessment

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin in the EPO and WPO in some years, and particular attention is being given to the poor catches in the EPO during 1980-1984 and 1987-1991. These 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) reduced fishing effort in the EPO, (3) a decrease in vulnerability to capture of the fish which have migrated to

the EPO, and/or (4) a decrease in the availability of bluefin in the EPO (*i.e.* a decrease in the proportion of the population which has migrated to the EPO or a shorter average sojourn in the EPO of the fish which have made that migration).

In regard to Point 1 above, data compiled by the NRIFSF for the age composition of the catch of bluefin during 1966-1986 by Japanese vessels (Table 27) indicate that there has not been a decline in the catches of fish older than age-0 nor an increase in the proportion of age-0 to older fish, which seems to rule out the first possibility.

Proceeding now to Point 2, the numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970s had been responsible for most of the bluefin catches in the EPO, declined during the late 1970s and the 1980s. 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 1987, tabulations were made of (a) the tons of bluefin caught, (b) the numbers of purse-seine sets, (c) the proportions of those sets which caught bluefin, (d) the tons of bluefin caught per successful bluefin set, and (e) the percentages of bluefin caught off Mexico and the United States. Virtually all of the bluefin catches are made north of 23°N, and the great majority are made during the May-October period. The 1975-1987 period includes years of normal and below-normal catches. Some results obtained from manipulation of these data are shown in Figure 70. The greatest decline has been for catch (except for Class-2 and -3 vessels). (The vessel size classes, based on their carrying capacities, are as follows: 1, less than 51 tons; 2, 51-100 tons; 3, 101-200 tons; 4, 201-300 tons; 5, 301-400 tons; 6, more than 400 tons.) 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 proportions of the sets which caught bluefin were greater in 1985 and 1986 than in the other years with average to better-than-average bluefin catches, 1975-1979. The proportions of the catches taken off Mexico and the United States remained about the same for each vessel size class during the period under consideration. In summary, the amounts of bluefin caught per successful set stayed about the same, but the numbers of sets on bluefin decreased. From these data it appears that most of the decrease in catches of bluefin is due to declining effort and/or lesser vulnerability to capture (Point 3 below) or availability (Point 4 below) of this species.

In regard to Point 3, the distribution of bluefin in the EPO seems to have changed during this century. Prior to 1930 they were caught only off California. During the 1930-1947 period they were caught off both California and Baja California, but greater catches were made off California in most years. From 1948 to the present most of the catch has been made off Baja California. Fishermen based in California seem to direct more of their effort toward bluefin than do those based in Mexico, so the shift in distribution appears to have decreased the vulnerability of bluefin to capture. This shift took place well before the 1980s, however, so it does not appear that it is the cause of the poor catches during that decade.

Proceeding finally to Point 4, age composition data (Table 27) have been assembled by the staffs of the NRIFSF and the IATTC. Correlation coefficients were calculated for 10 pairs of data (Table 28, upper panel), using the data in Table 27. Three of these were significant at the 5-percent level. The numbers of age-2 fish in the EPO and WPO are negatively correlated (Test 6), indicating that the poor catches in the EPO could be due at least partly to greater-than-normal proportions of the total population failing to migrate from the WPO to the EPO. The catches of age-1 and -2 fish in the EPO are positively correlated (Test 7), indicating that the catch of age-2 fish in the EPO can be predicted, albeit poorly, from the catch of age-1 fish in the EPO one year previously. The catches of age-0 and -1 fish in the WPO are highly correlated (Test 8), indicating that the catch of age-1 fish in the WPO can be predicted from the catch of age-0 fish in the WPO one year previously.

The coefficient of correlation for the catches of age-0 fish in the WPO and the catches of age-2 fish in the EPO two years later is 0.386 (Table 28, Test 2). Although this relationship is not significant at the 5-percent level, it may indicate that the catch of age-2 fish in the EPO is related to recruitment two years previously, assuming that the catch of age-0 fish in the WPO is a valid index of recruitment. Since the catch of age-2 fish in the EPO appears to be related to the recruitment two years previously (Test 2) and the catch of age-2 fish in the WPO in the same year (Test 6), a multiple correlation coefficient was calculated (Test 11). The resulting coefficient of multiple determination was highly significant, indicating that 55.6 percent ($0.746^2 \times 100$) of the variation of the catches of age-2 fish in the EPO is explained by (1) a positive relationship to recruitment in the WPO and (2) a negative relationship to the catch of age-2 fish in the WPO. Since the catches of age-2 fish make up the majority of the catch by weight in the EPO in most years, recruitment and emigration from the WPO appear to have major influences on the total catches in the EPO.

In general, the results of the analysis of the catch-at-age data tend to support the tentative conclusion from the studies of the tagging data that variations in the proportions of fish which migrate from the WPO to the EPO are at least partly responsible for variations in catches in the EPO.

A yield-per-recruit analysis has been carried out, using the data in Table 29. The following assumptions were made: (1) the fish are hatched on May 16; (2) they are recruited to the fishery on July 1 of the same year at a length of 15 cm; (3) they attain a length of 223 cm on their 15th birthday, at which time they disappear from the fishery. The 223-cm value comes from an estimate of the asymptotic length given in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, Table 5. The annual coefficient of natural mortality was set at 0.2 and 0.3 and the annual coefficients of fishing mortality were set at 1.0 for periods of substantial catches, 0.0 for periods of zero or very low catches, and 0.5 for periods of transition. It was assumed that the fish either begin a west-east migration during their first year of life and then begin an east-west migration during their third year of life (Option 1) or begin a west-east migration during their second year of life and then begin an east-west migration during their third year of life (Option 2). Graphs showing the yields per recruit possible with different ages of entry into the fishery, and with three multipliers of the vectors of fishing effort, are shown in Figure 71. Because the values of the natural and fishing mortality, especially the latter, are little more than guesses, the results of these analyses should not be taken literally. Nevertheless, it appears that increasing the age at entry into the fishery to about 2 1/2 years (90-100 cm) would maximize the overall yields (*i.e.* the catches in both the WPO and EPO) of fish which migrate to the EPO.

The above information suggests at least three high-priority research items. The first is further studies of population structure. The tentative conclusion that there is a single major population from which different proportions migrate to the EPO in different years (IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, page 18) needs further investigation. If this conclusion is confirmed, attempts should be made to determine what oceanographic conditions influence the migration of fish from the WPO to the EPO. Also, it would be of great interest to know if the bluefin hatched in the Sea of Japan are genetically distinct from those which are hatched south of Japan. Further knowledge might be obtained from biochemical genetic studies, but such studies could be time-consuming and expensive to carry out. The second is chemical analysis of the micro-constituents of the otoliths of bluefin. The rationale for this approach is that different ocean areas have different physical, chemical, and biological properties which influence the chemical makeup of the otoliths. Accordingly, analysis of the otoliths of an individual fish could reveal which ocean areas it had inhabited at various stages of its life, and analyses of the otoliths of samples of fish collected each year in the WPO and the EPO could give far more information on trans-Pacific migration than can tagging data. The third is further study of catch, length-frequency, and age data for the WPO and EPO fisheries and analysis of these on a Pacific-wide basis. As mentioned above, scientists of the NRIFSF have recently assembled data on the age composition of bluefin caught in the

WPO during 1966-1986. The IATTC staff is currently carrying out such studies for the EPO. Later, if time and fiscal resources permit, NRIFSF and IATTC scientists will probably work together on the data for the entire Pacific.

BIGEYE

Data on the catches of bigeye in the Pacific Ocean are given in Table 30. The combined surface and subsurface catches of this species in the eastern Pacific Ocean (EPO) during recent years have been about the same as those of skipjack, but substantially less than those of yellowfin (Table 1). Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950s there was little longline fishing in the EPO, and hence the catches of bigeye in that area were low. During the mid-1950s, however, Japanese longline vessels began to fish in the EPO, and the catches of bigeye increased. Accordingly, this species has been given more attention by the IATTC staff. During the 1963-1991 period five Japanese scientists from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; formerly the Far Seas Fisheries Research Laboratory) have spent time in La Jolla working with IATTC scientists on the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the EPO.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the EPO increased during the late 1960s and the 1970s, and then declined after 1981 (Table 30). 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 EPO 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 statistics collected after the mid-1960s are more accurate. Bigeye and yellowfin caught by the surface fishery 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. A recent study (pages 34-35) indicates that bigeye were not misidentified as yellowfin during the 1987-1989 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 611 surface-caught bigeye were tagged, and 15 of these have been recaptured.

The distributions of the surface catches of bigeye in the EPO, averaged over the 1981-1987 period, are shown in Figure 72. This information was obtained from logbook data collected by the IATTC staff. The greatest catches were made off northern South America and offshore west of South and Central America. Bigeye were caught off Baja California and California during the third quarter.

Length-frequency data for bigeye caught by purse seiners in the EPO during 1986-1991 and measured by IATTC staff members are shown in Figure 20. About half the catch by weight is made up of fish less than 100 cm in length.

An analysis of the surface fishery for bigeye in the EPO has recently been completed by scientists from the NRIFSF and the IATTC. It was shown that there is considerable overlap in the lengths of bigeye taken by the surface and longline fisheries. About 64 percent of the catch of bigeye is taken in unassociated schools, 29 percent in schools associated with floating objects, and the rest in schools associated with whales, sharks, and dolphins. During the 1971-1986 period the average catch per successful set of bigeye was 23 tons (22 and 28 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, 76; floating-object schools, 28.

The distributions of the catches per unit of effort of bigeye by Japanese longliners in the EPO, averaged over the 1981-1987 period, are shown in Figure 73. The hook rates (numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye were high in most of the EPO except the area north of 5°N and east of 125°W. The greatest hook rates were recorded (1) between Ecuador and 120°W and 10°S and 5°N throughout the year, (2) northeast of Hawaii between 20°N and 33°N and 122°W and 140°W during the first and fourth quarters, and (3) off southern Peru and northern Chile between 18°S and 25°S and 80°W and 90°W during the third and fourth quarters.

In the north equatorial region, between the equator and 8°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 relatively high in the western part of the region throughout the year.

The distribution of effort did not coincide well with the areas of greatest hook rates of bigeye, even though bigeye was the most important species of fish caught by Japanese longliners. For example, heavy concentrations of effort are apparent in equatorial waters (8°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 these 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.

A study utilizing general linear models to standardize the hook rates of bigeye in the EPO was nearly completed during 1991. The effects of years, seasons, areas, and depths of fishing were considered, and all were found to have significant effects on the hook rates.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the area delineated in Figure 74 during 1981-1987 are shown in Figure 75. Most of the fish in the catch ranged from about 90 to 170 cm in length. The length compositions varied considerably from year to year. The proportions of smaller fish were greatest during 1982 and 1986, and those of larger fish were greatest during 1983 and 1984.

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

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. Trial values of the coefficient of natural mortality (M) of 0.4 and 0.6, on an annual basis, were used. The value of 0.4 is approximately equal to the estimate of 0.361 given in Report of the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 25, pages 91-103. The value of 0.6 is somewhat greater than an estimate of 0.477 derived by the method given in Journal du Conseil, Vol. 39, No. 2, pages 175-192. 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 76. In every case the yields per recruit were least 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 20 and 75 that most of the purse seine- and longline-caught bigeye are recruited at about 60 to 90 and 90 to 120 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 greater the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm, and at F values of 0.8 and greater they are less for lengths at entry of 40 and 60 cm. At an M value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of F for lengths of 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 greater F values the yields per recruit are less. In general, the greatest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (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 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.

Production models

Production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the EPO only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. The movements of bigeye tagged by various organizations which were at liberty for long periods of time are shown in Table 31. 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 small number of returns.

Data on the effort, catch, and catch per unit of effort (number of fish caught per 100 hooks) for 1954-1987 for the portion of the EPO delineated in Figure 74 are shown in Figure 77. 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 1985 the effort ranged between about 50 and 130 million hooks and the catch between about 0.4 and 1.3 million fish, but the CPUEs remained nearly constant, at about 1 fish per 100 hooks. The effort increased to about 145 million hooks in 1986 and 170 million hooks in 1987, while the CPUEs remained at about 1 fish per hundred 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 stock assessment of 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 tripled during the 1965-1987 period, while the CPUEs remained about the same. One possible explanation for this is that individuals which were especially vulnerable to longline gear were selectively removed from the population during the early years of the fishery, reducing the hook rates more than the abundance of the fish. Another possibility is that, because of the high price of bigeye, the fishermen directed their effort more toward that species during the later years. 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.

BLACK SKIPJACK

Black skipjack, although they constitute only a minor part of the total landings of tunas caught in the eastern Pacific Ocean, are of considerable 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, physiological data gathered on one tagging cruise, gonads collected for histological studies on tagging cruises, larval surveys directed primarily at other species, recapture data for black skipjack tagged incidentally to yellowfin and skipjack, and current studies at the IATTC's Achotines Laboratory.

Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1961-1991 are listed in Table 1. These data include only the fish which are landed. Additional amounts are known to have been caught but not landed, and these are not included in the statistics. Estimates of amounts of black skipjack discarded at sea by purse-seine vessels during the 1986-1991 period range from about 6 to 11 thousand tons per year. 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 78.

An analysis of the weight-length 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. A total of 1,502 black skipjack have been tagged, and 107 of these have been recaptured. Information on the movements and growth of black skipjack, as determined from these data, are given in the IATTC Annual Report for 1982.

Information on the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency was recently 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. In addition, 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.

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.

A considerable amount of work on black skipjack is currently being conducted at the IATTC laboratories at Achotines Bay, Panama, and La Jolla. These studies are summarized in the section of this report entitled *Early life history studies*.

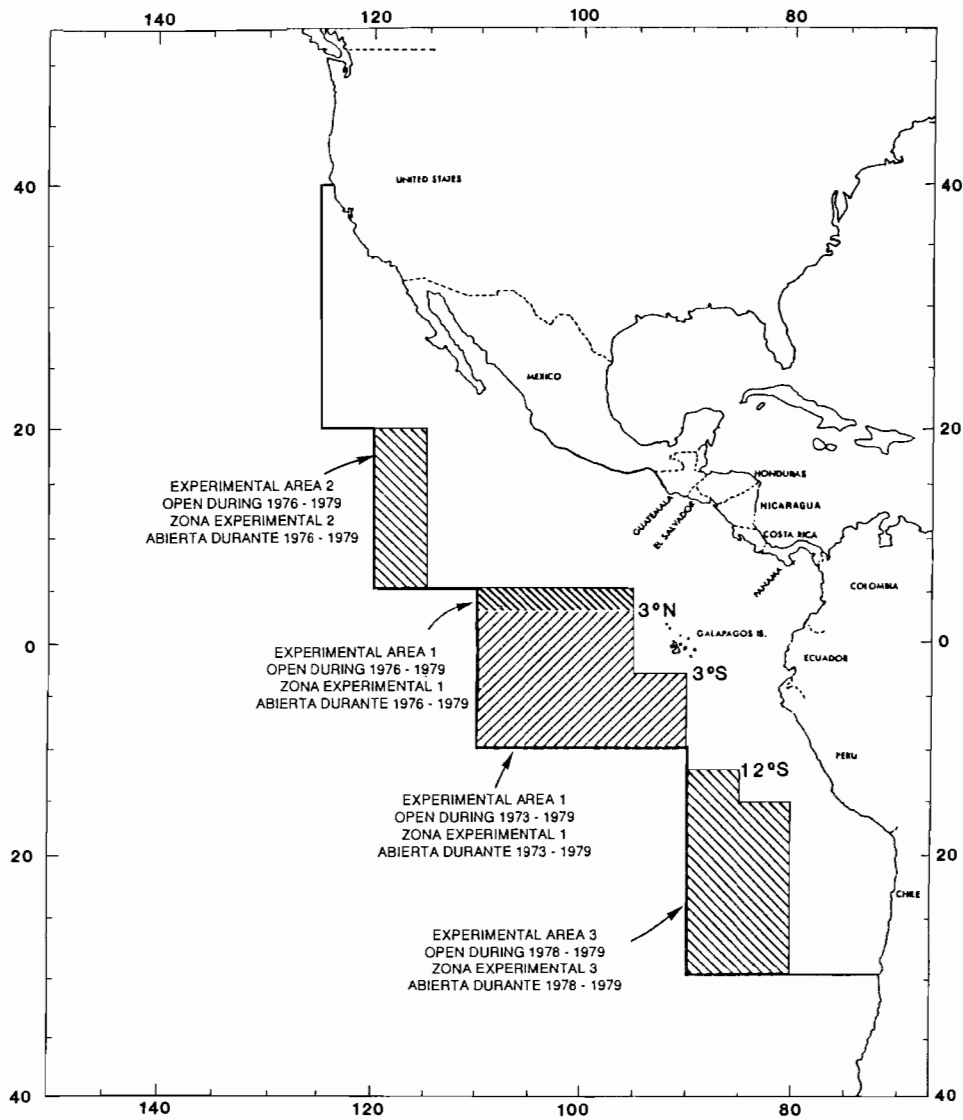


FIGURE 1. The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

FIGURA 1. Area Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA).

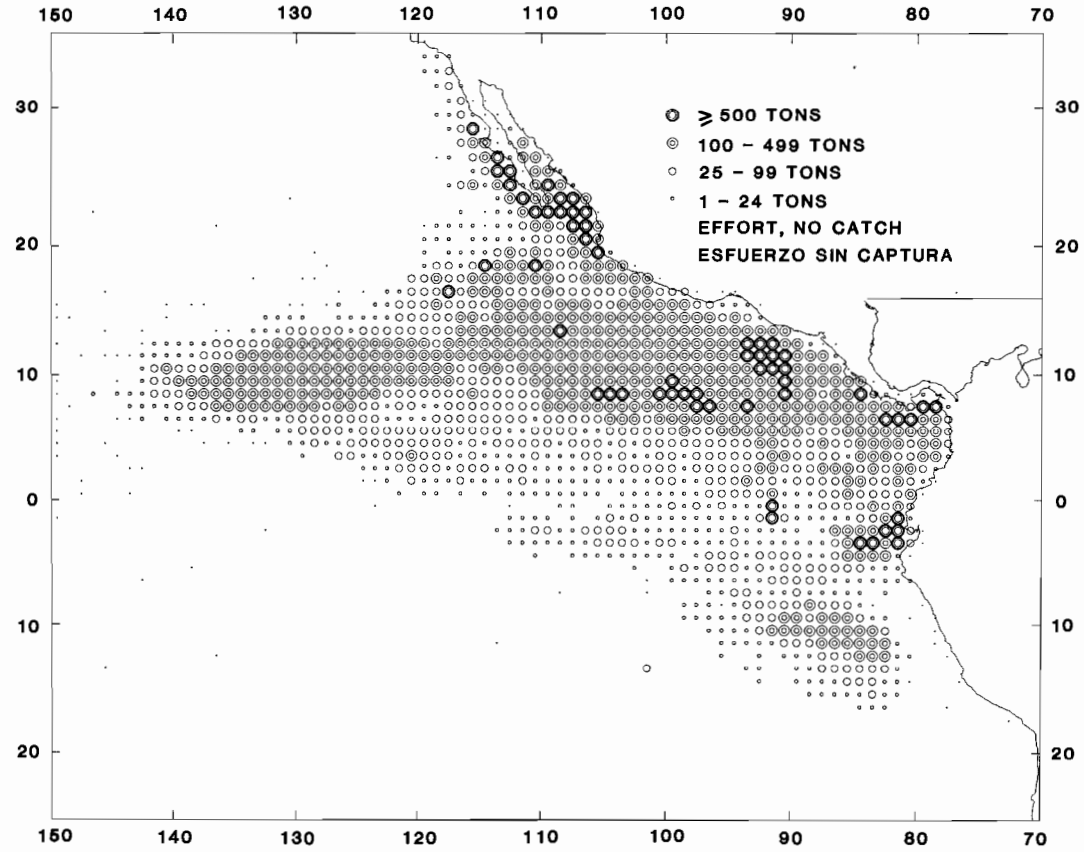


FIGURE 2. Average annual catches of yellowfin in the EPO during 1979-1990 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 2. Capturas medias anuales de atún aleta amarilla en el OPO durante 1979-1990 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

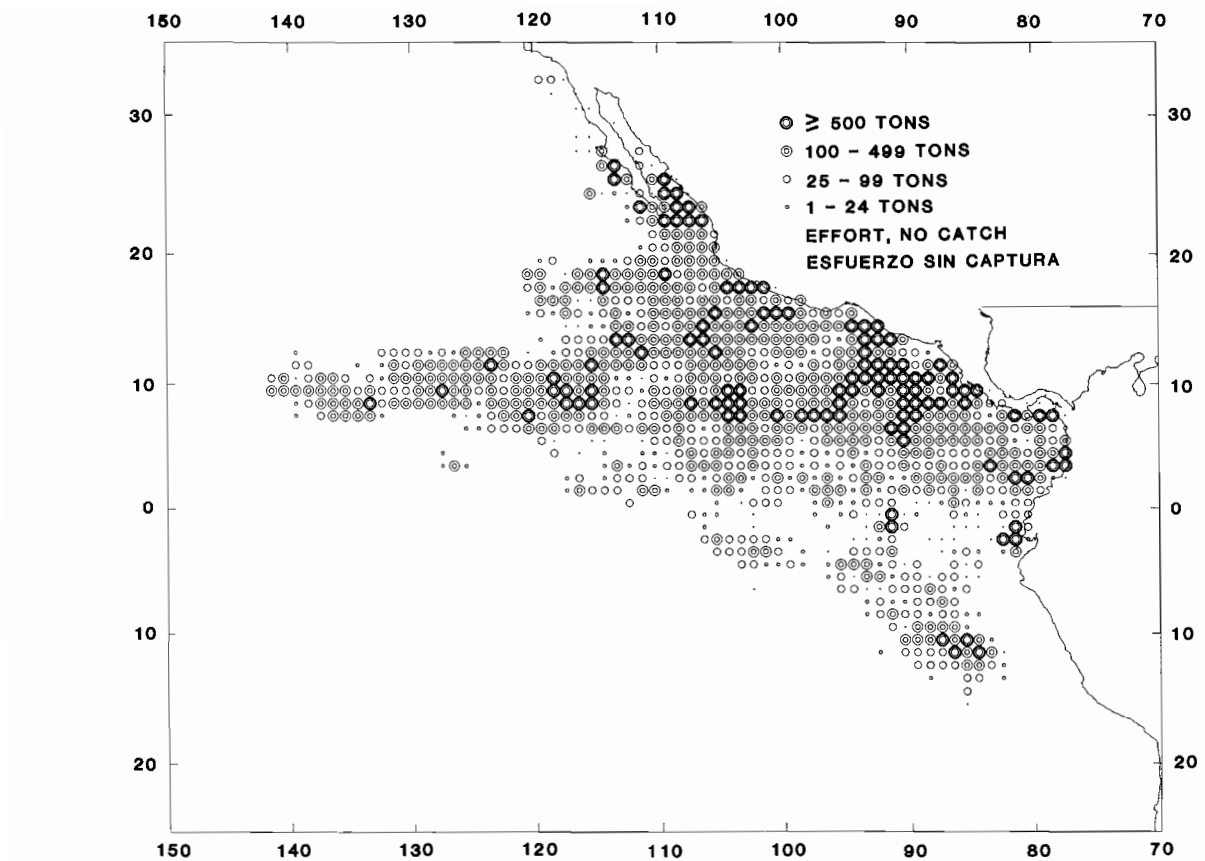


FIGURE 3. Catches of yellowfin in the EPO in 1991 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 3. Capturas de atún aleta amarilla en el OPO en 1991 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

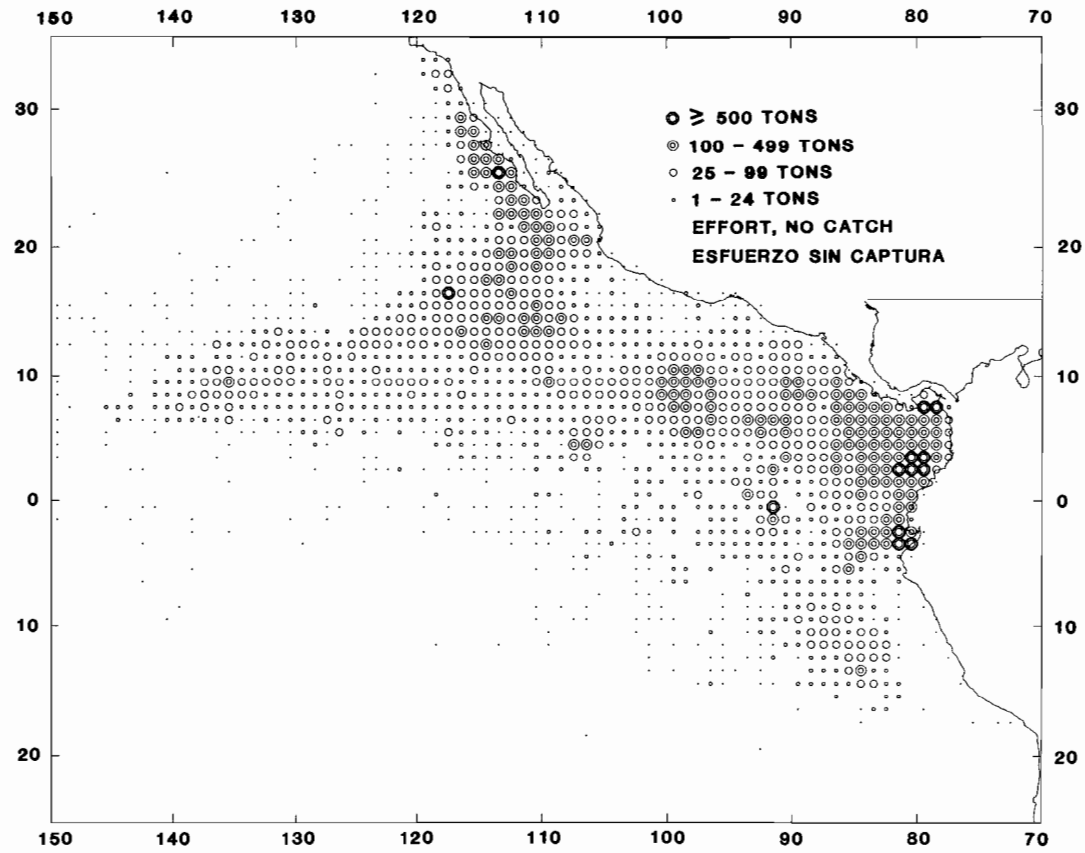


FIGURE 4. Average annual catches of skipjack in the EPO during 1979-1990 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

FIGURA 4. Capturas medias anuales de barrilete en el OPO durante 1979-1990 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

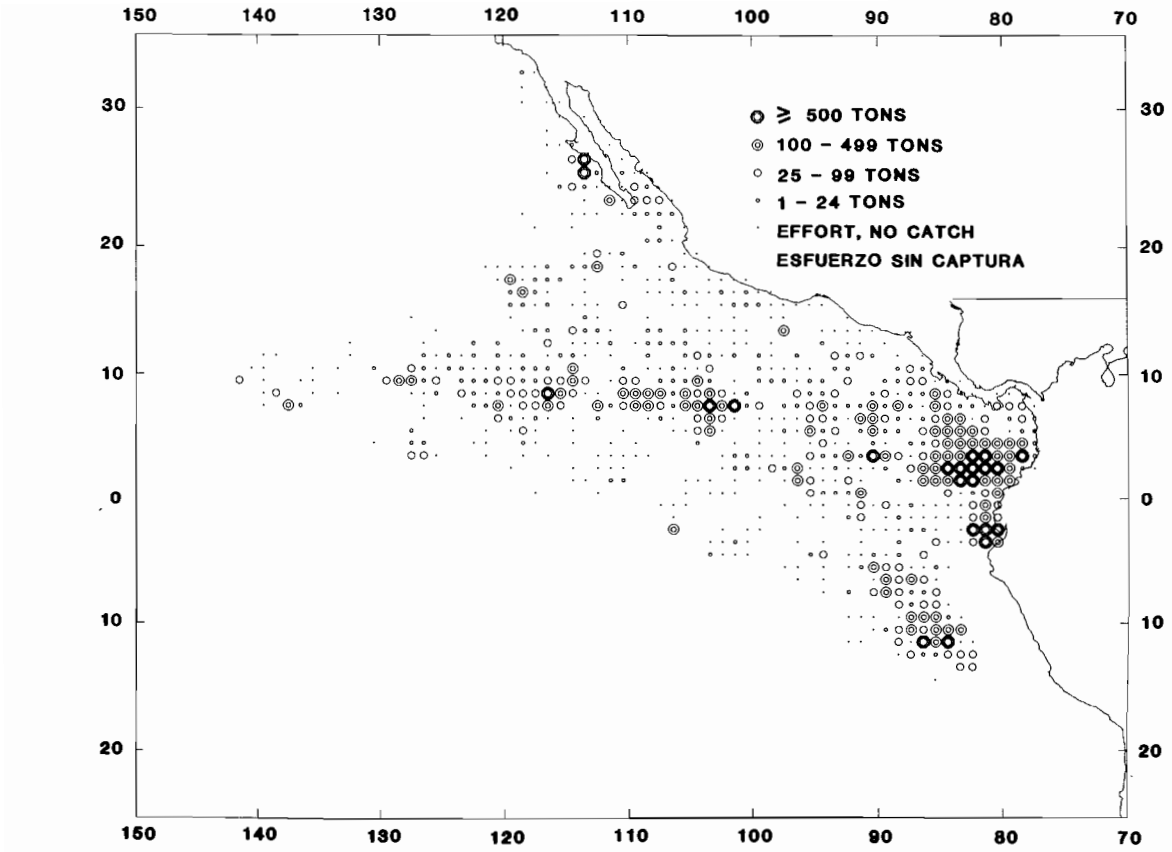


FIGURE 5. Catches of skipjack in the EPO in 1991 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.
FIGURA 5. Capturas de barrilete en el OPO en 1991 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

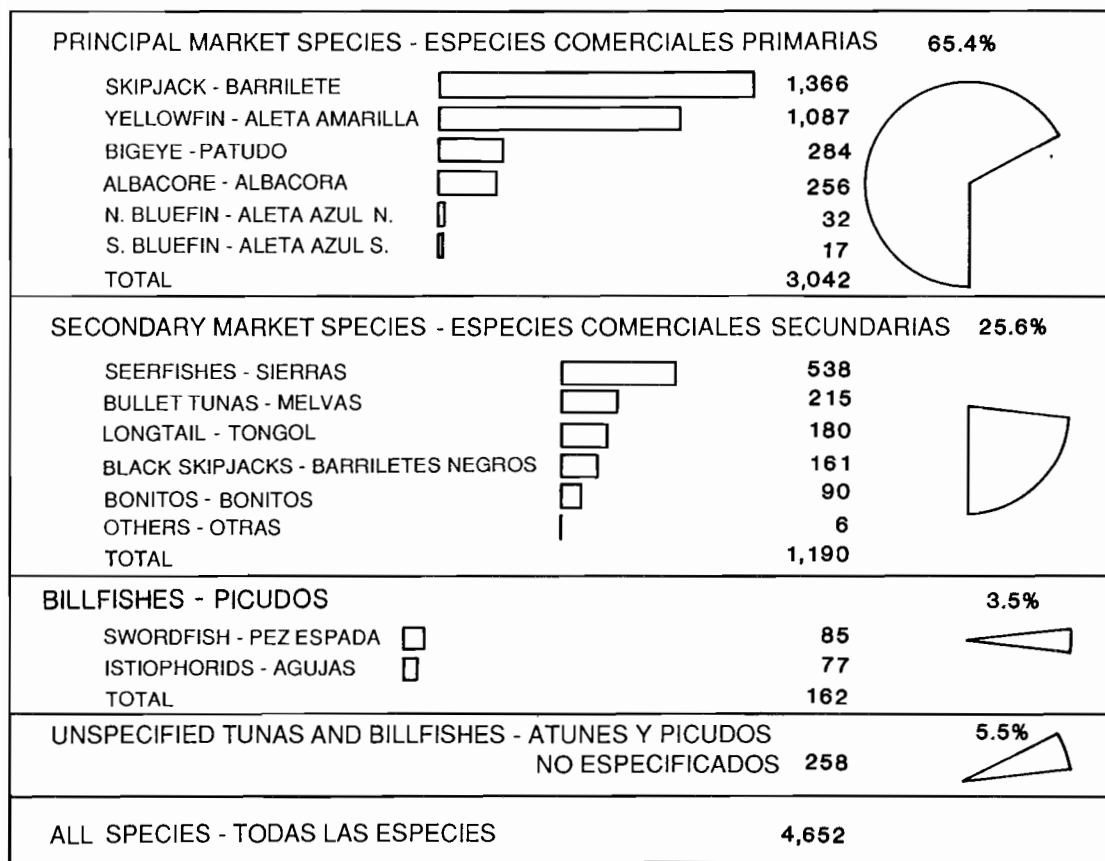


FIGURE 6. World catches of tunas and tuna-like species in 1990, in thousands of short tons.

FIGURA 6. Capturas mundiales de atunes y especies afines en 1990, en miles de toneladas cortas.

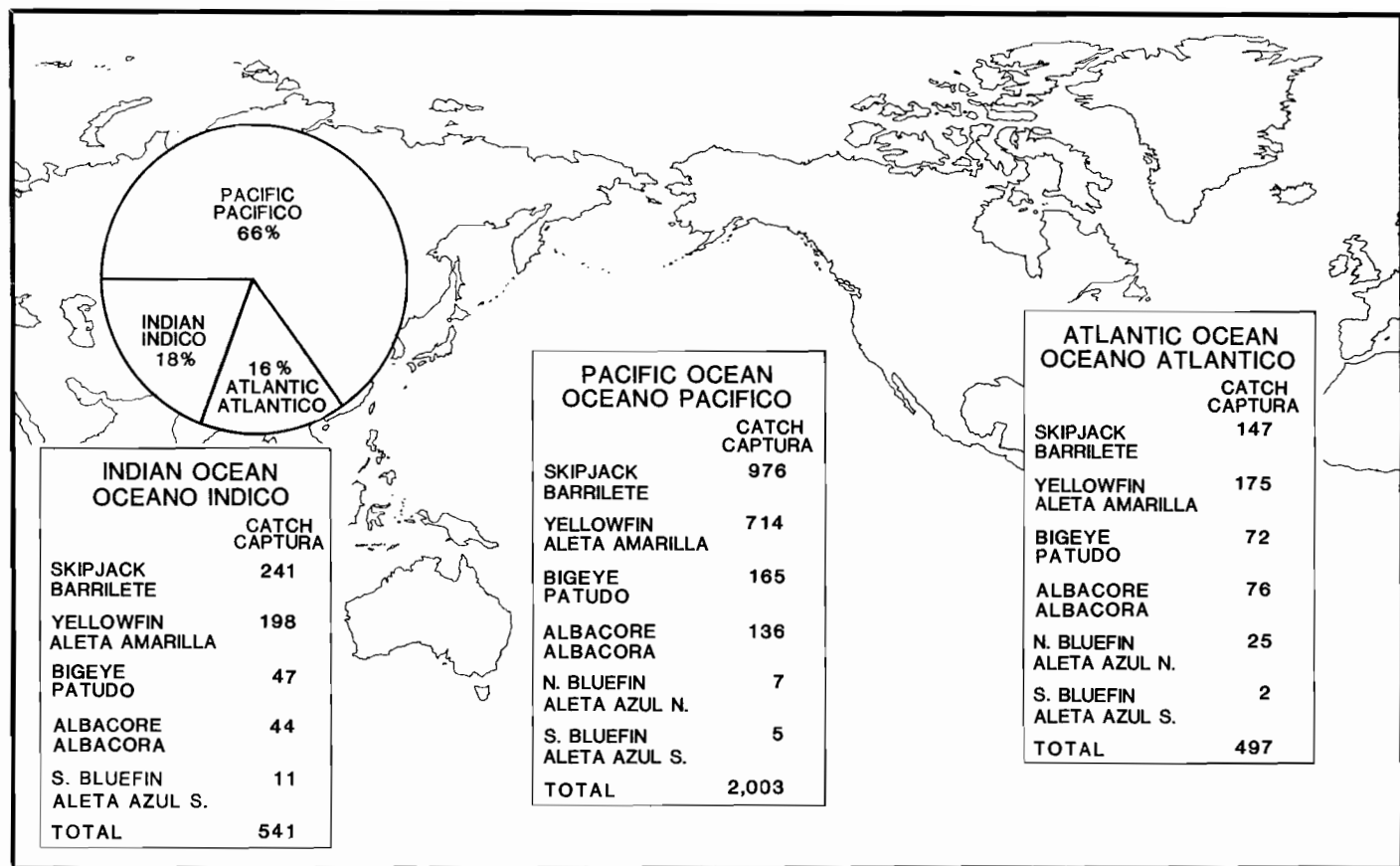


FIGURE 7. Catches of the principal market species of tunas in 1990, in thousands of short tons.
FIGURA 7. Capturas de las especies de atunes comerciales principales en 1990, en miles de toneladas cortas.

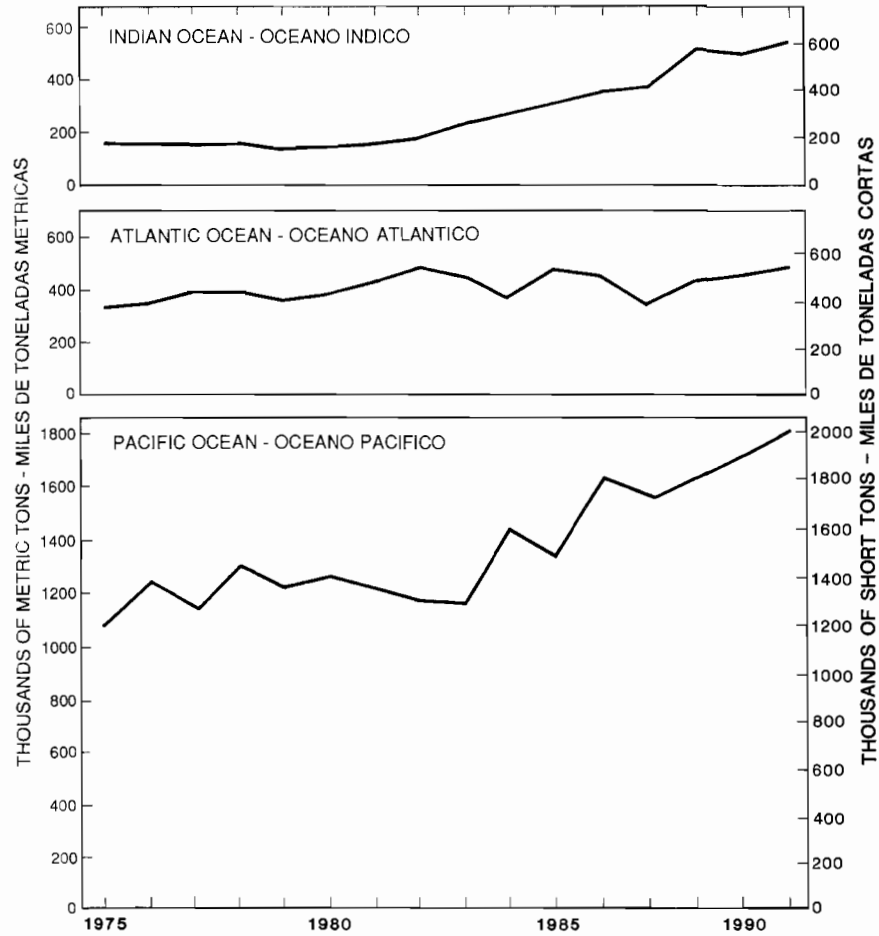


FIGURE 8. Catches of the principal market species of tunas.

FIGURA 8. Capturas de las especies de atunes comerciales principales.

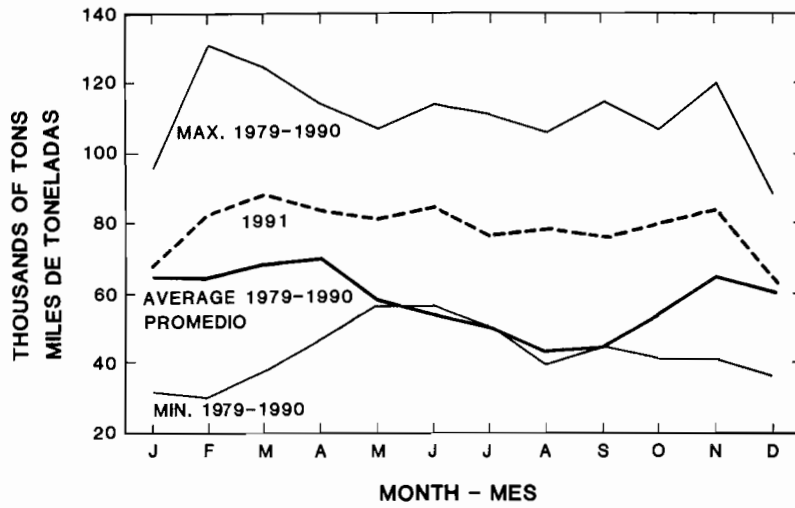


FIGURE 9. Average, minimum, and maximum values for monthly capacity at sea in the EPO during 1979-1990, and the 1991 monthly values.

FIGURA 9. Valores mensuales medios, mínimos, y máximos de la capacidad en el mar en el OPO durante 1979-1990, y los valores mensuales de 1991.

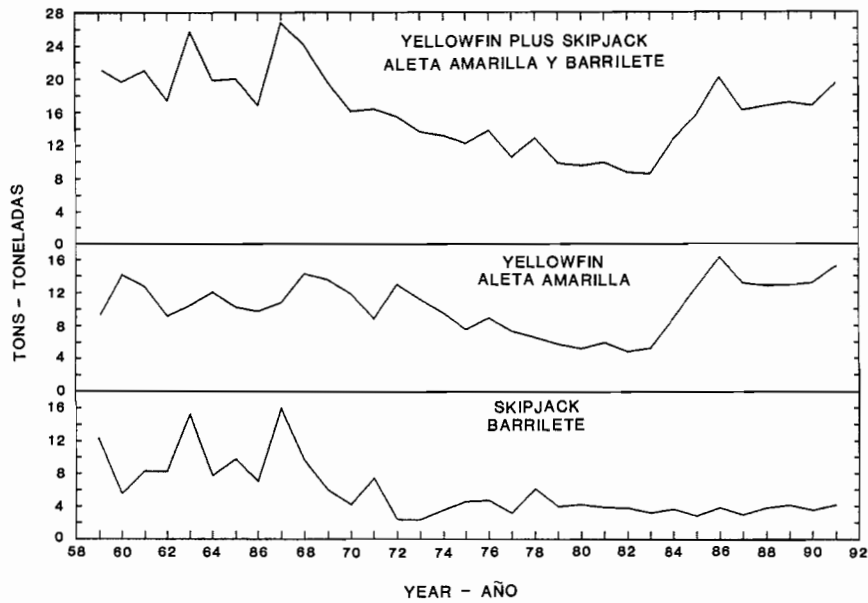


FIGURE 10. Catch per day's fishing for yellowfin and skipjack in the eastern Pacific in Class-6 purse-seine units. The 1991 data are preliminary.

FIGURA 10. Captura por día de pesca de aleta amarilla y barrilete en el Pacífico oriental en unidades cercuqeras de la Clase 6. Los datos de 1991 son preliminares.

TUNA COMMISSION

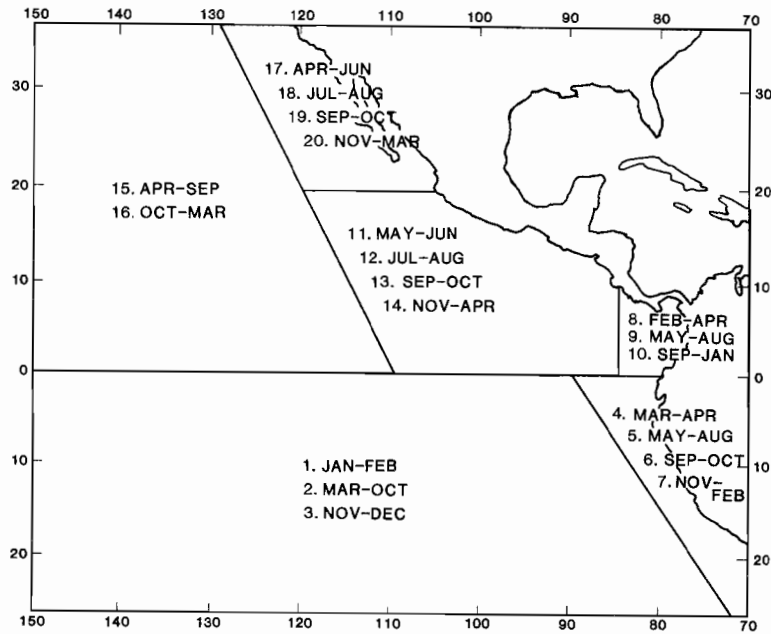


FIGURE 11. Season-area strata used to standardize the catch rates of all sizes of yellowfin combined.

FIGURA 11. Estratos de temporada-área usados para estandarizar las tasas de captura de aleta amarilla de todas tallas combinadas.

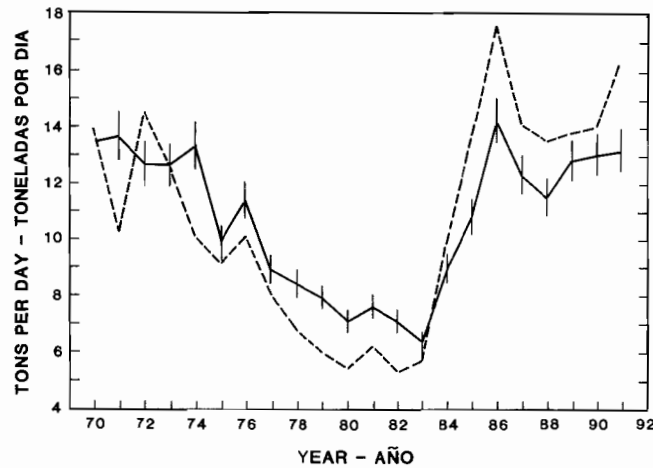


FIGURE 12. Comparison of annual indices of yellowfin abundance. The solid line is the index from the generalized linear model, with the 22-year mean set equal to the 2-year mean CPDF, and the vertical bars are the approximate 95-percent confidence limits. The dashed line is the index most commonly used, CPDF for vessels with greater than 400 tons carrying capacity. The data for 1991 are incomplete.

FIGURA 12. Comparación de los índices anuales de abundancia del aleta amarilla. La línea continua representa el índice del modelo lineal generalizado, con el promedio de 22 años fijado igual a la CPDF media de 2 años, y las barras verticales los límites de confianza de 95% aproximados. La línea de trazos representa el índice de uso más frecuente, CPDF de barcos de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. Los datos de 1991 son incompletos.

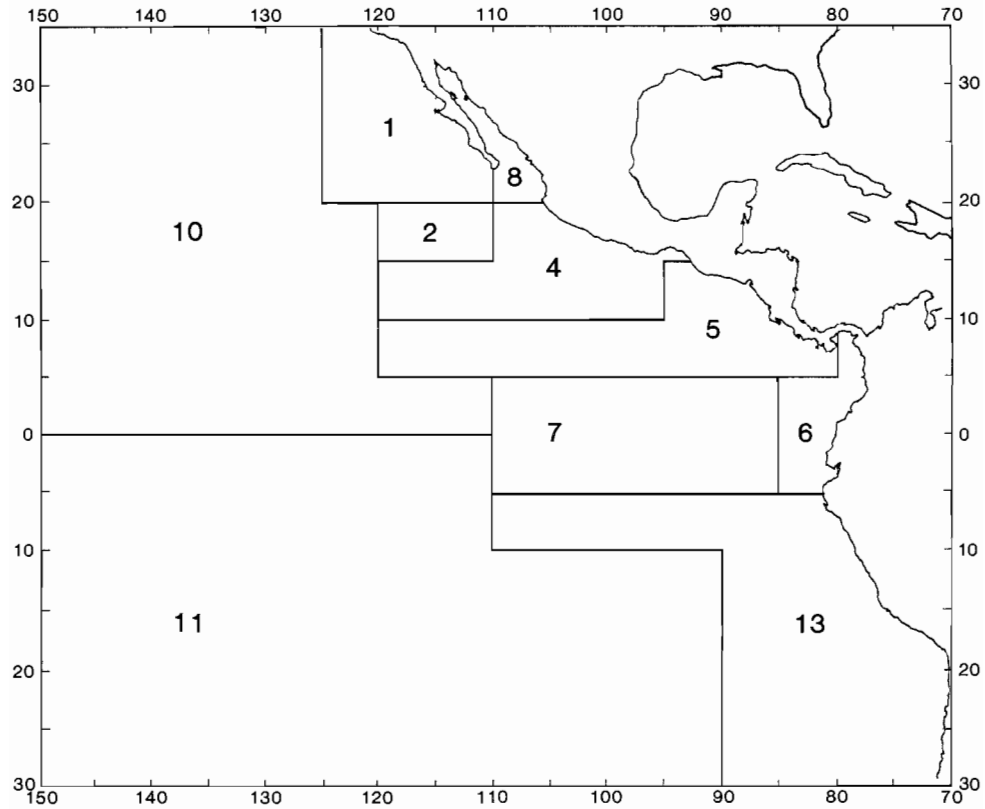


FIGURE 13. Areas used for sampling lengths of tunas in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 13. Areas usadas para el muestreo de tallas de atunes en el Océano Pacífico oriental.

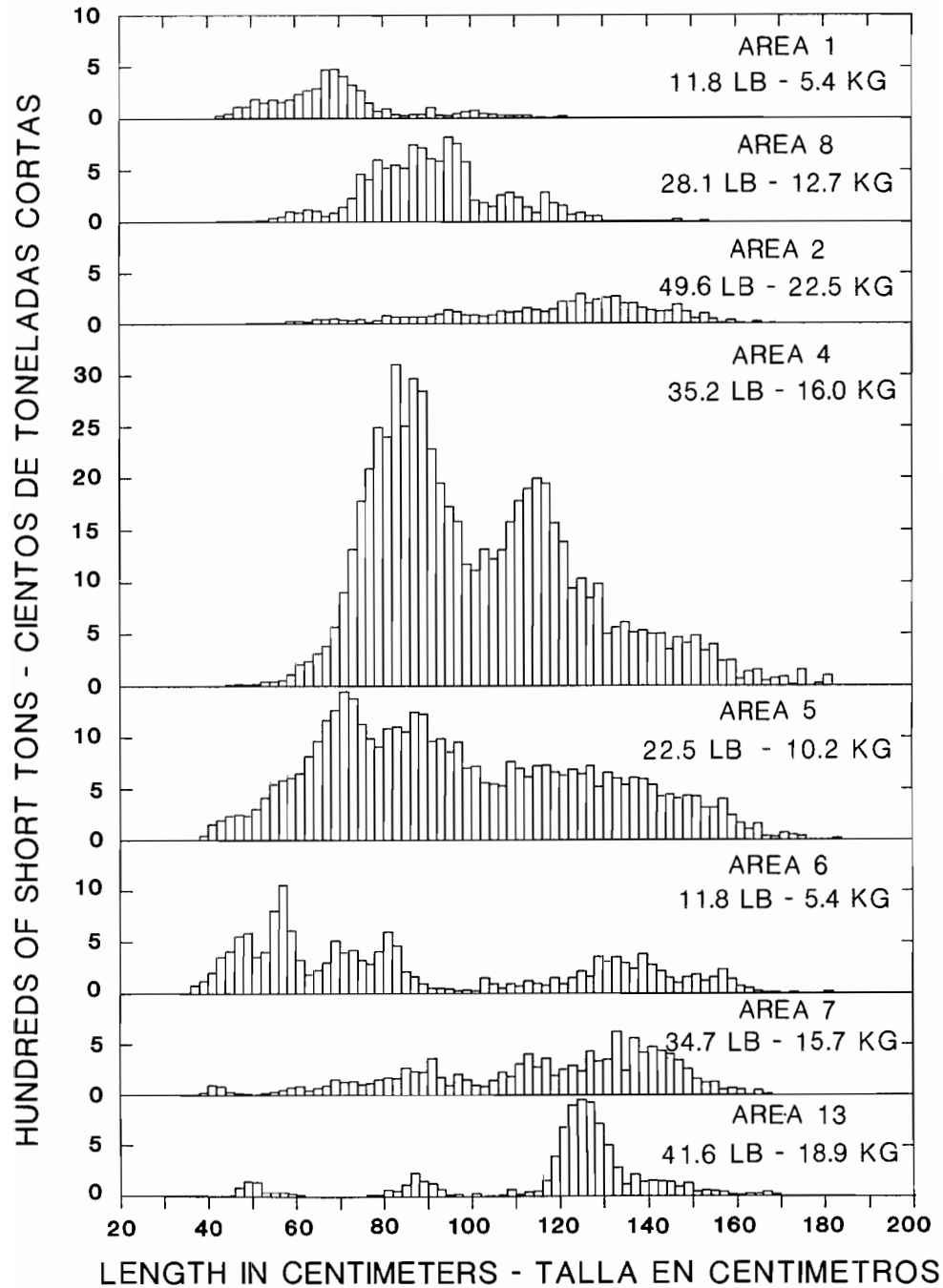


FIGURE 14. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals for the market measurement areas of the CYRA in 1991. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 14. Captura estimada de aleta amarilla en las zonas de medición en el ARCAA en 1991, por intervalos de 2 cm. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.

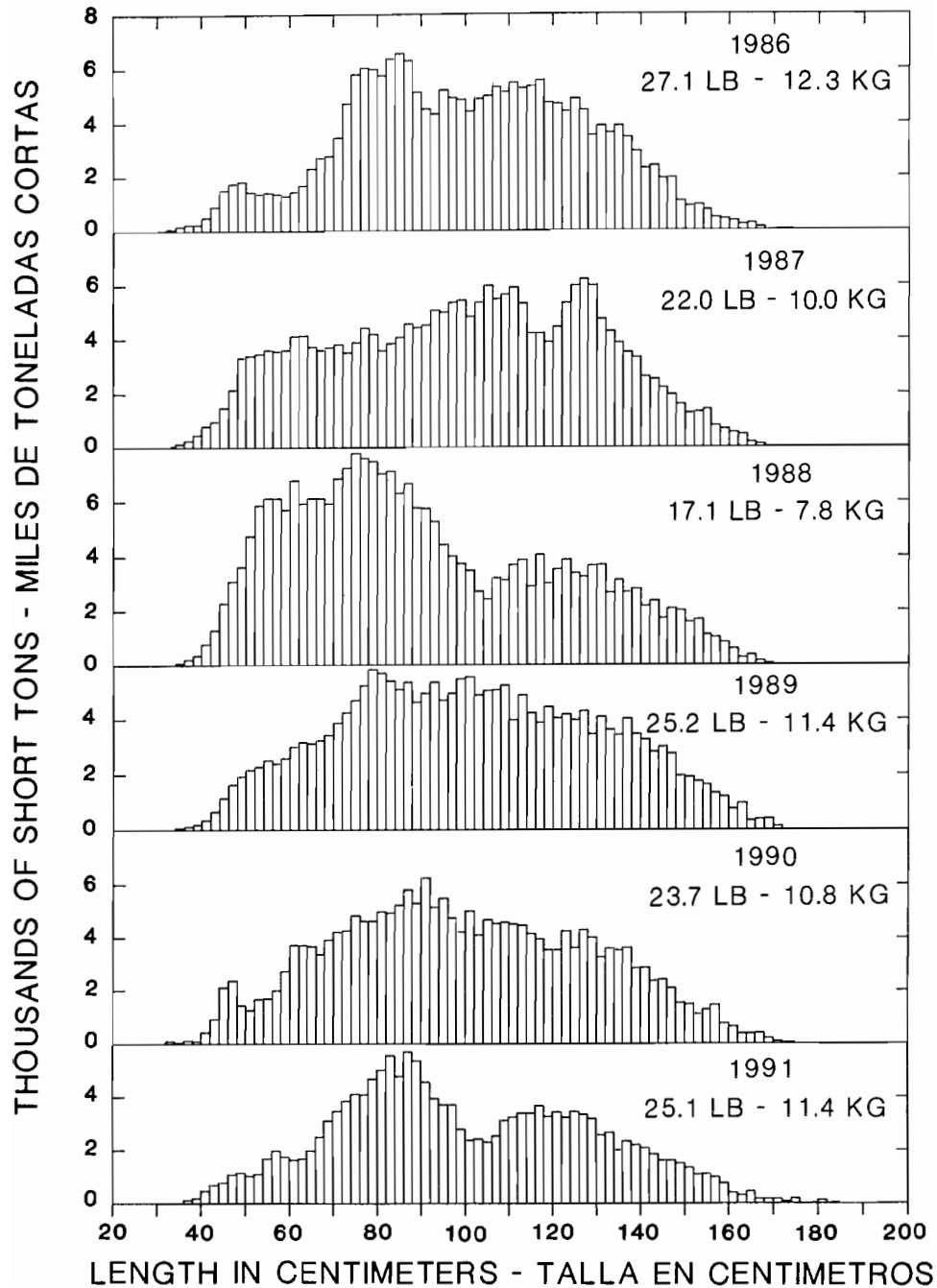


FIGURE 15. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 15. Captura estimada de aleta amarilla en el ARCAA, por intervalos de 2 cm. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.

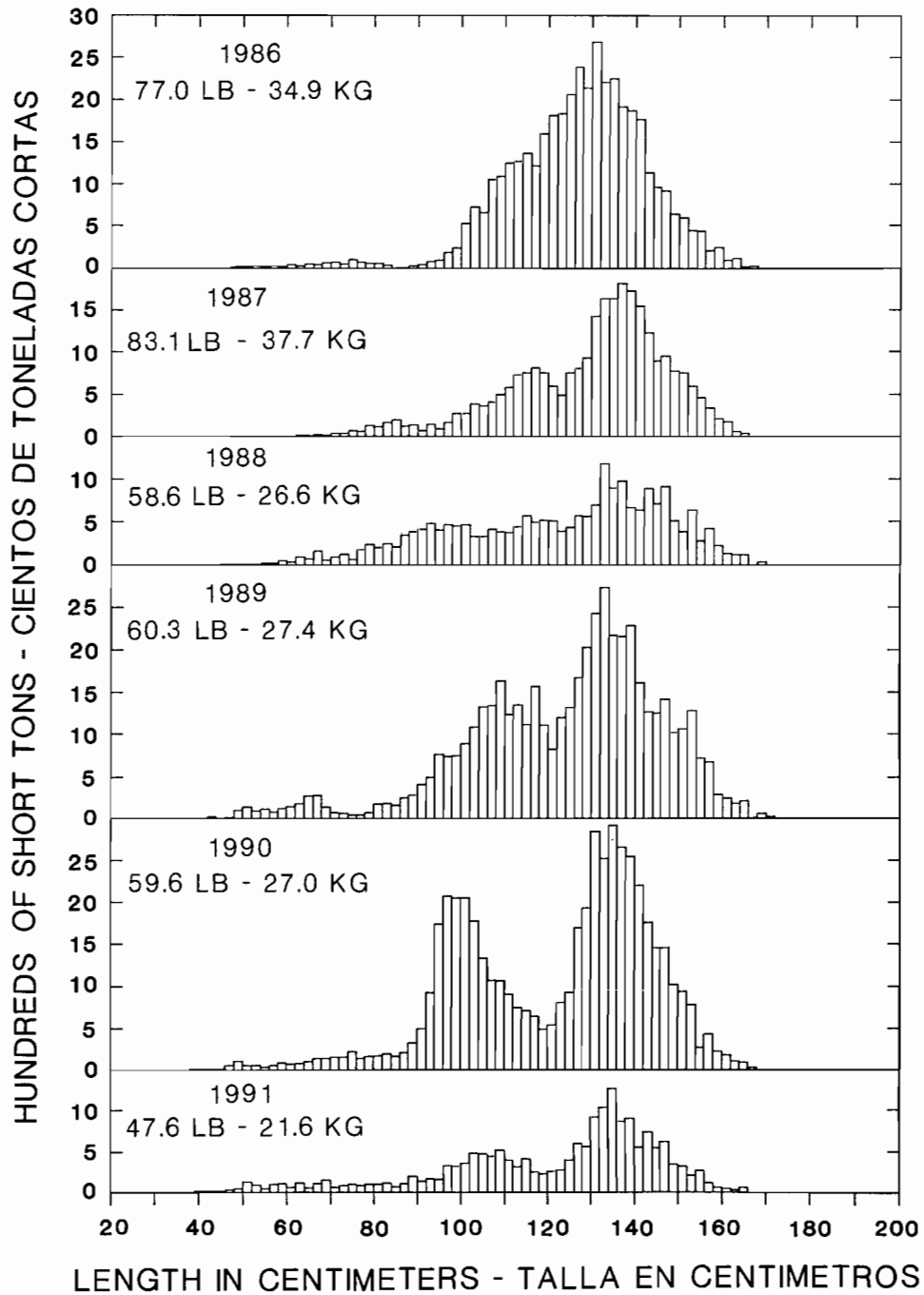


FIGURE 16. Estimated yellowfin catch by 2-cm intervals in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 16. Captura estimada de aleta amarilla en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W, por intervalos de 2 cm. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.

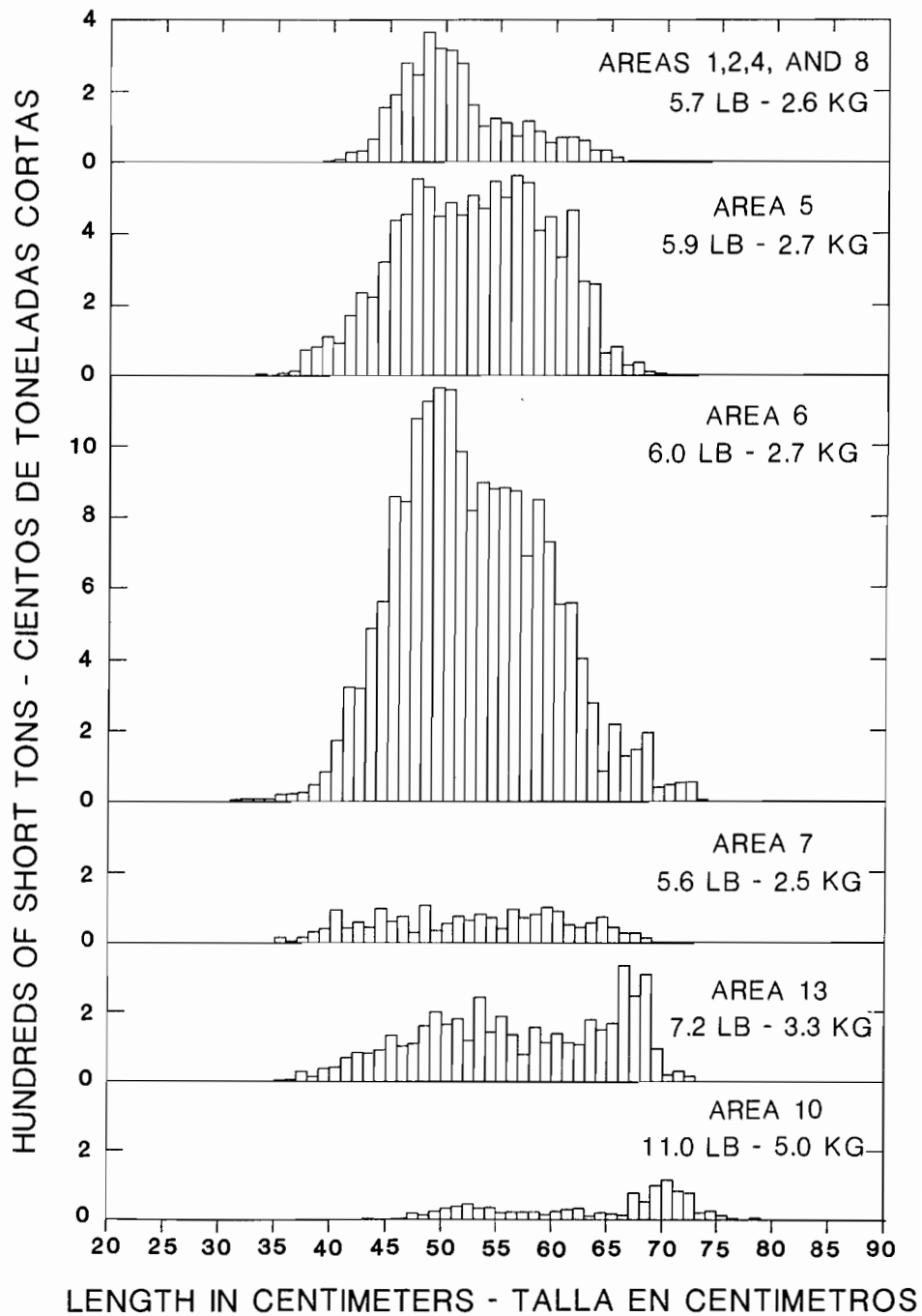


FIGURE 17. Estimated skipjack catch by 1-cm intervals for selected market measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1991. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 17. Captura estimada de barrilete en áreas de medición seleccionadas del Océano Pacífico oriental en 1991, por intervalos de 1 cm. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.

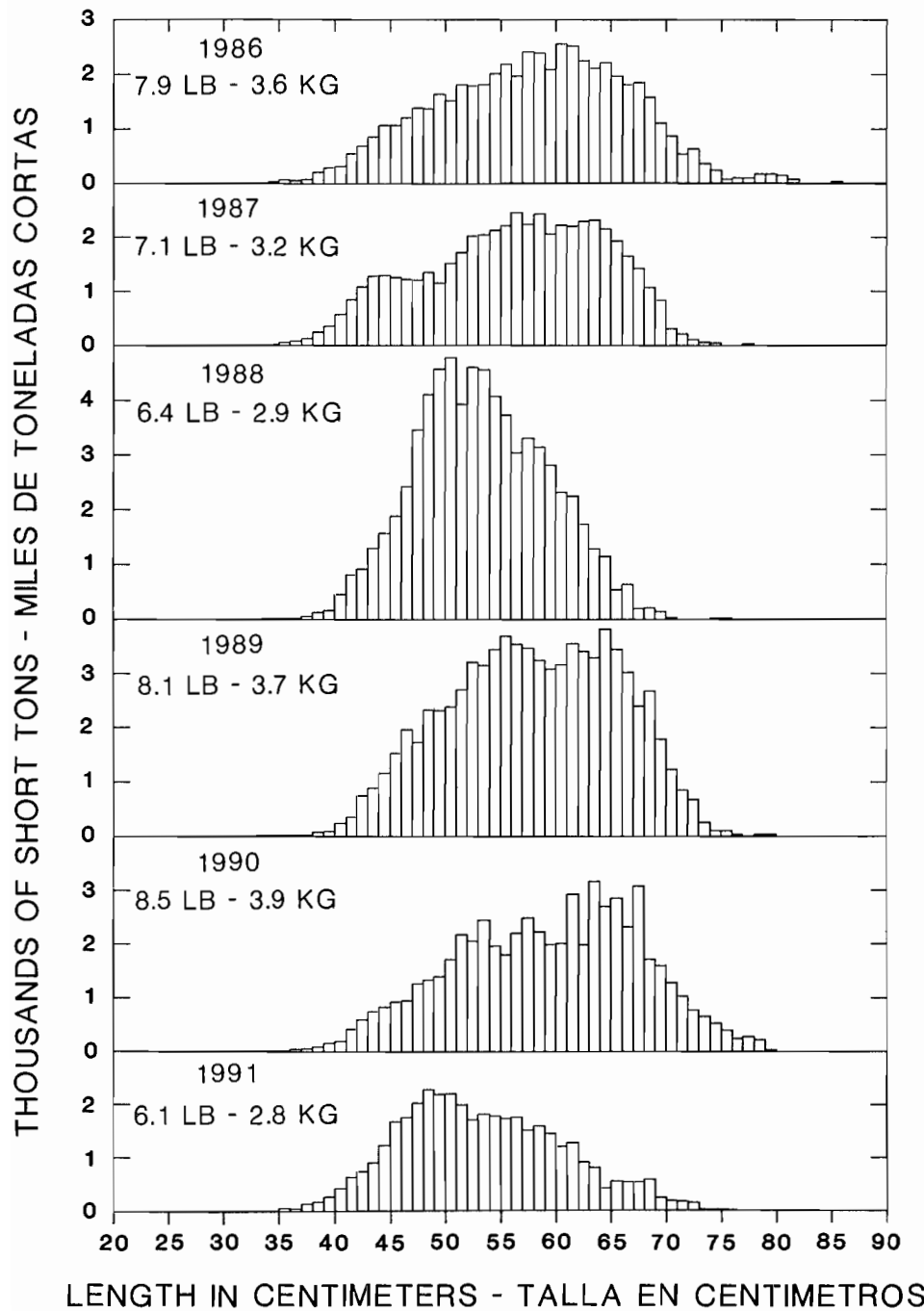


FIGURE 18. Estimated skipjack catch by 1-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 18. Captura estimada de barrilete en el Océano Pacífico oriental, por intervalos de 1 cm. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representan el peso promedio.

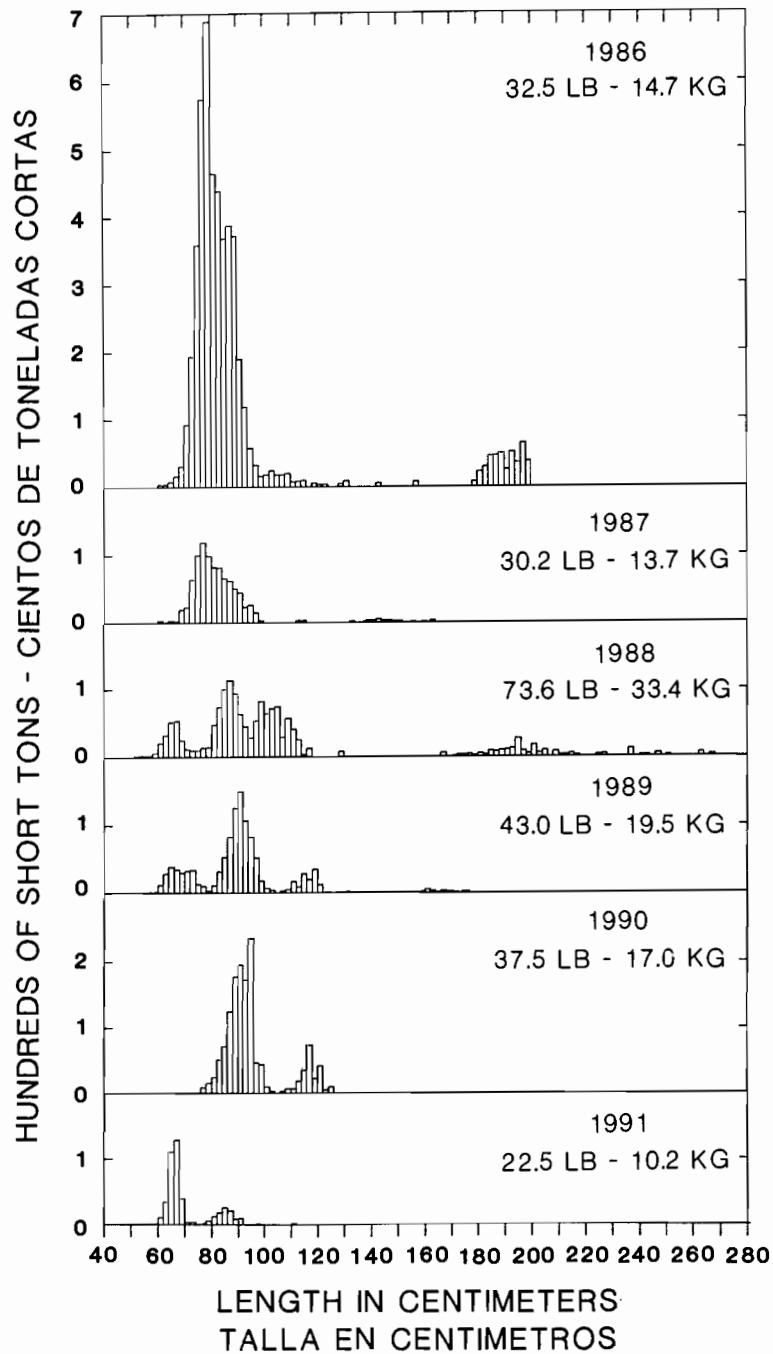


FIGURE 19. Estimated northern bluefin catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

FIGURA 19. Captura estimada de atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental, por intervalos de 2 cm. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.

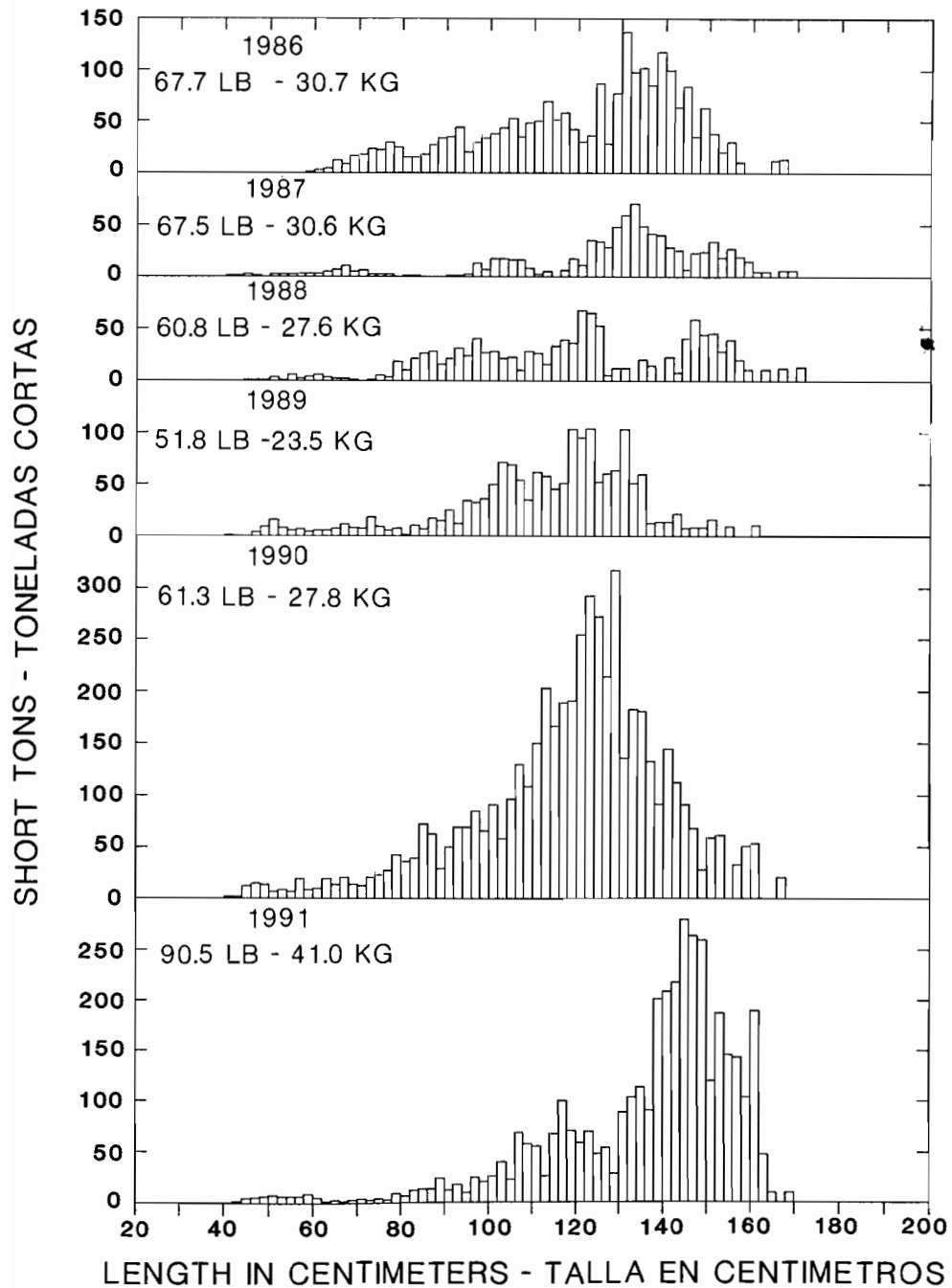


FIGURE 20. Estimated bigeye catch by 2-cm intervals in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

FIGURA 20. Captura estimada de patudo en el Océano Pacífico oriental, por intervalos de 2 cm. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.

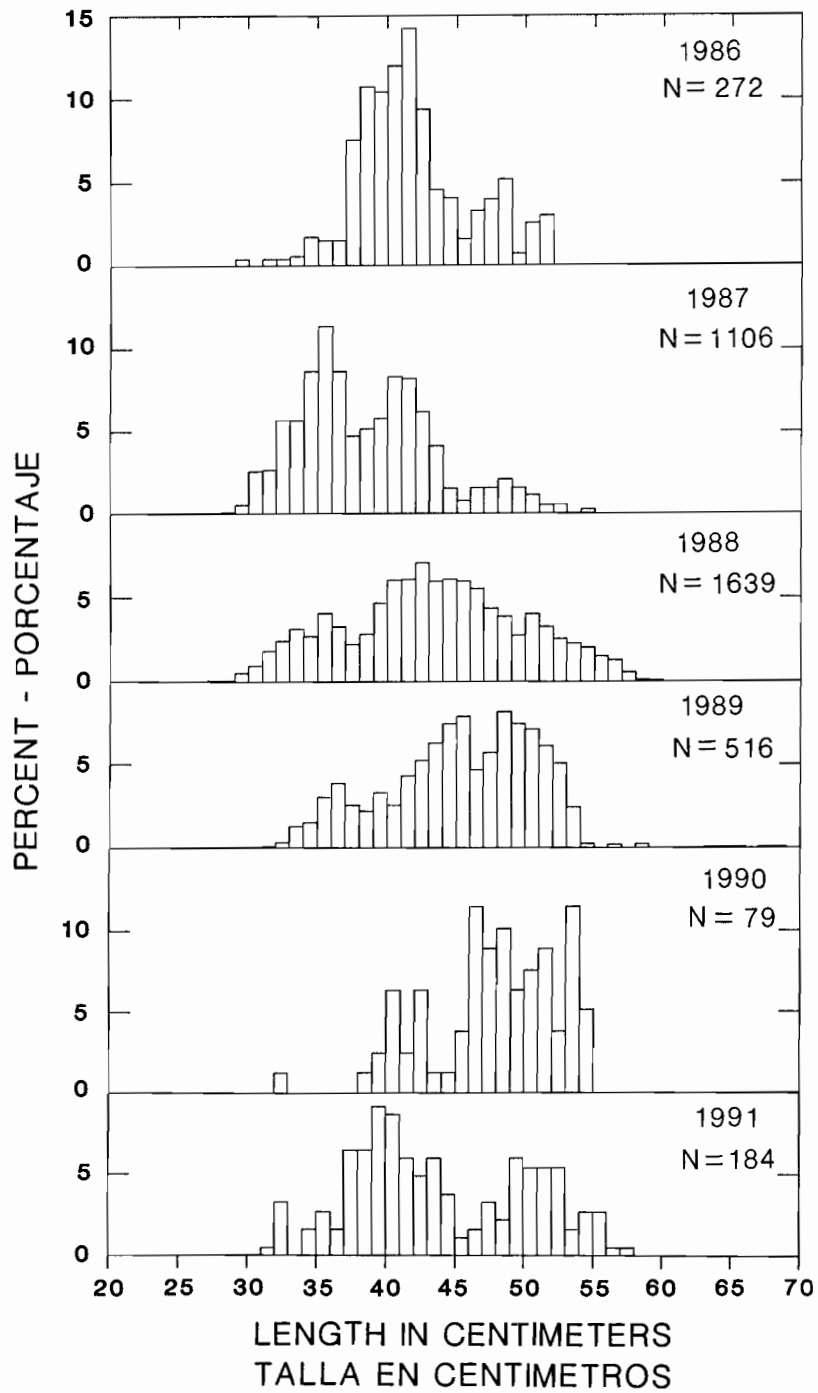


FIGURE 21. Annual length-frequency distributions of black skipjack caught in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 21. Distribución anual de la frecuencia de talla del barrilete negro capturado en el Océano Pacífico oriental.

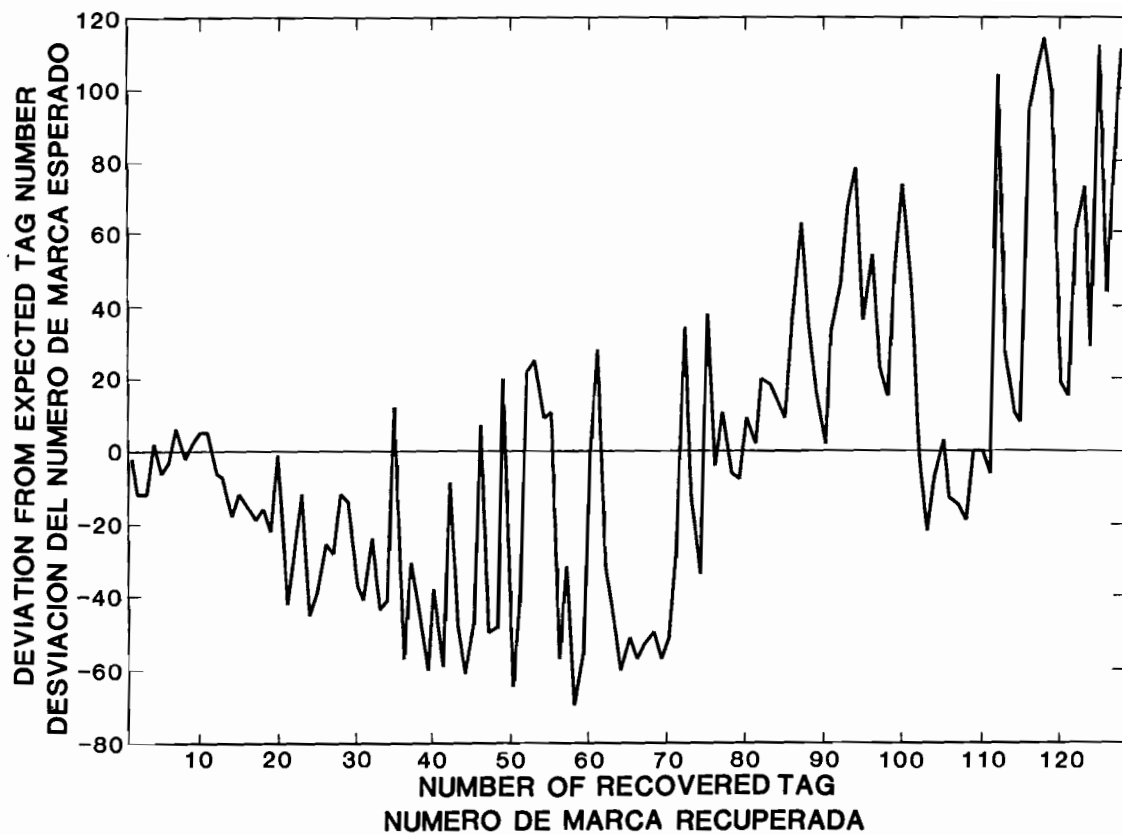


FIGURE 22. Deviations of the actual tag numbers from their expected values during unloading. The horizontal line shows where the points would be if no mixing occurred.
FIGURA 22. Desviaciones de los números de las marcas de sus valores esperados durante la descarga. La raya horizontal indica donde estarían los puntos si no ocurriera ninguna mezcla.

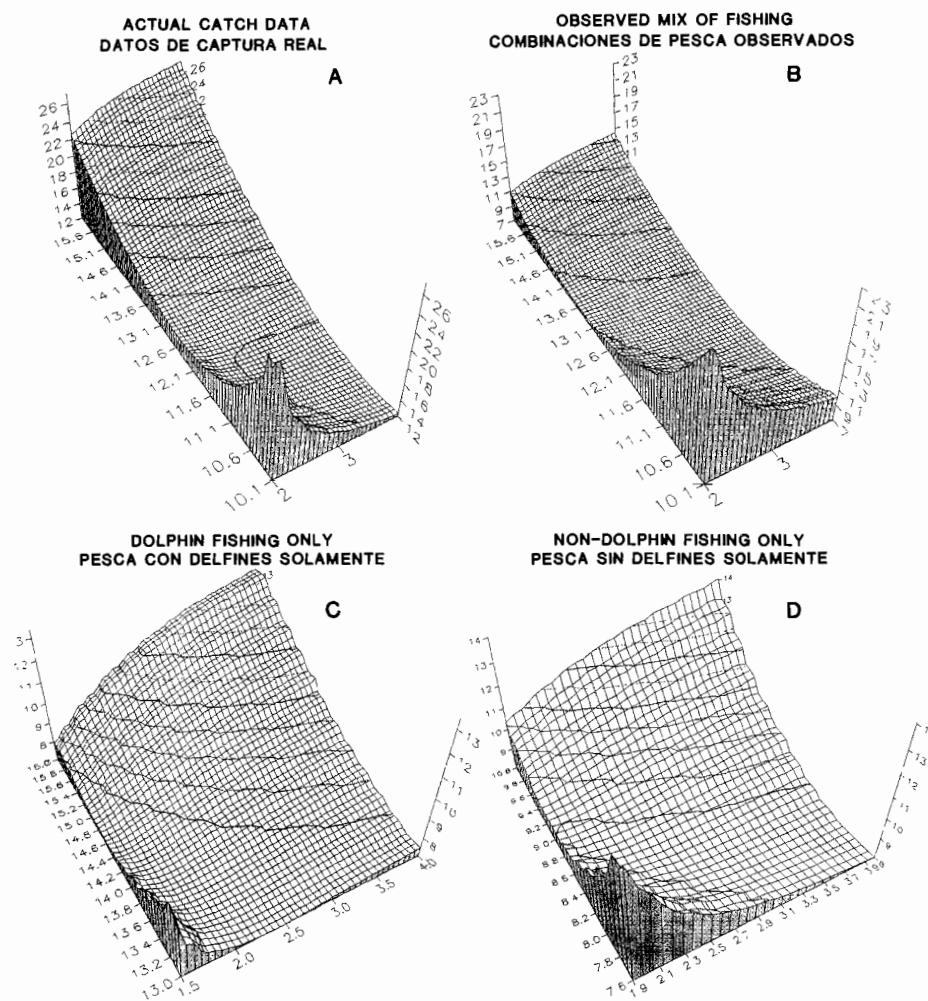


FIGURE 23. Residual sums of squares for the fitting of the symmetrical production model to: (A) actual catch data; (B) catches generated using catchability coefficients obtained from a cohort analysis; (C) catches generated as in (B), but assuming all fish were caught in association with dolphins; and (D) catches generated as in (B), but assuming no fish were caught in association with dolphins.

FIGURA 23. Sumas de cuadrados residuales para el ajuste del modelo simétrico de producción a: (A) datos reales de captura; (B) capturas generadas usando coeficientes de capturabilidad obtenidos de un análisis de cohortes; (C) capturas generadas de la misma forma que en (B), pero suponiendo que todos los peces fueron capturados en asociación con delfines; y (D) capturas generadas de la misma forma que en (B), pero suponiendo que ningún pez fue capturado en asociación con delfines.

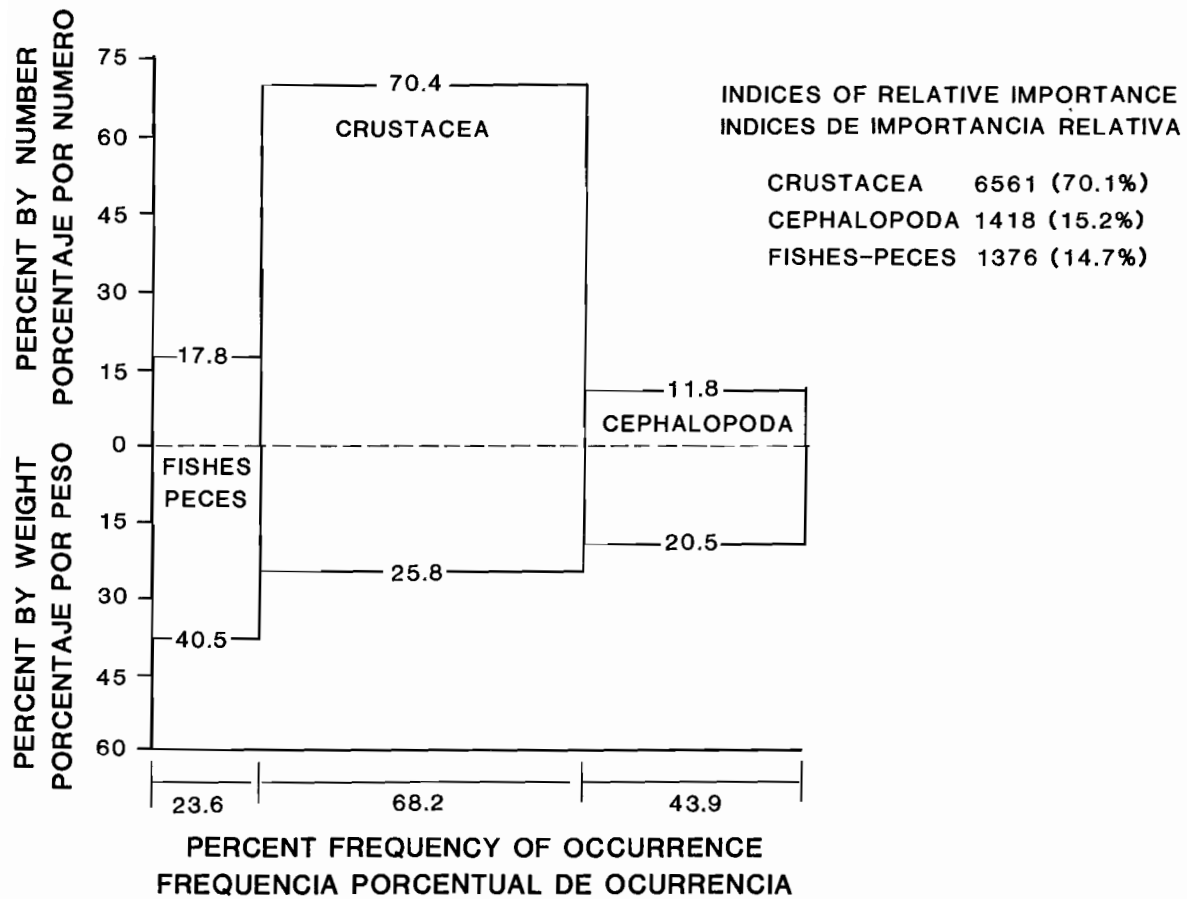


FIGURE 24. Composition of the food of juvenile yellowfin by major categories.

FIGURA 24. Composición del alimento de aletas amarillas juveniles, por categorías principales.

ANNUAL REPORT 1991

101



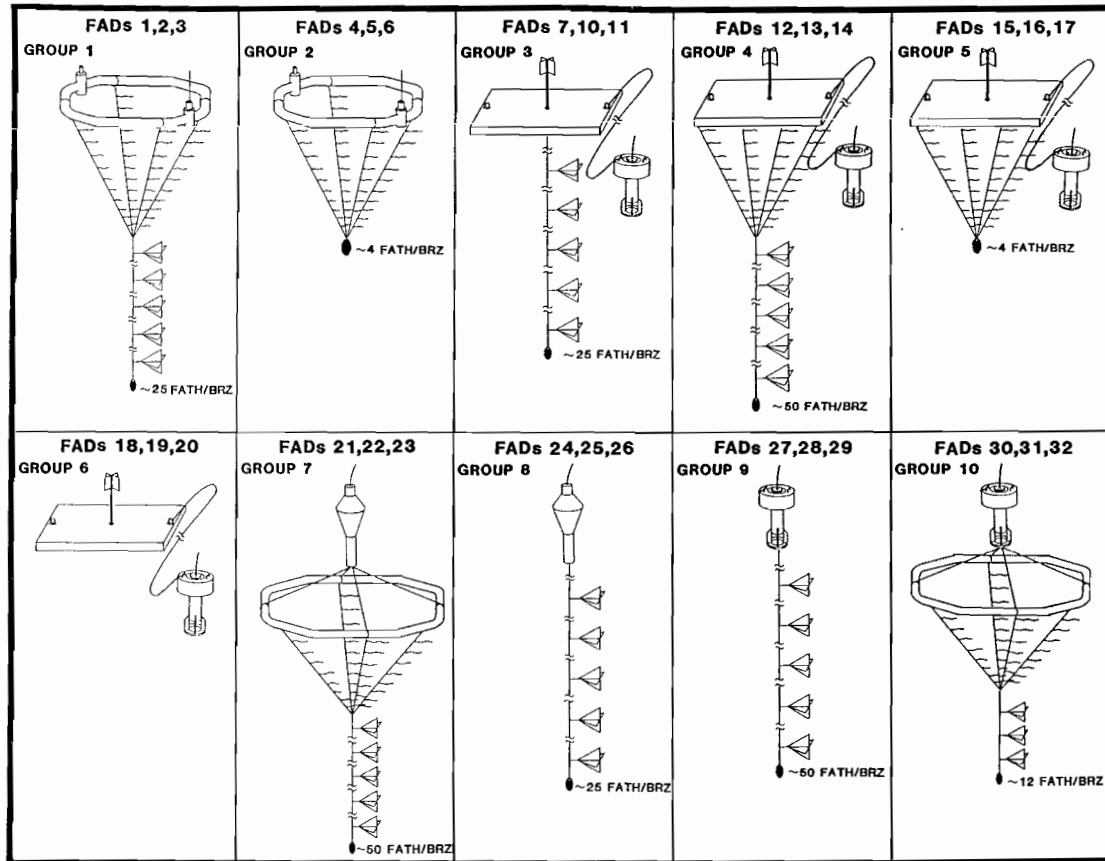


FIGURE 27. FADs deployed by the U.S. NMFS and the IATTC during July 1991.
FIGURA 27. Balsas FAD puestas en uso por el NMFS y la CIAT en julio de 1991.

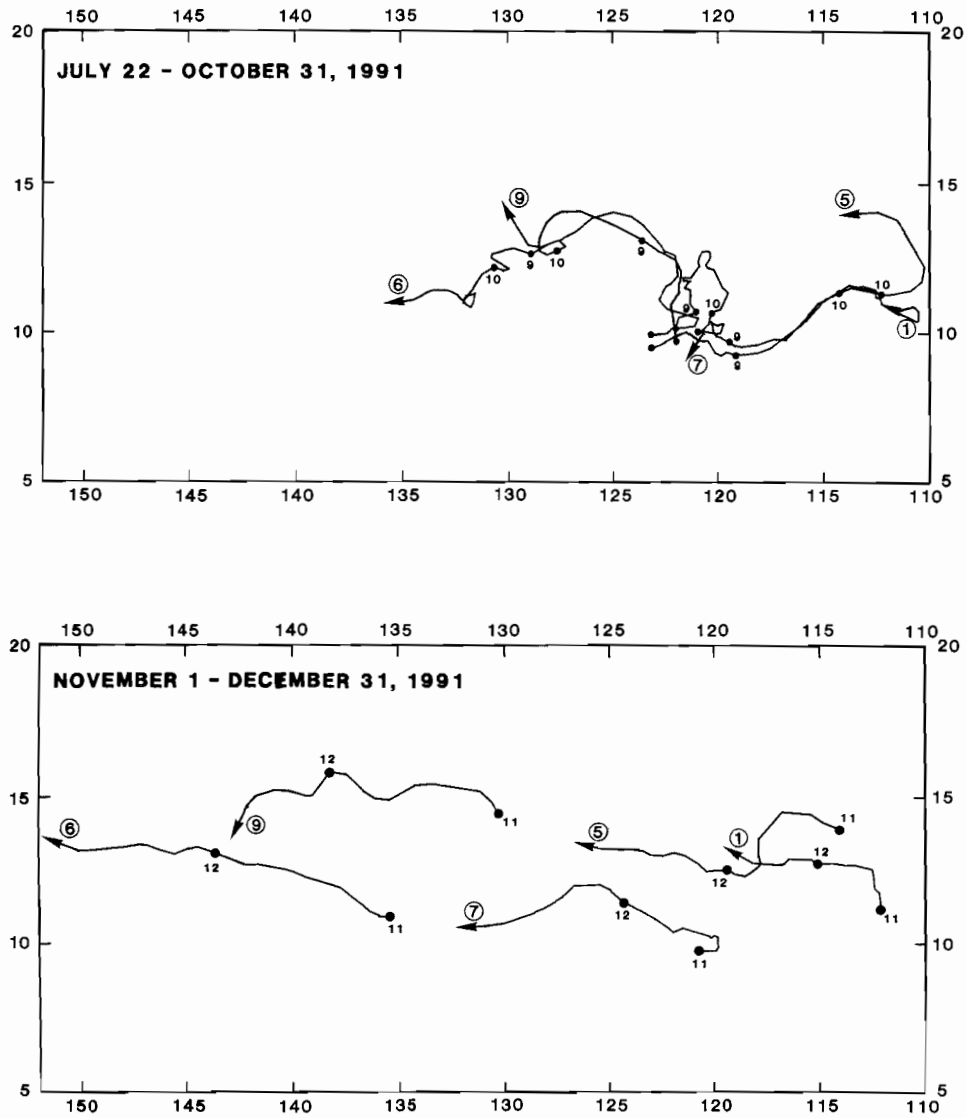


FIGURE 28. Drift patterns of FADs tracked by satellite during July-October and November-December 1991.
FIGURA 28. Derivas de balsas FAD rastreadas por satélite durante julio-octubre y noviembre-diciembre de 1991.

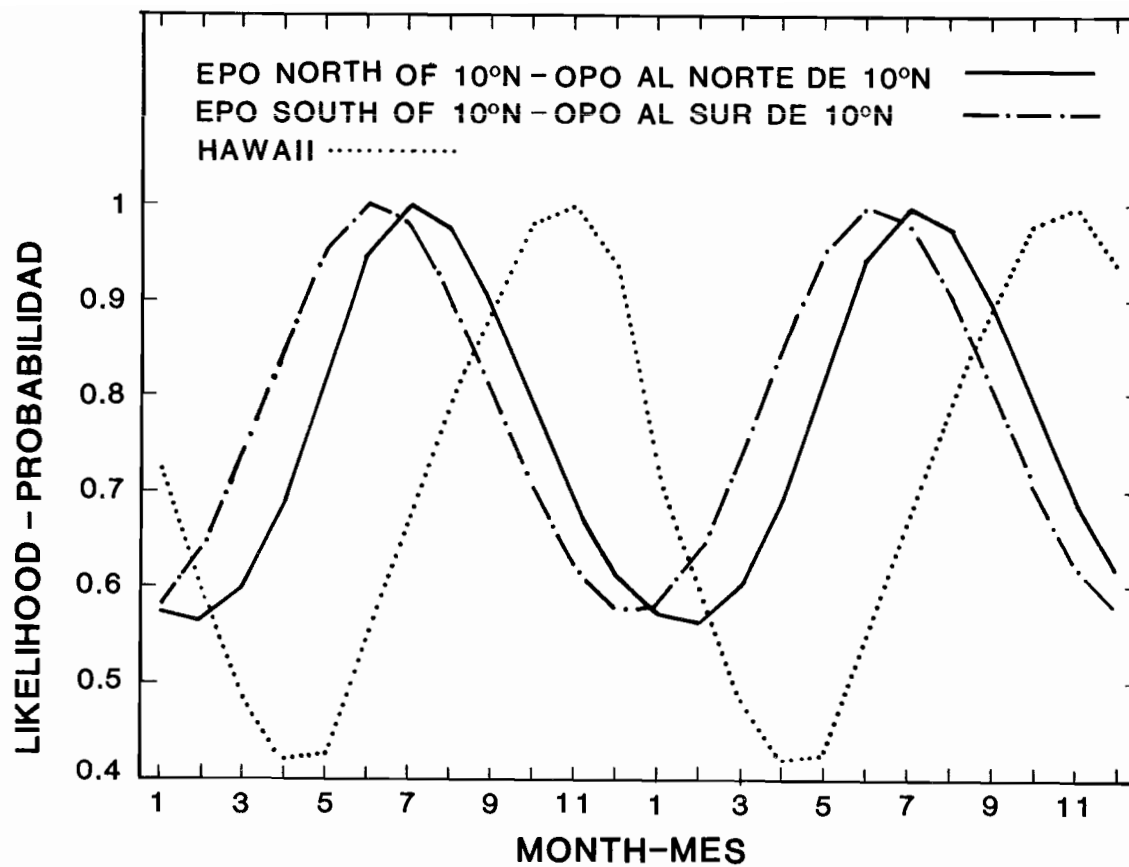


FIGURE 29. Likelihood (lack-of-fit) profiles for three areas, showing differences in recruitment patterns of cohorts of skipjack in the eastern and central Pacific.

FIGURA 29. Perfiles de verosimilitud (falta de ajuste) correspondientes a tres áreas, señalando las diferencias en el reclutamiento de cohortes de barriletes en el Pacífico oriental y central.

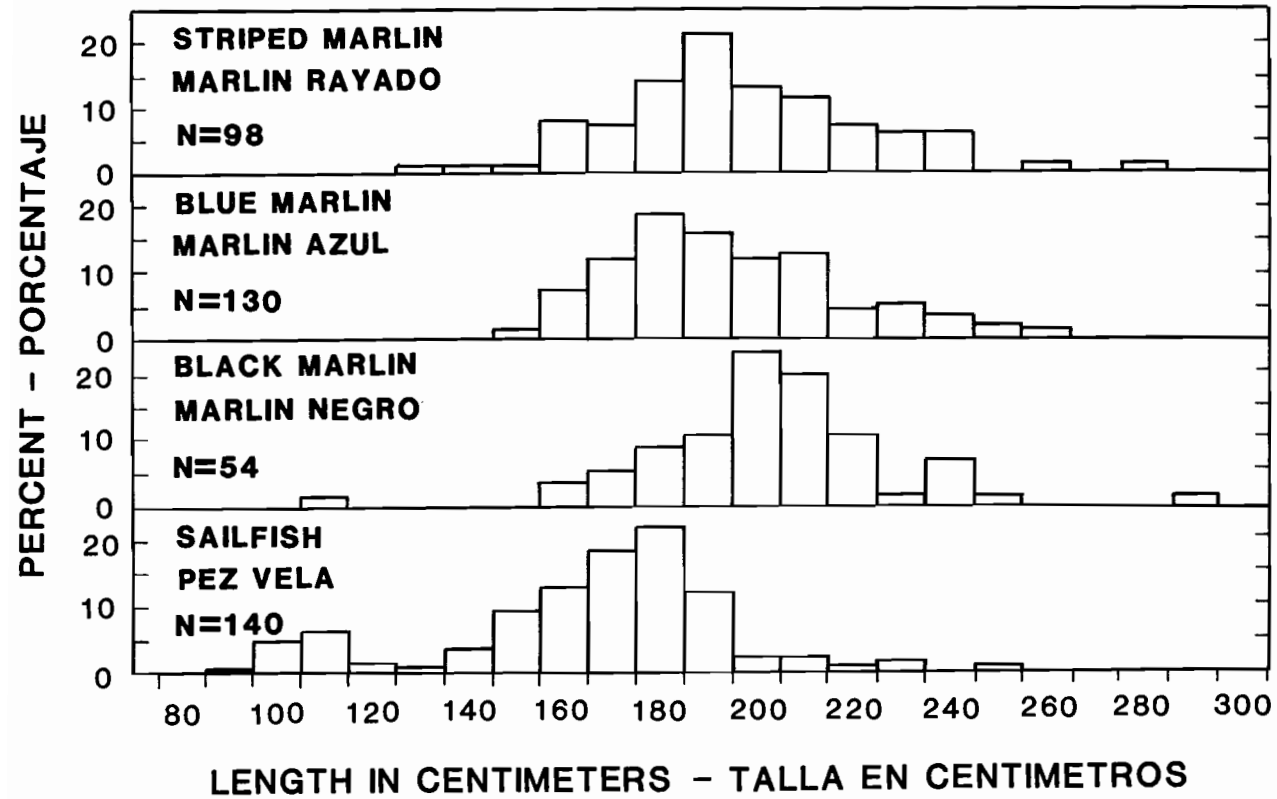


FIGURE 30. Locations at which marlins and sailfish were caught in the EPO by purse-seine vessels during 1989-1991.

FIGURA 30. Lugares de captura de marlines y peces vela en el OPO por barcos cerqueros durante 1989-1991.

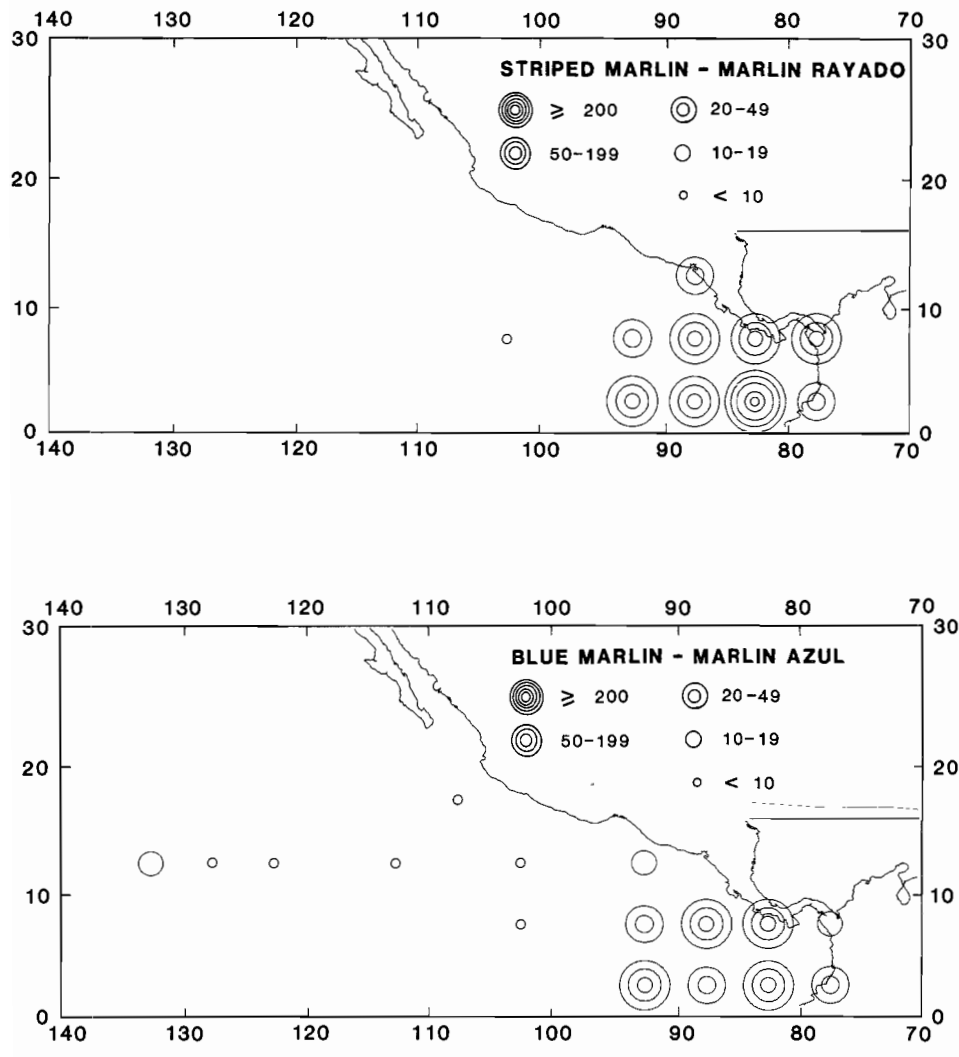


FIGURE 31. Length frequencies of marlins and sailfish caught in the EPO by purse-seine vessels during 1989-1991.

FIGURA 31. Frecuencias de talla de marlines y peces vela capturados en el OPO por barcos cerqueros durante 1989-1991.

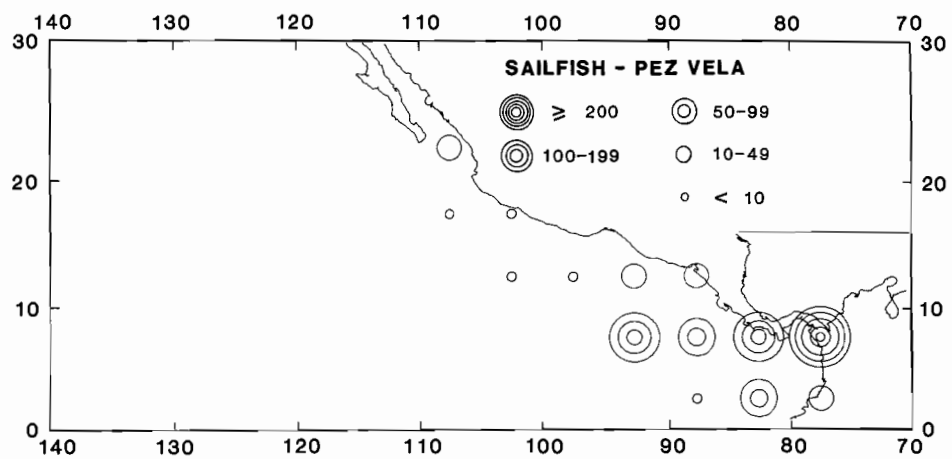
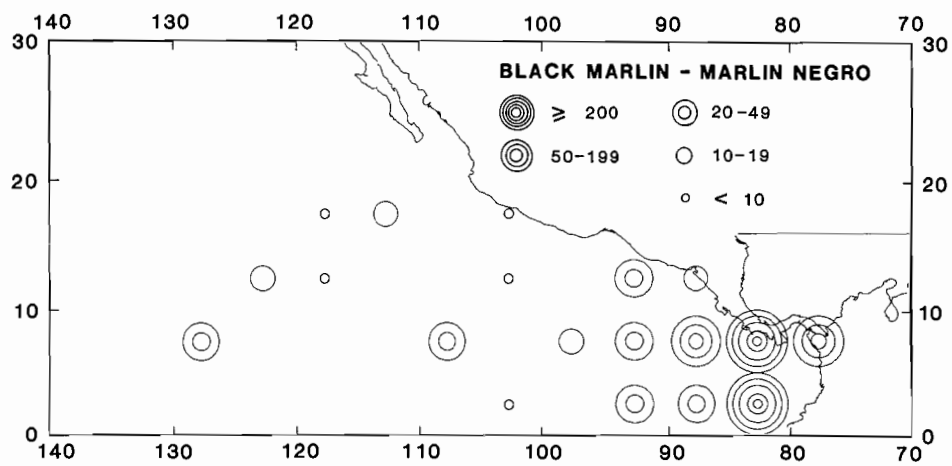


FIGURE 31. (continued)

FIGURA 31. (continuación)

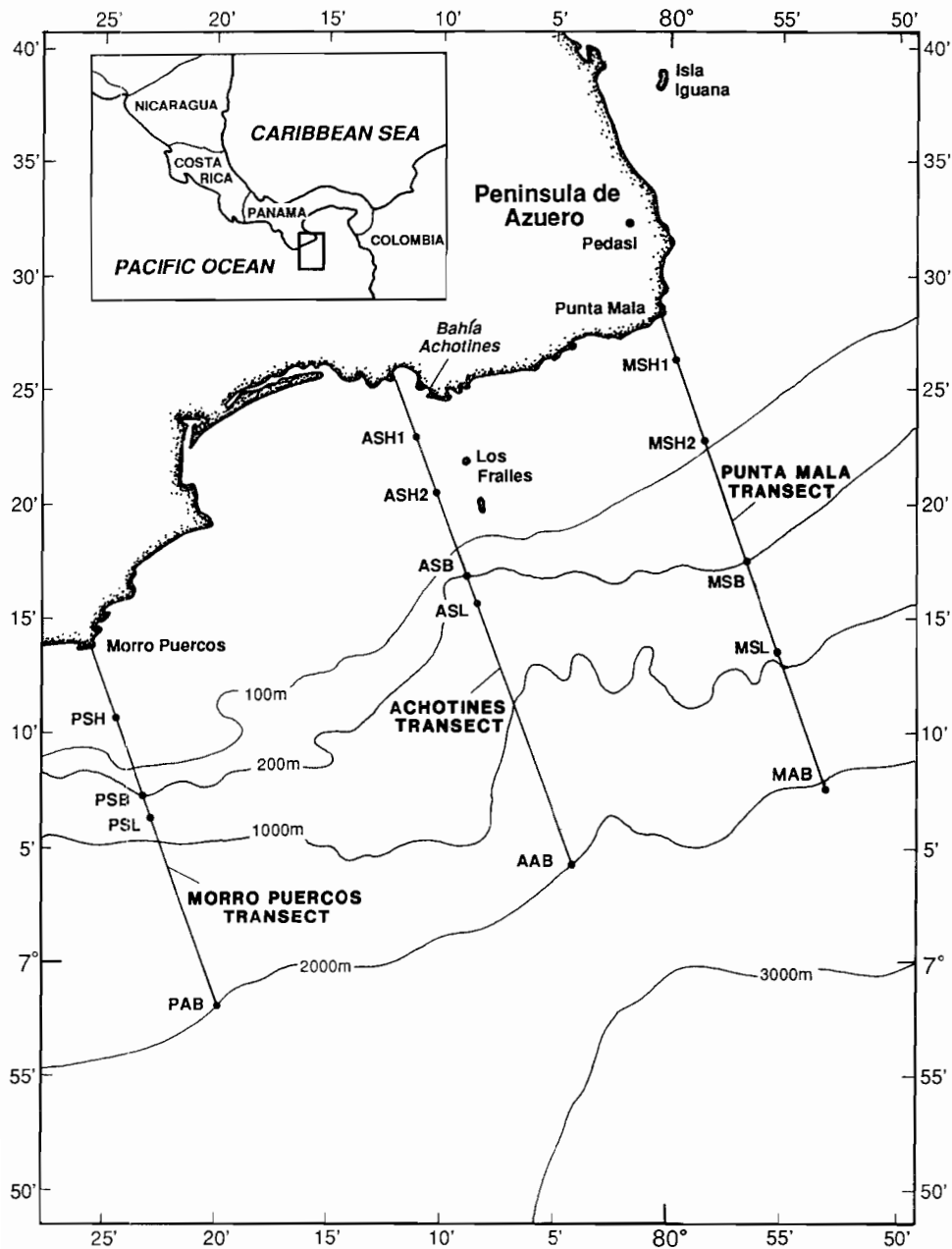


FIGURE 32. Location of Achotines Bay, Panama. The Achotines Laboratory is located on the east side of the bay. The dots on the transects represent sampling stations.

FIGURA 32. Ubicación de la Bahía de Achotines, Panamá. El laboratorio está situado al borde este de la bahía. Los puntos en los transectos representan estaciones de muestreo.

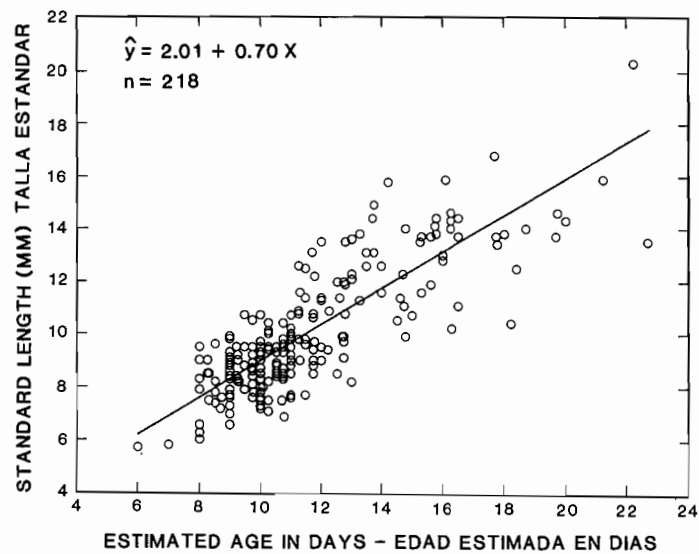


FIGURE 33. Relationship between standard length and age estimated from otolith (sagitta) increment counts of 218 larval and early-juvenile black skipjack tuna collected in nearshore waters adjacent to the Achotines Laboratory. The line was fitted to the data by weighted least-squares regression.

FIGURA 33. Relación entre talla estándar y edad estimada a partir del conteo de los incrementos de los otolitos (ságitas) de 218 barriletes negros larvales y juveniles tempranos capturados en aguas costeras cerca del Laboratorio de Achotines. Se ajustó la línea a los datos mediante regresión de cuadrados mínimos ponderados.

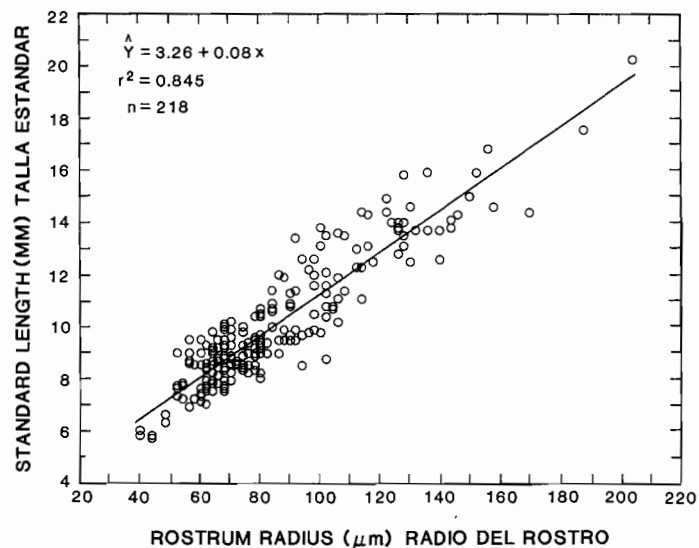


FIGURE 34. Linear least-squares relationship between standard length and otolith (sagitta) rostrum radius for 218 larval and early-juvenile black skipjack tuna collected in nearshore waters adjacent to the Achotines Laboratory.

FIGURA 34. Relación de cuadrados mínimos lineal entre talla estándar y radio del rostro del otolito (ságitas) correspondiente a 218 barriletes negros larvales y juveniles tempranos capturados en aguas costeras cerca del Laboratorio de Achotines.

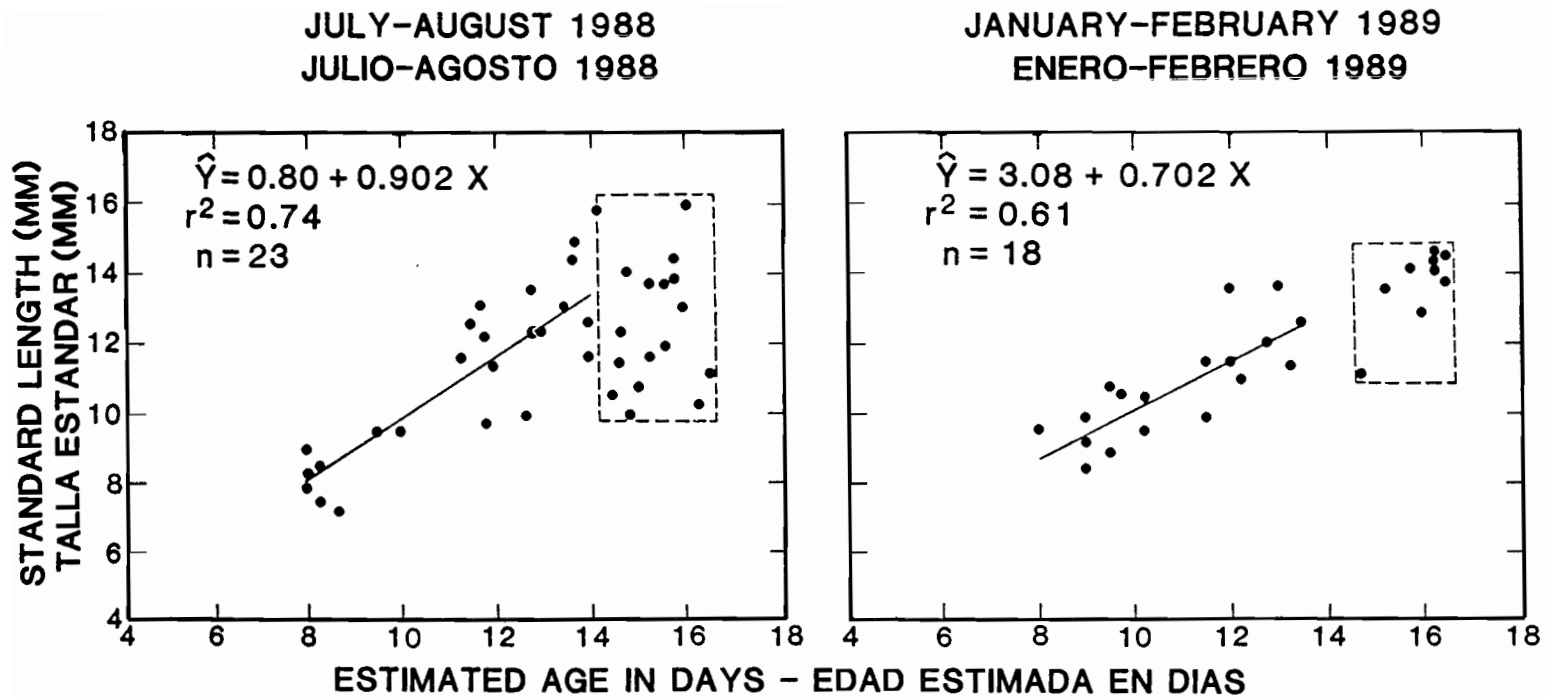


FIGURE 35. Linear least-squares relationships for length *versus* age of black skipjack tuna 14 days or younger collected during the rainy season (July-August 1988) and during the dry season (January-February 1989). The degree of variability of individuals older than 14 days is indicated within the dashed rectangles.

FIGURA 35. Relaciones de cuadrados mínimos lineales correspondientes a talla contra edad de atunes barrilete negro de edad ≤ 14 días capturados durante la temporada de lluvias (julio-agosto de 1988) y la de sequía (enero-febrero de 1989). En los cuadrángulos de trazos se indica el grado de variabilidad de los individuos mayores de 14 días.

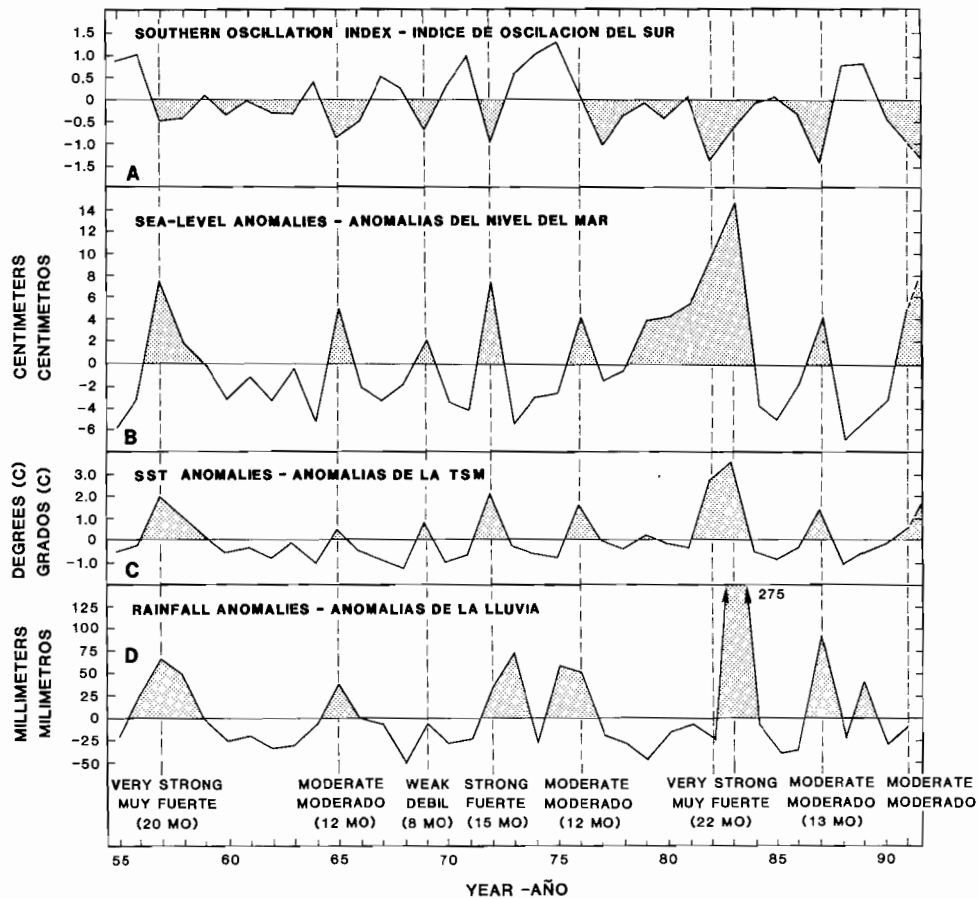


FIGURE 36. Time sections of the annual averaged anomalies (departures from long-term normals) of four computed parameters: Panel A, the Southern Oscillation Index; Panel B, annual average sea level based on sea levels at three coastal stations, (1) Baltra Island, Galapagos Islands, (2) La Libertad, Ecuador, and (3) Callao, Peru; Panel C, annual anomalies averaged from SSTs at four Peruvian coastal stations (Talara, Chicama, Chimbote, and Callao); and Panel D, accumulated annual average rainfall at Guayaquil, Ecuador. El Niño periods are indicated by vertical dashed lines, with their strengths at the bottom.

FIGURA 36. Secciones de tiempo de las anomalías (desviaciones del nivel normal a largo plazo) anuales medias de cuatro parámetros computados: Recuadro A, el Índice de Oscilación del Sur; Recuadro B, el nivel del mar medio anual basado en el nivel medido en tres estaciones costeras en (1) Baltra, (Islas Galápagos), (2) La Libertad (Ecuador), y (3) Callao (Perú); Recuadro C, anomalías anuales promediadas de las TSM en cuatro estaciones costeras en Perú (Talara, Chicama, Chimbote, y Callao); y Recuadro D, precipitación media anual acumulada en Guayaquil (Ecuador). Se indican los periodos de El Niño con líneas verticales de trazos, con la fuerza anotada al pie.

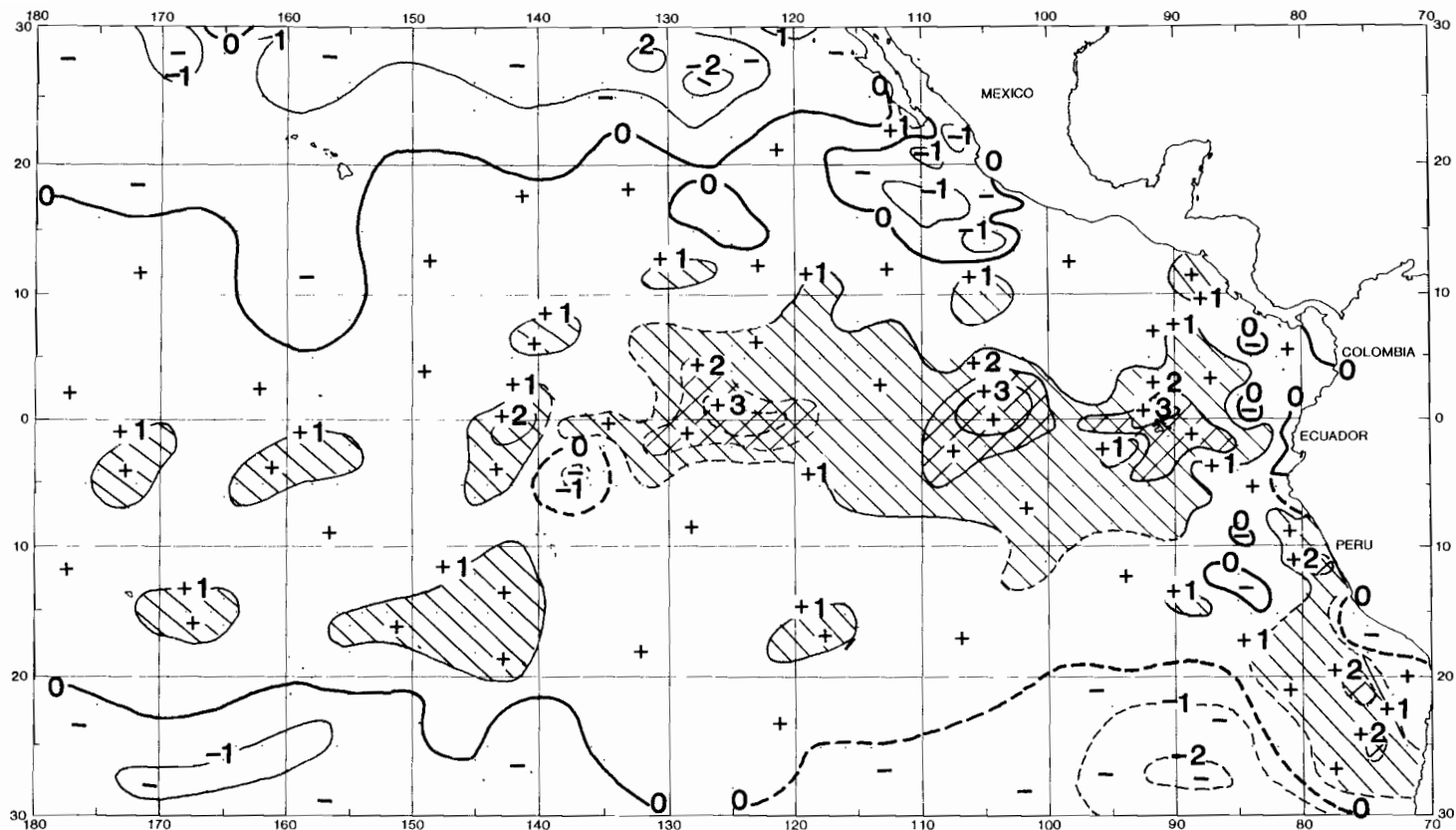


FIGURE 37. SST anomalies (departures from long-term normals) for June 1991, based on data from fishing boats and other commercial vessels. The areas with SSTs more than 1°C above normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C above normal are cross-hatched.

FIGURA 37. Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en junio de 1991, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y otros buques comerciales. Las zonas sombreadas mostraron TSM más de 1°C superiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C superiores a lo normal.

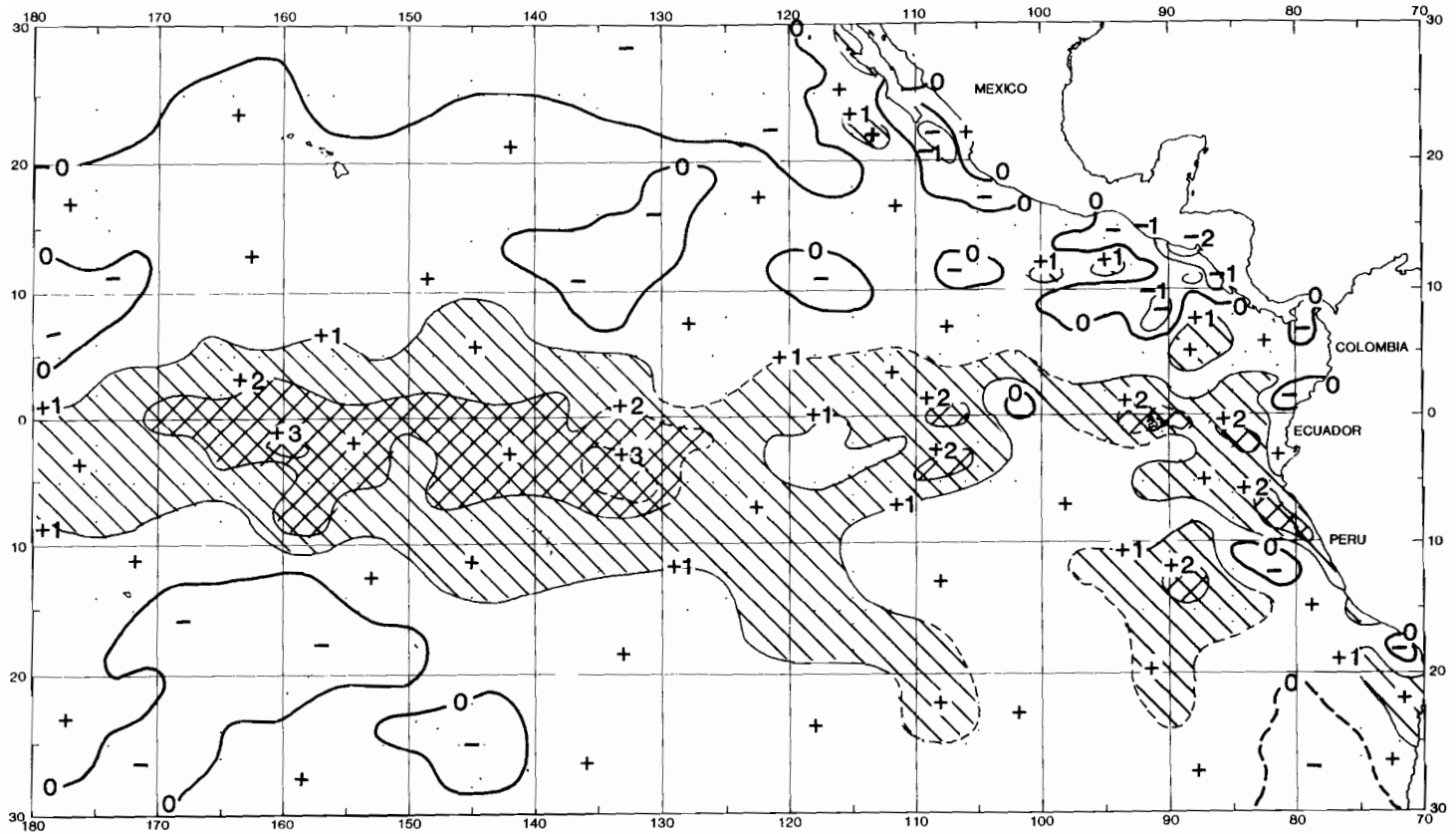


FIGURE 38. SST anomalies (departures from long-term normals) for December 1991, based on data from fishing boats and other commercial vessels. The areas with SSTs more than 1°C above normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C above normal are cross-hatched.

FIGURA 38. Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en diciembre de 1991, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y otros buques comerciales. Las zonas sombreadas mostraron TSM más de 1°C superiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C superiores a lo normal.

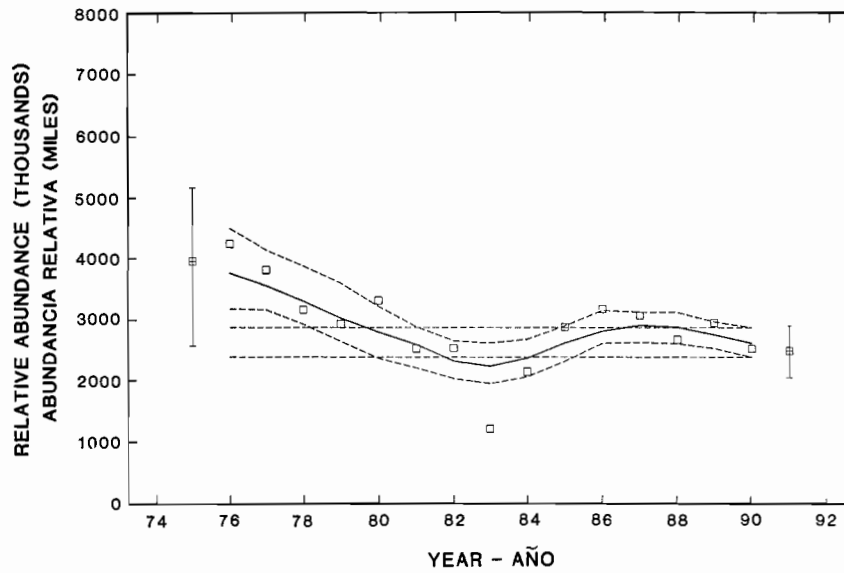


FIGURE 39. Smoothed trends in abundance of the northern offshore stock of spotted dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. The horizontal lines correspond to the 85-percent confidence limits for the 1990 estimate.

FIGURA 39. Tendencias suavizadas en la abundancia del stock norteño del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Las líneas horizontales corresponden a los límites de confianza aproximados de 85% de la estimación de 1990.

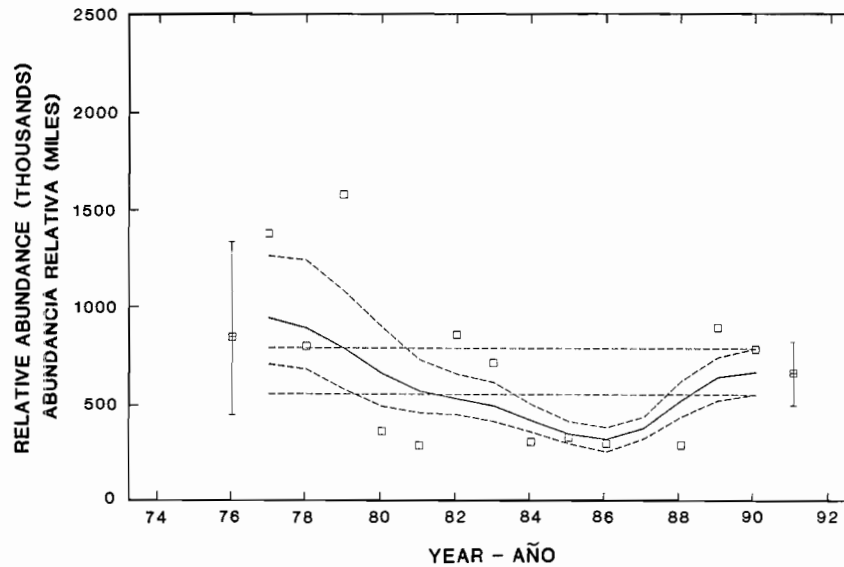


FIGURE 40. Smoothed trends in abundance of the southern offshore stock of spotted dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. More details are given in the title for Figure 39.

FIGURA 40. Tendencias suavizadas en la abundancia del stock sureño de altamar del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Ver leyenda de la Figura 39 para mayor detalle.

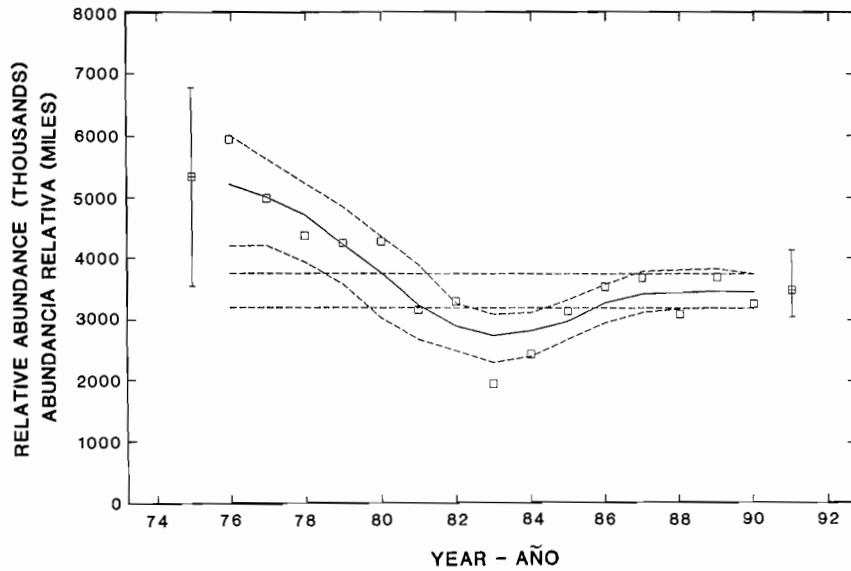


FIGURE 41. Smoothed trends in the abundance of the combined northern and the southern stocks of spotted dolphin. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. More details are given in the title for Figure 39.

FIGURA 41. Tendencias suavizadas en la abundancia de los stocks norteño y sureño combinados del delfín manchado. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Ver leyenda de la Figura 39 para mayor detalle.

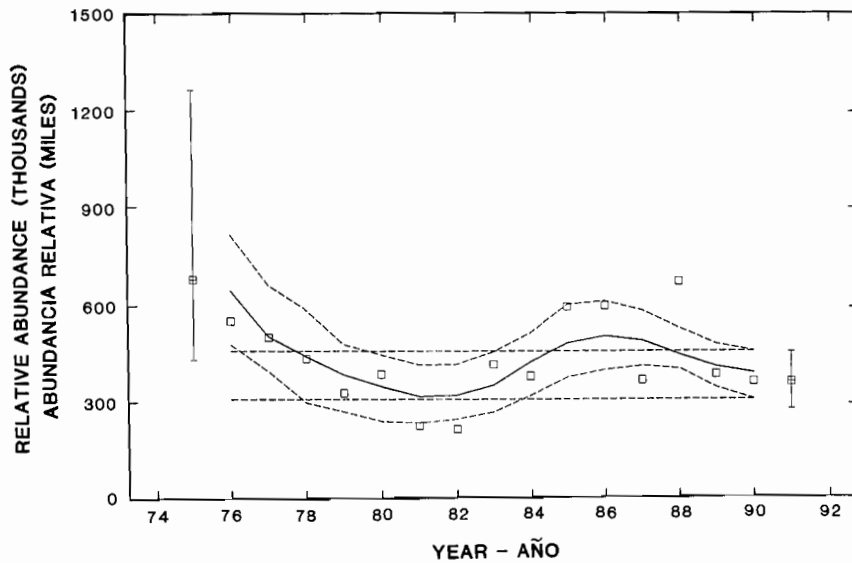


FIGURE 42. Smoothed trends in abundance of the eastern stock of spinner dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. More details are given in the title for Figure 39.

FIGURA 42. Tendencias suavizadas en la abundancia del stock oriental del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Ver leyenda de la Figura 39 para mayor detalle.

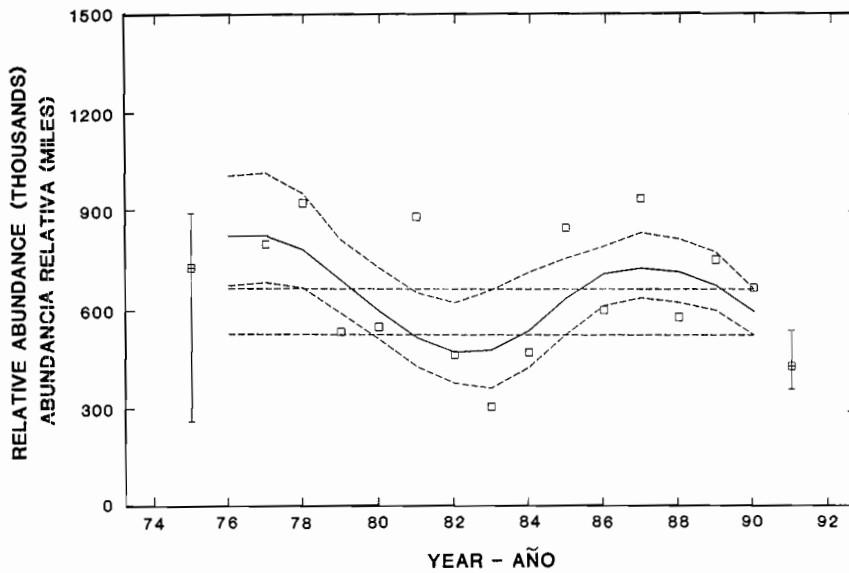


FIGURE 43. Smoothed trends in abundance of the whitebelly stock of spinner dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. More details are given in the title for Figure 39.

FIGURA 43. Tendencias suavizadas en la abundancia del stock panza blanca del delfin tornillo en el Océano Pacifico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Ver leyenda de la Figura 39 para mayor detalle.

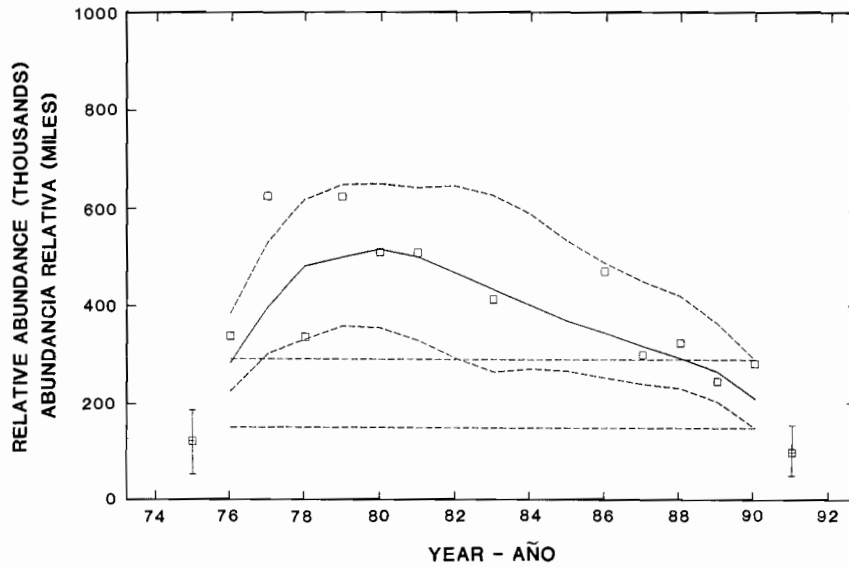


FIGURE 44. Smoothed trends in abundance of the northern stock of common dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. More details are given in the title for Figure 39.

FIGURA 44. Tendencias suavizadas en la abundancia del stock norteño del delfin común en el Océano Pacifico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Ver leyenda de la Figura 39 para mayor detalle.

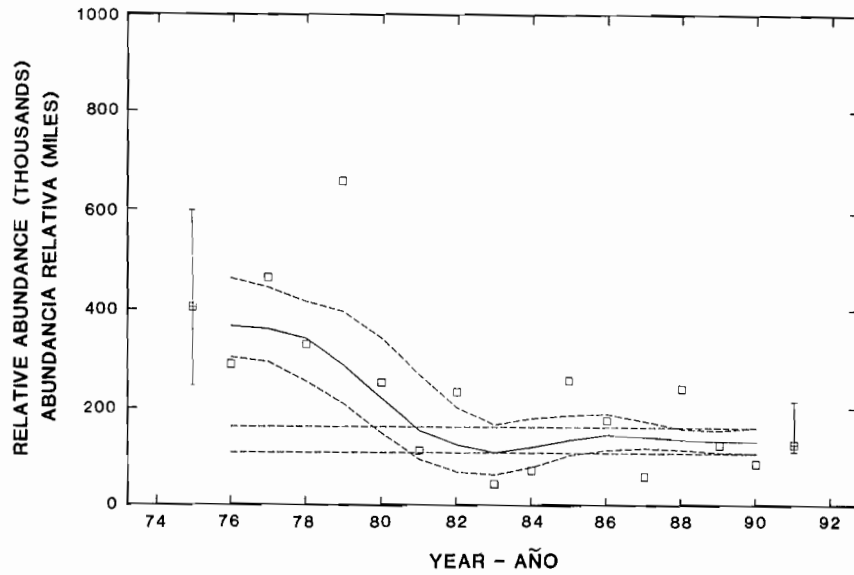


FIGURE 45. Smoothed trends in abundance of the central stock of common dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. More details are given in the title for Figure 39.

FIGURA 45. Tendencias suavizadas en la abundancia del stock central del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Ver leyenda de la Figura 39 para mayor detalle.

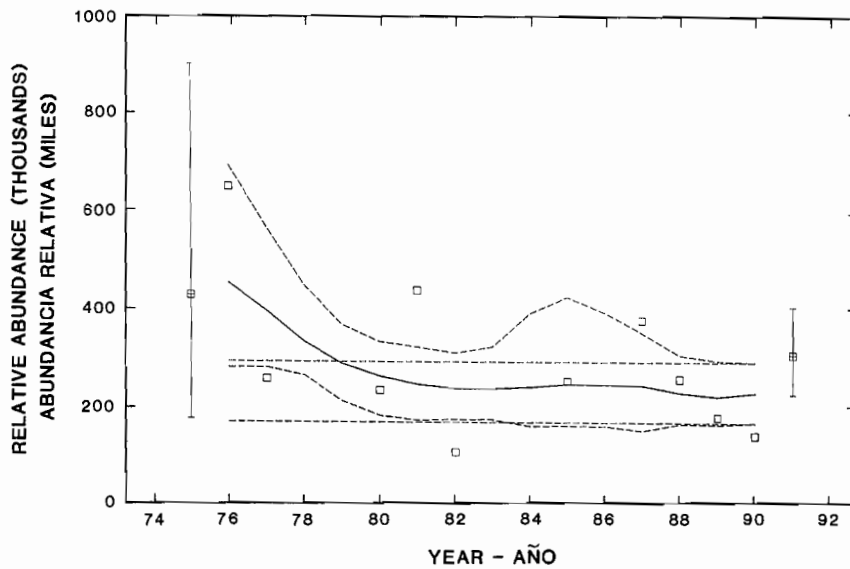


FIGURE 46. Smoothed trends in abundance of the southern stock of common dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits. More details are given in the title for Figure 39.

FIGURA 46. Tendencias suavizadas en la abundancia del stock sureño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados de 85%. Ver leyenda de la Figura 39 para mayor detalle.

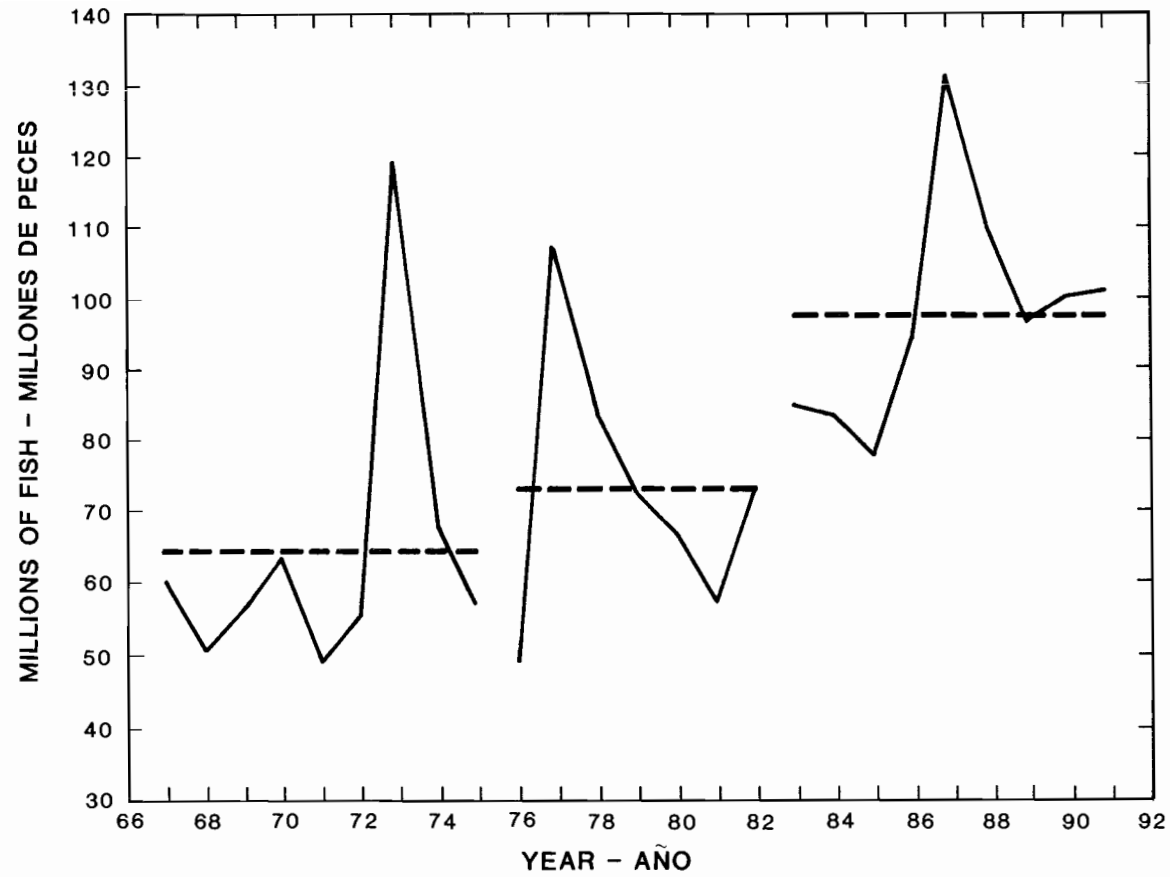


FIGURE 47. Estimated initial recruitments of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, with the average recruitments for 1967-1975, 1976-1982, and 1983-1990.

FIGURA 47. Reclutamientos iniciales estimados del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, con los reclutamientos medios de 1967-1975, 1976-1982, y 1983-1990.

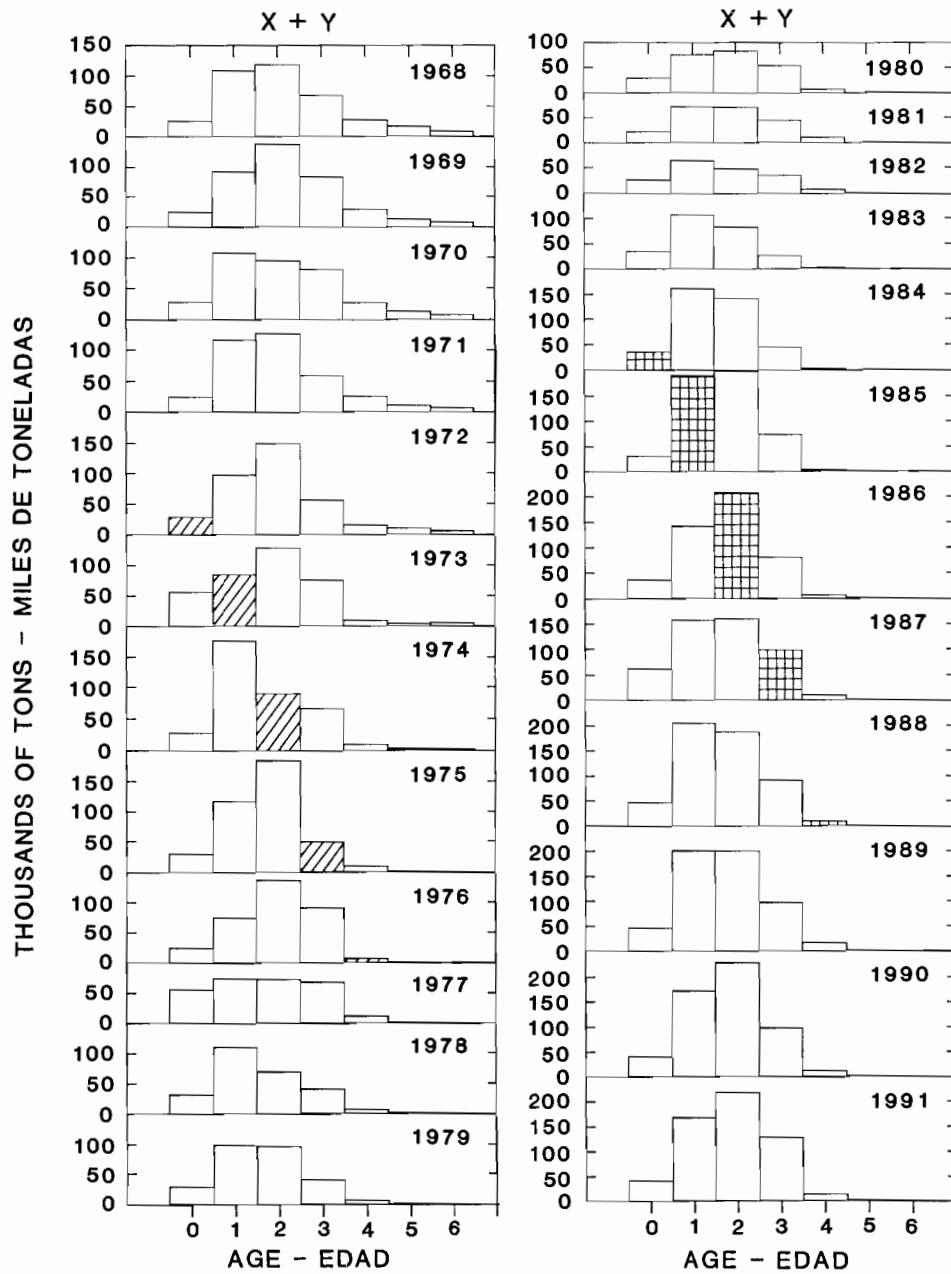


FIGURE 48. Average within-year biomass estimates of yellowfin in the eastern Pacific Ocean by age groups.
 FIGURA 48. Estimaciones del promedio, dentro del año, de la biomasa del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, por grupos de edad.

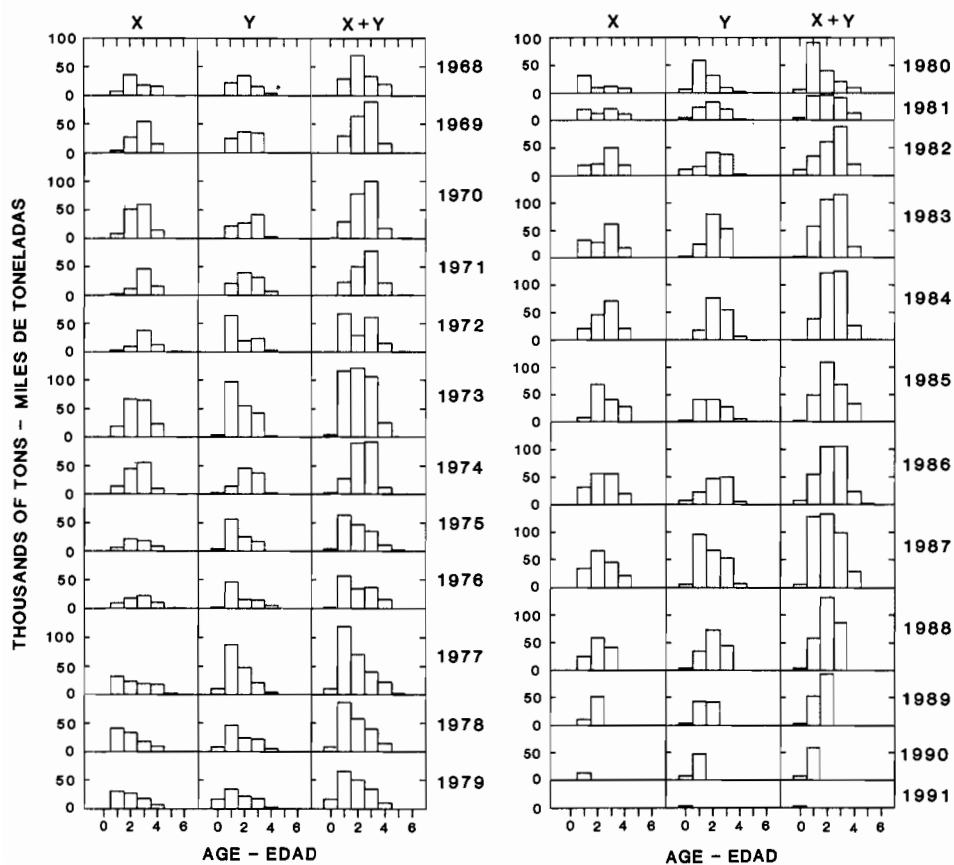


FIGURE 49. Estimated catches of yellowfin of the 1967 through 1990 cohorts at ages 0 through 6+, by X and Y groups.

FIGURA 49. Capturas estimadas de aleta amarilla de las cohortes de 1967 a 1990 de 0 a 6+ años de edad, por grupos X e Y.

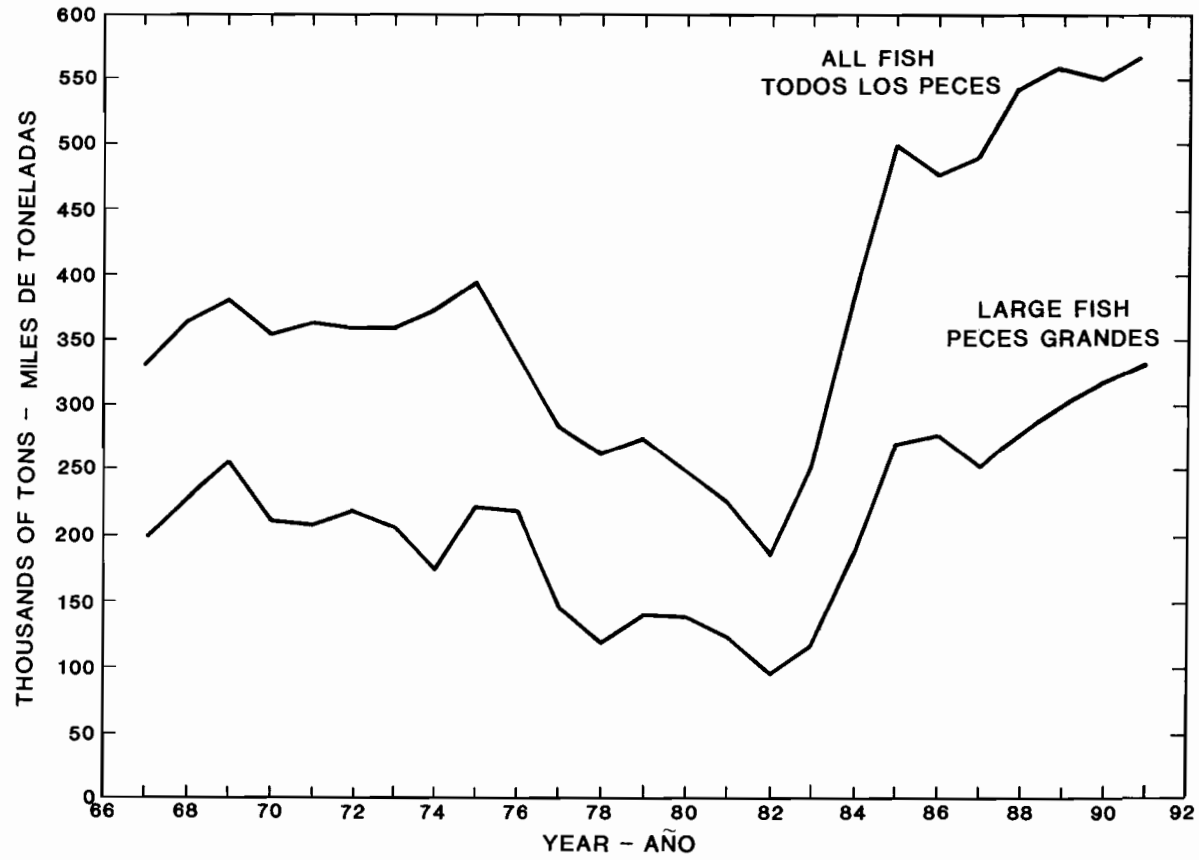


FIGURE 50. Average biomass estimates of yellowfin in the eastern Pacific Ocean for all fish and for larger fish only.

FIGURA 50. Estimaciones de la biomasa media del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental correspondientes a todos los peces y a los peces mayores solamente.

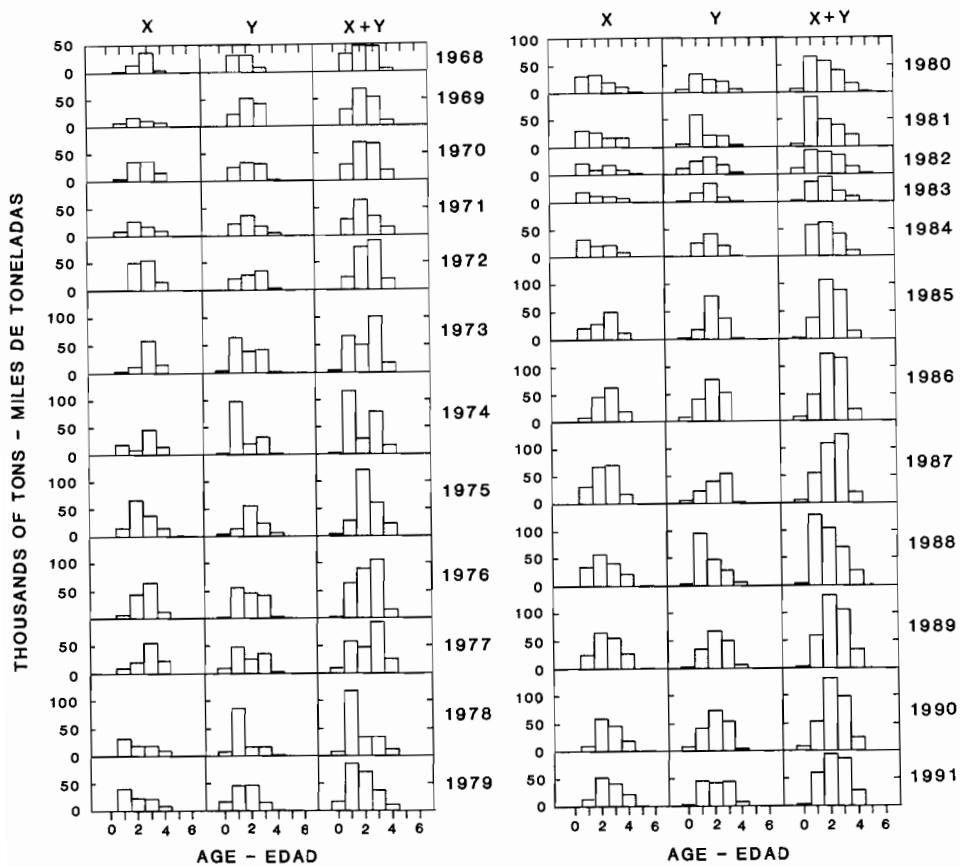


FIGURE 51. Estimated catches of yellowfin of ages 0 through 6+ during 1967 through 1990, by X and Y groups.

FIGURA 51. Capturas estimadas de aleta amarilla de 0 a 6+ años de edad entre 1967 y 1990, por grupos X e Y.

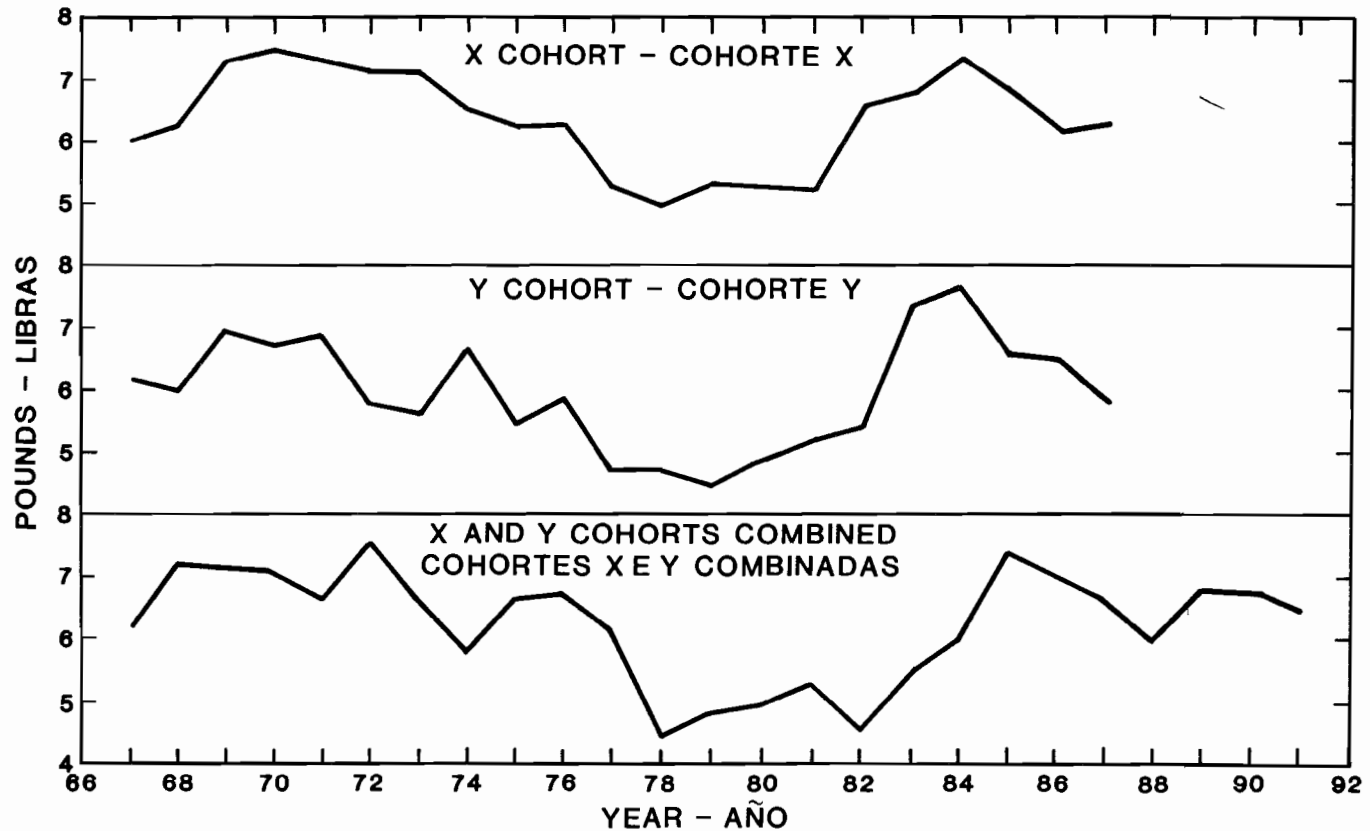


FIGURE 52. Yields per recruit of yellowfin. The top and middle panels contain data for the 1967 through 1986 cohorts caught during different years (equivalent to Figure 49), whereas the bottom panel contains data for fish of different cohorts caught during 1967 through 1990 (equivalent to Figure 51).

FIGURA 52. Rendimientos por recluta del aleta amarilla. Los datos en los dos recuadros superiores corresponden a las cohortes de 1967 a 1986 capturadas en distintos años (equivalente a la Figura 49), mientras que los datos en el recuadro inferior corresponden a peces de distintas cohortes capturados entre 1967 y 1990 (equivalente a la Figura 51).

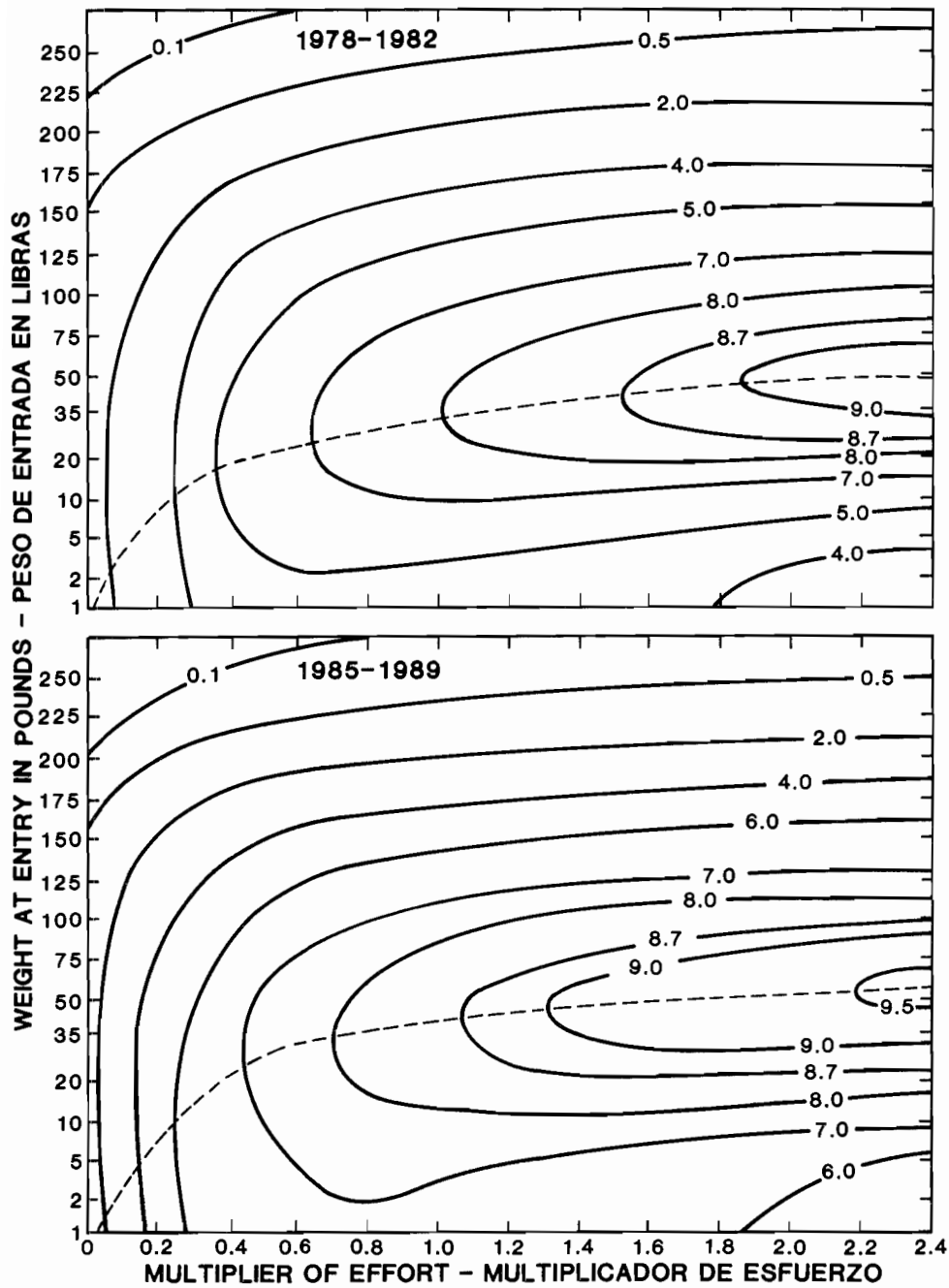


FIGURE 53. Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

FIGURA 53. Relación entre talla de ingreso, esfuerzo de pesca, y rendimiento por recluta del aleta amarilla, correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca por edad específica.

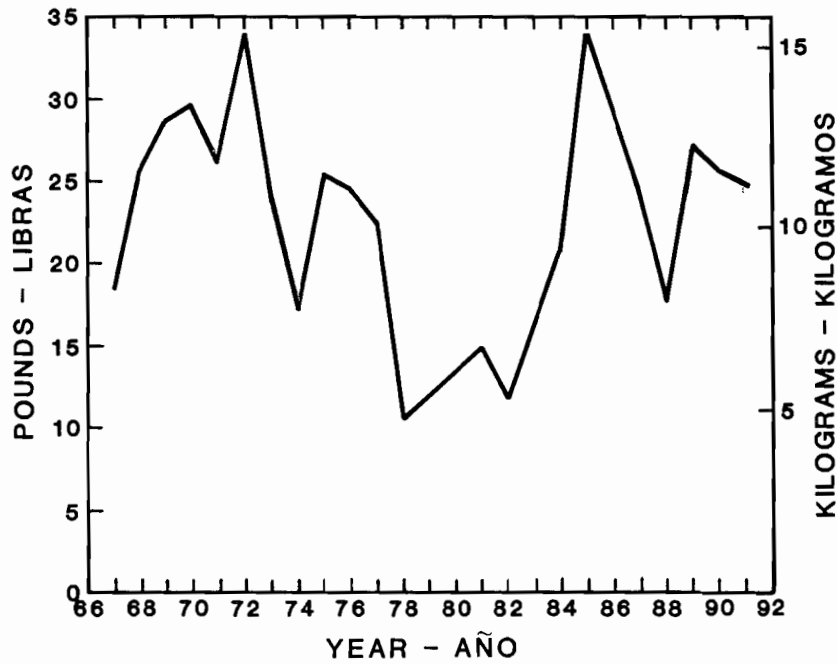


FIGURE 54. Average weights of yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 54. Peso promedio de aletas amarillas capturados en el Océano Pacífico oriental.

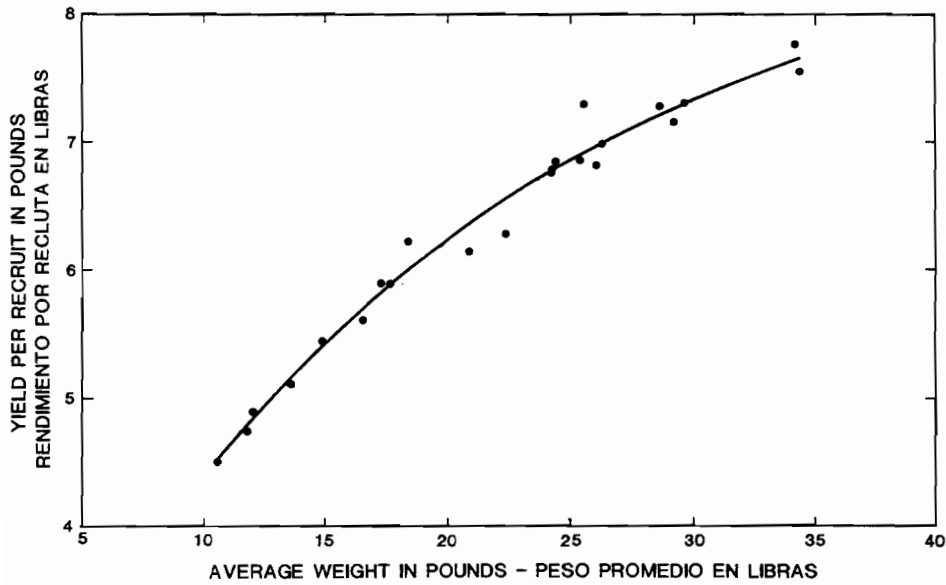


FIGURE 55. Relationship between yield per recruit and average weight at capture for yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 55. Relación entre el rendimiento por recluta y el peso medio de captura del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.

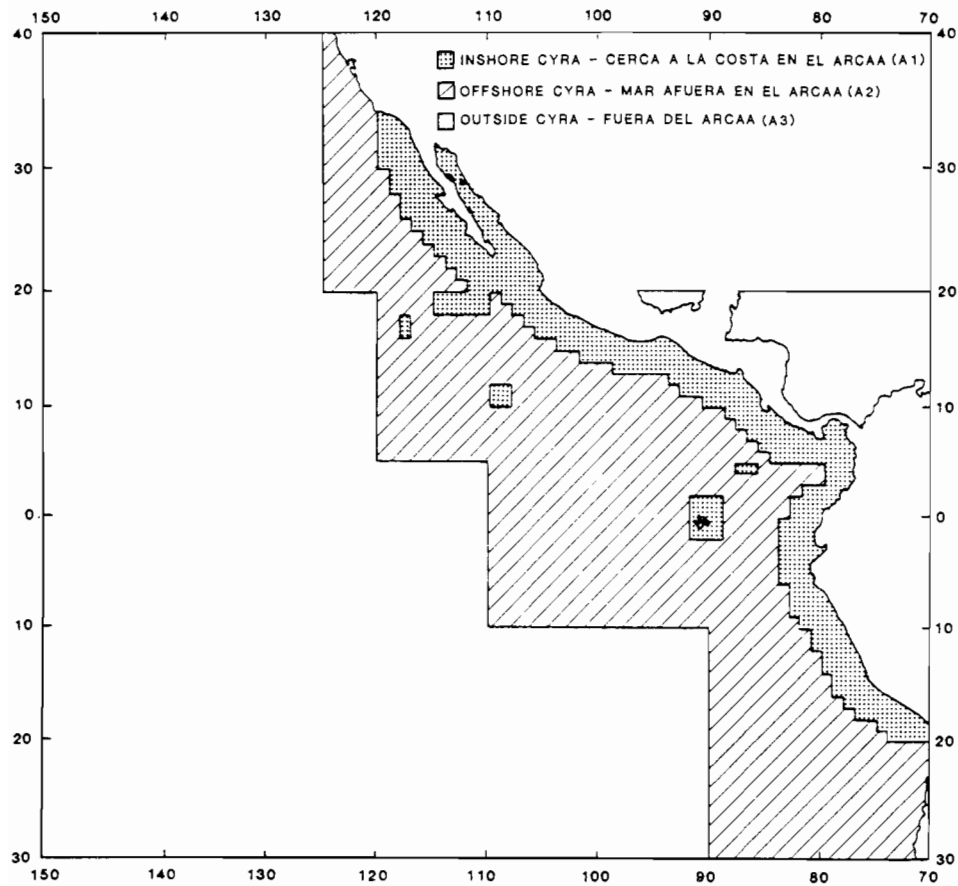


FIGURE 56. The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

FIGURA 56. El Océano Pacífico oriental. Se indican las zonas históricas de pesca de aleta amarilla (A1), las zonas de pesca más recientes en el ARCAA (A2), y la zona fuera del ARCAA (exterior) (A3).

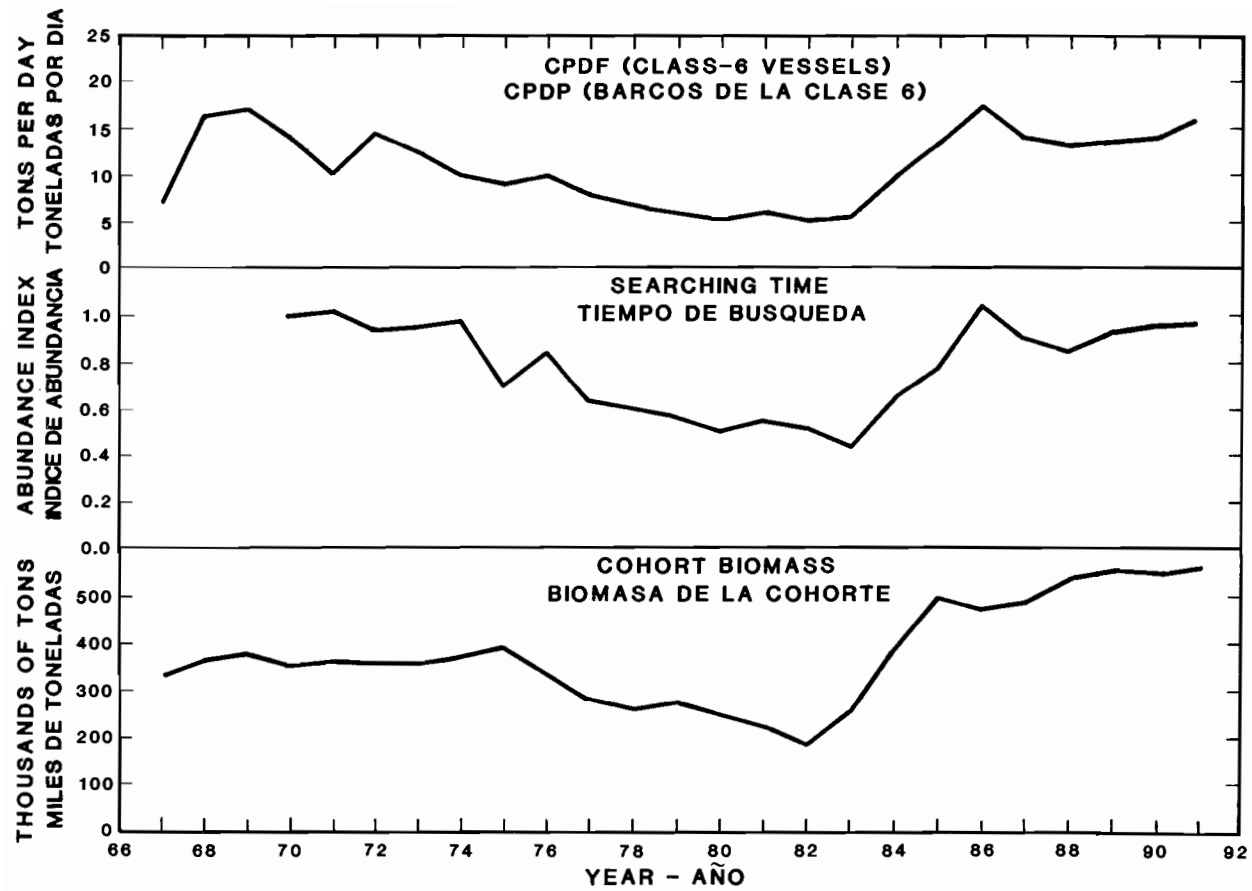


FIGURE 57. Three indices of abundance of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.
 FIGURA 57. Tres índices de la abundancia del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.

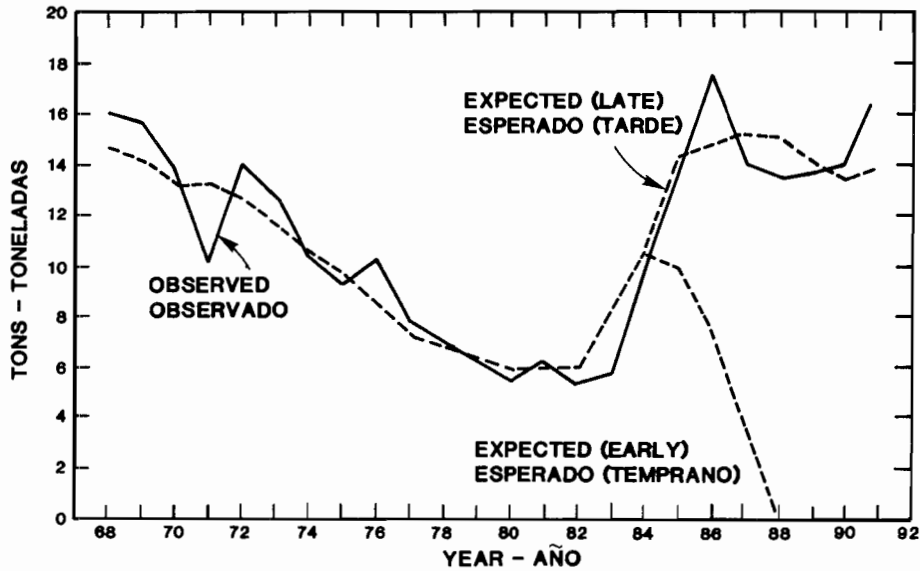
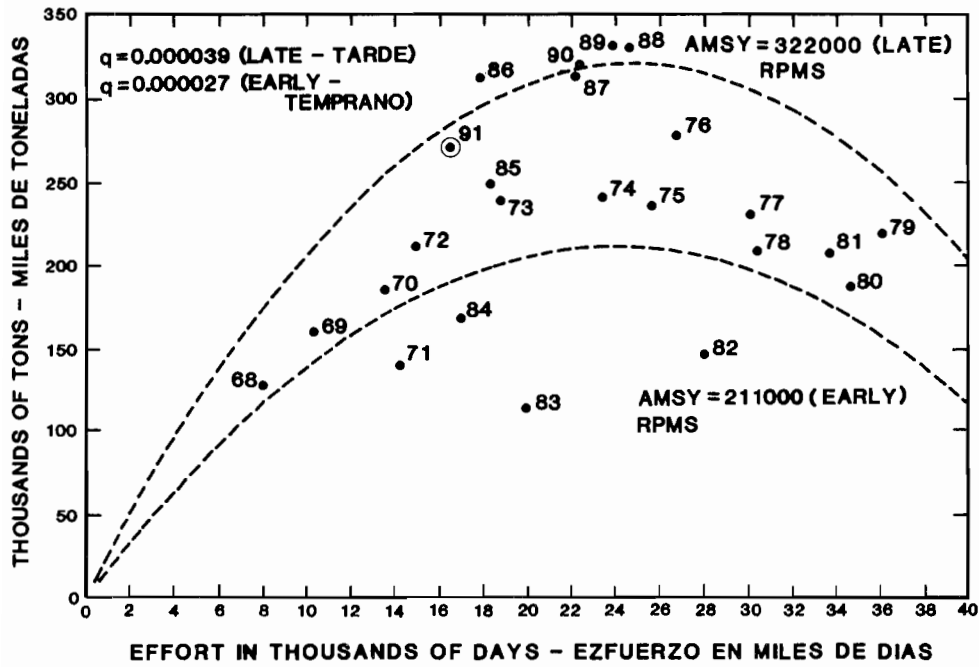


FIGURE 58. Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1990, for the logistic (symmetrical) model with m set at 2.0 (upper panel), and observed and predicted values of the CPDF (lower panel).

FIGURA 58. Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1990, según el modelo logístico (simétrico) con m fijado en 2.0 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).

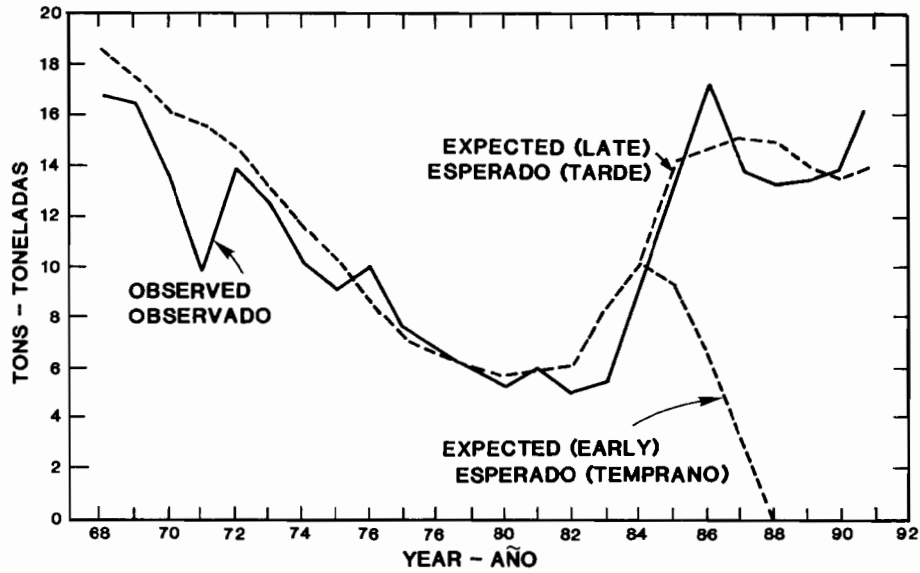
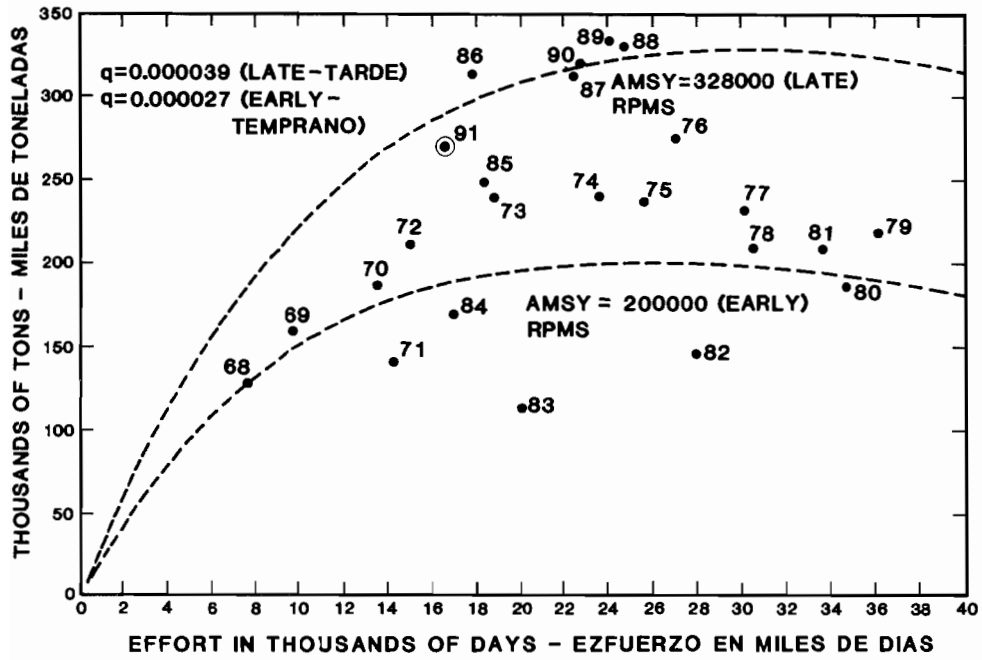


FIGURE 59. Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1990, for the generalized stock production (asymmetrical) model with m set at 0.8 (upper panel), and observed and predicted values of CPDF (lower panel).

FIGURA 59. Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1990, según el modelo generalizado de producción de stock (asimétrico) con m fijado en 0.8 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).

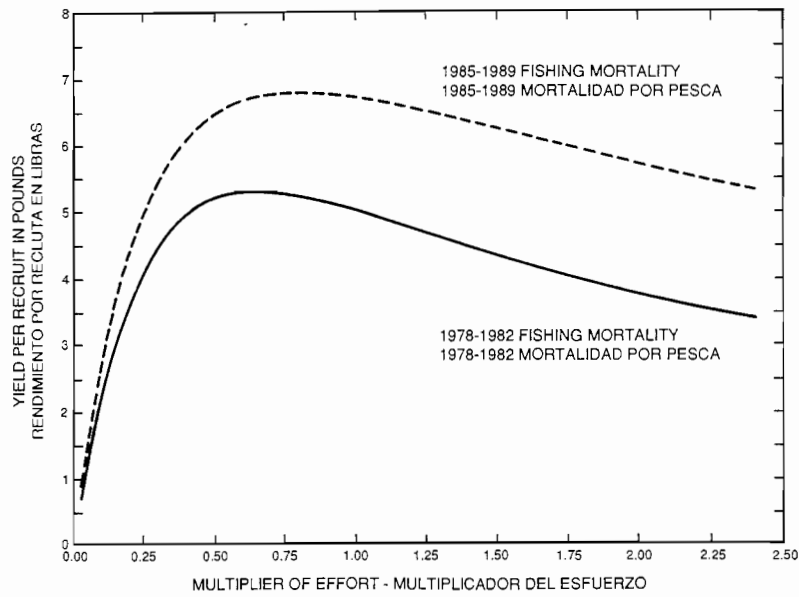


FIGURE 60. Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1978-1982 and 1985-1989.

FIGURA 60. Rendimientos por recluta correspondientes a las tasas de mortalidad por edad específica de 1978-1982 y 1985-1989.

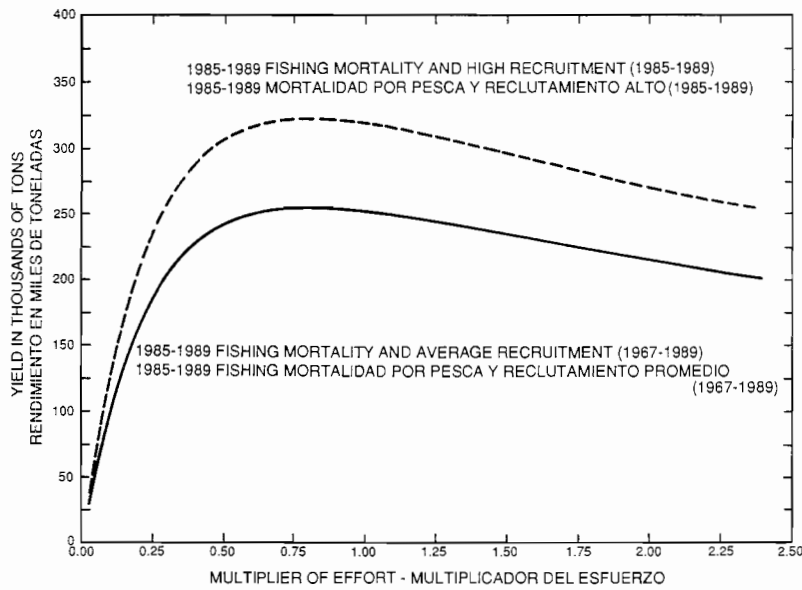


FIGURE 61. Yields for high and average recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1985-1989.

FIGURA 61. Rendimientos correspondientes a reclutamientos elevados y medios, y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella del período 1985-1989.

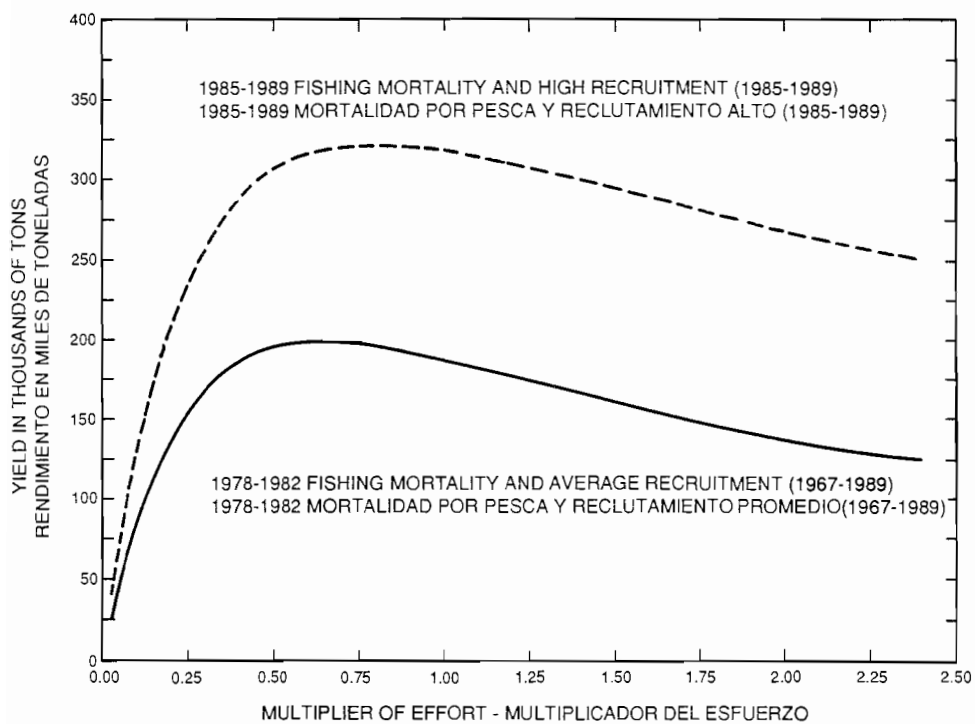


FIGURE 62. Yields for average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1985-1989.

FIGURA 62. Rendimientos correspondientes al reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella de 1978-1982, y al reclutamiento elevado y mortalidad por edad específica similar a aquella de 1985-1989.

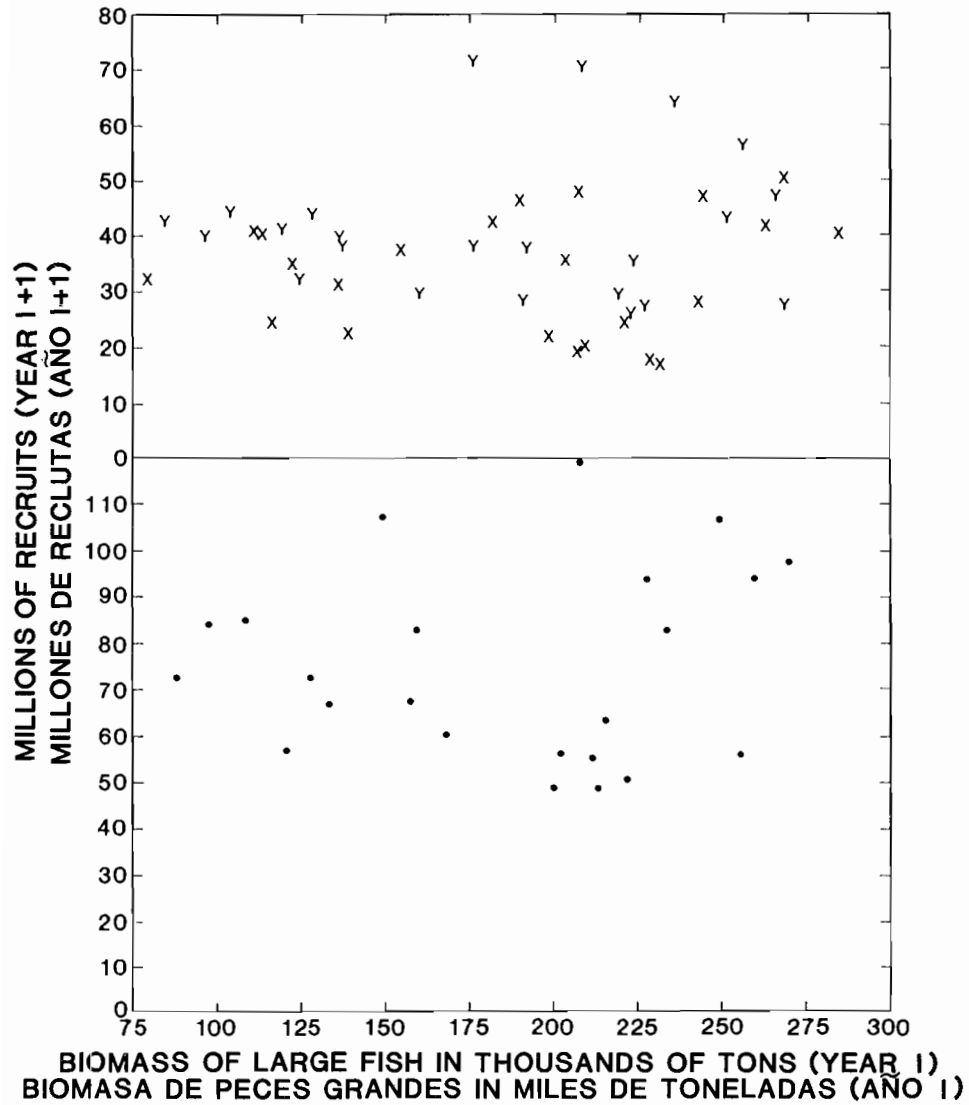


FIGURE 63. Relationships between stock and recruitment for yellowfin in the eastern Pacific Ocean for 1967 through 1989. The value for biomass for each dot in the lower panel is the average of an X value and a Y value in the upper panel.

FIGURA 63. Relación entre stock y reclutamiento correspondientes al aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental entre 1967 y 1989. El valor de biomasa para cada punto en el recuadro inferior es el promedio de un valor de X y uno de Y en el recuadro superior.

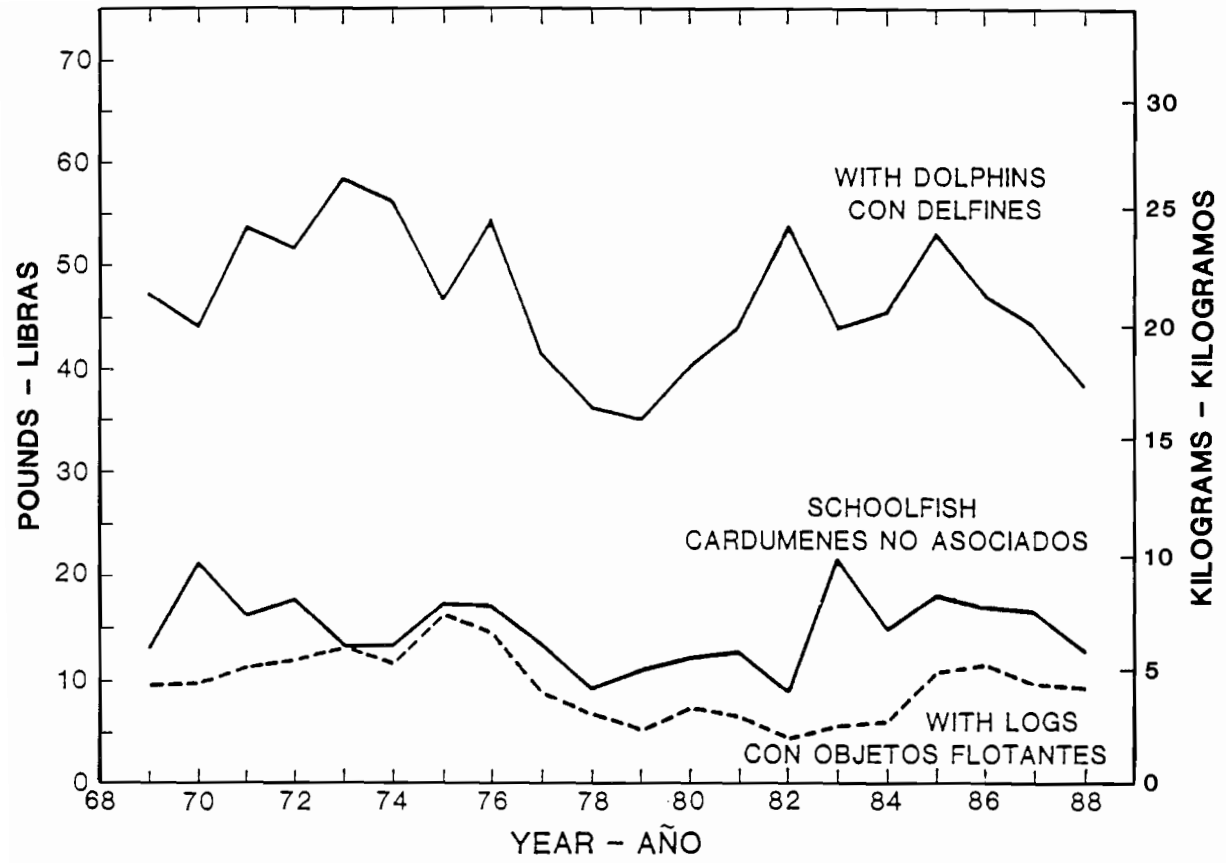


FIGURE 64. Average weights of dolphin-associated fish, log-associated fish, and “schoolfish” (fish associated only with other fish).
FIGURA 64. Peso promedio de peces asociados con delfines, con objetos flotantes, y no asociados (asociados solamente con otros peces).

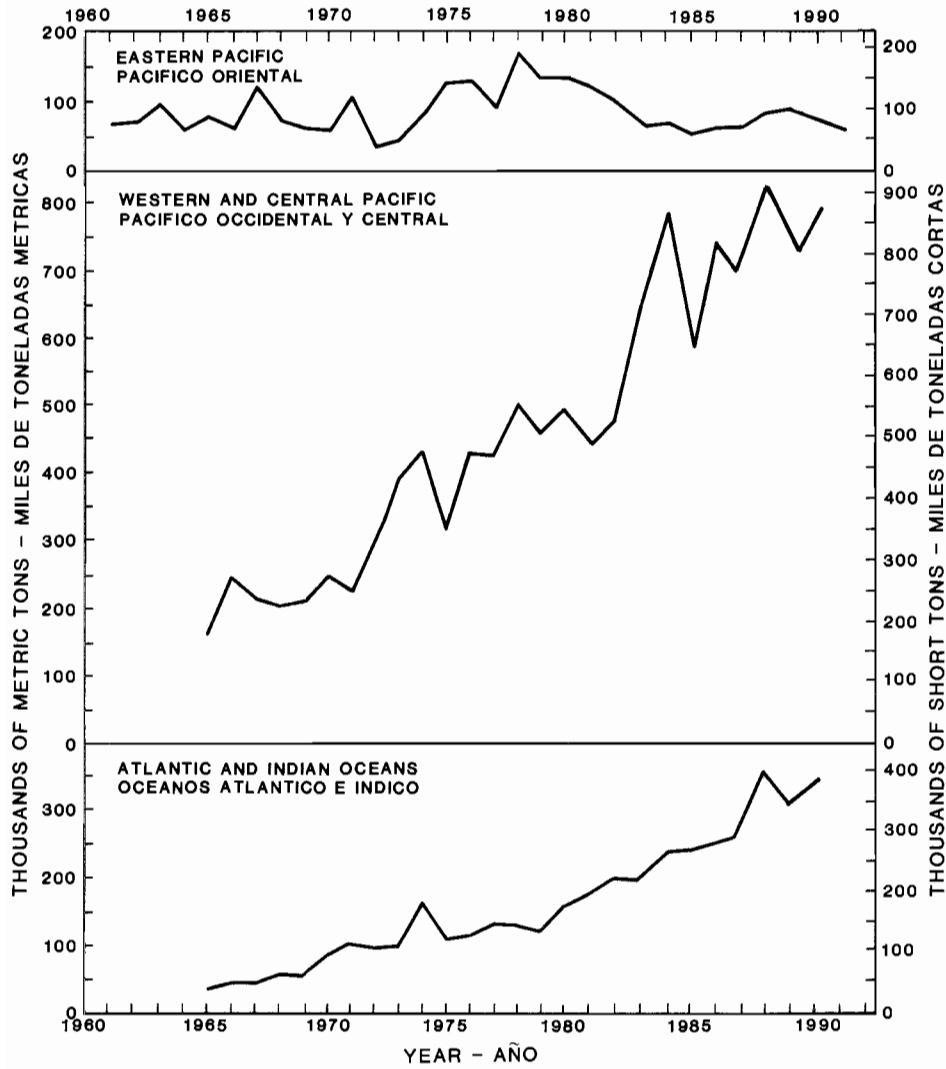


FIGURE 65. Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, and Atlantic and Indian Oceans.

FIGURA 65. Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, central y occidental, y en los Océanos Atlántico e Índico.

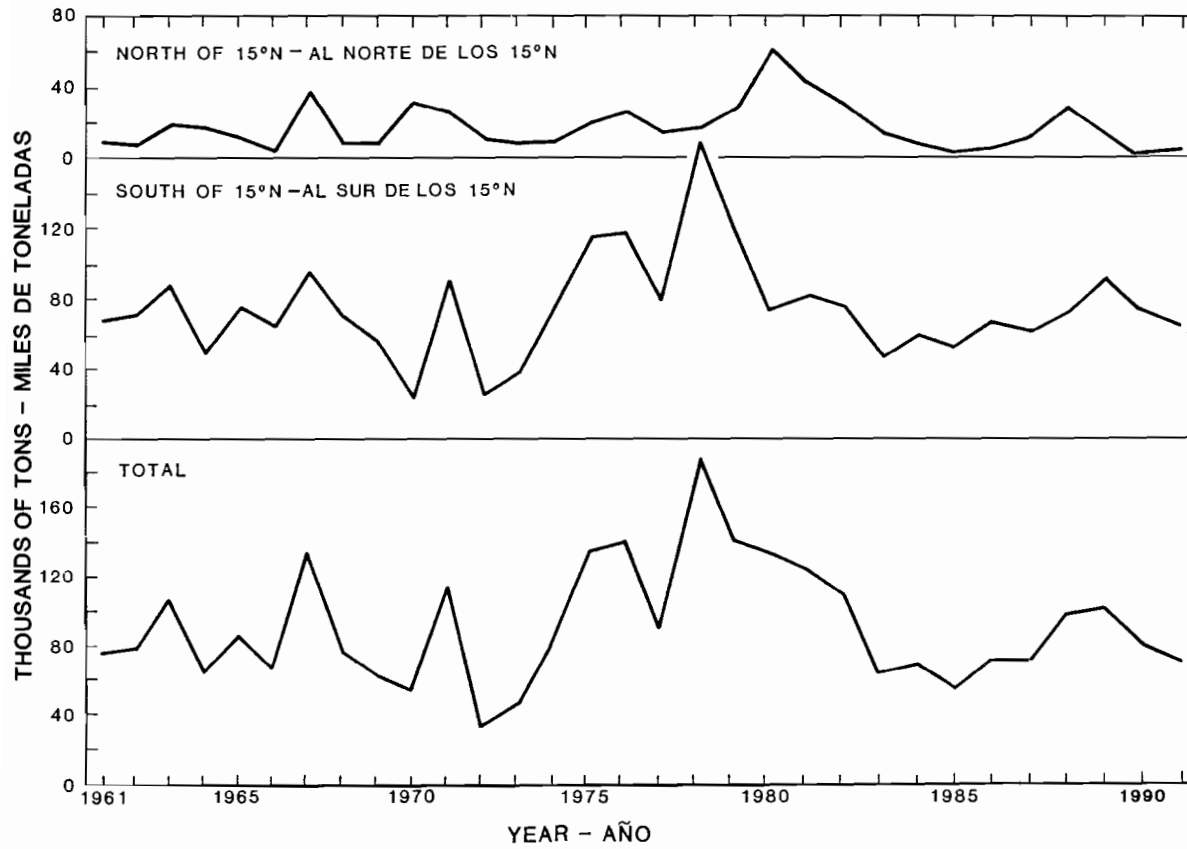


FIGURE 66. Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean north and south of 15°N.
FIGURA 66. Capturas estimadas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, al norte y sur de 15°N.

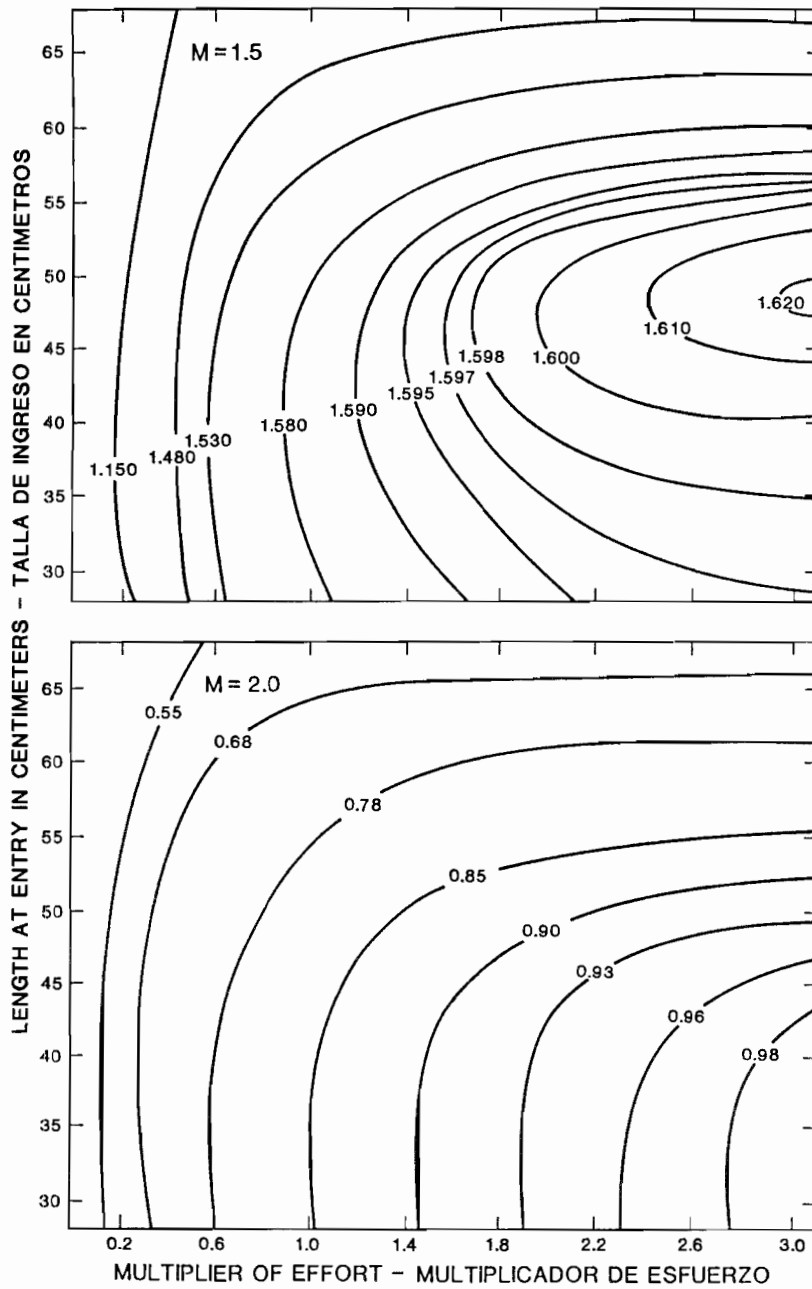


FIGURE 67. Yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and length at entry into the fishery.

FIGURA 67. Rendimientos por recluta del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y talla de ingreso a la pesquería.

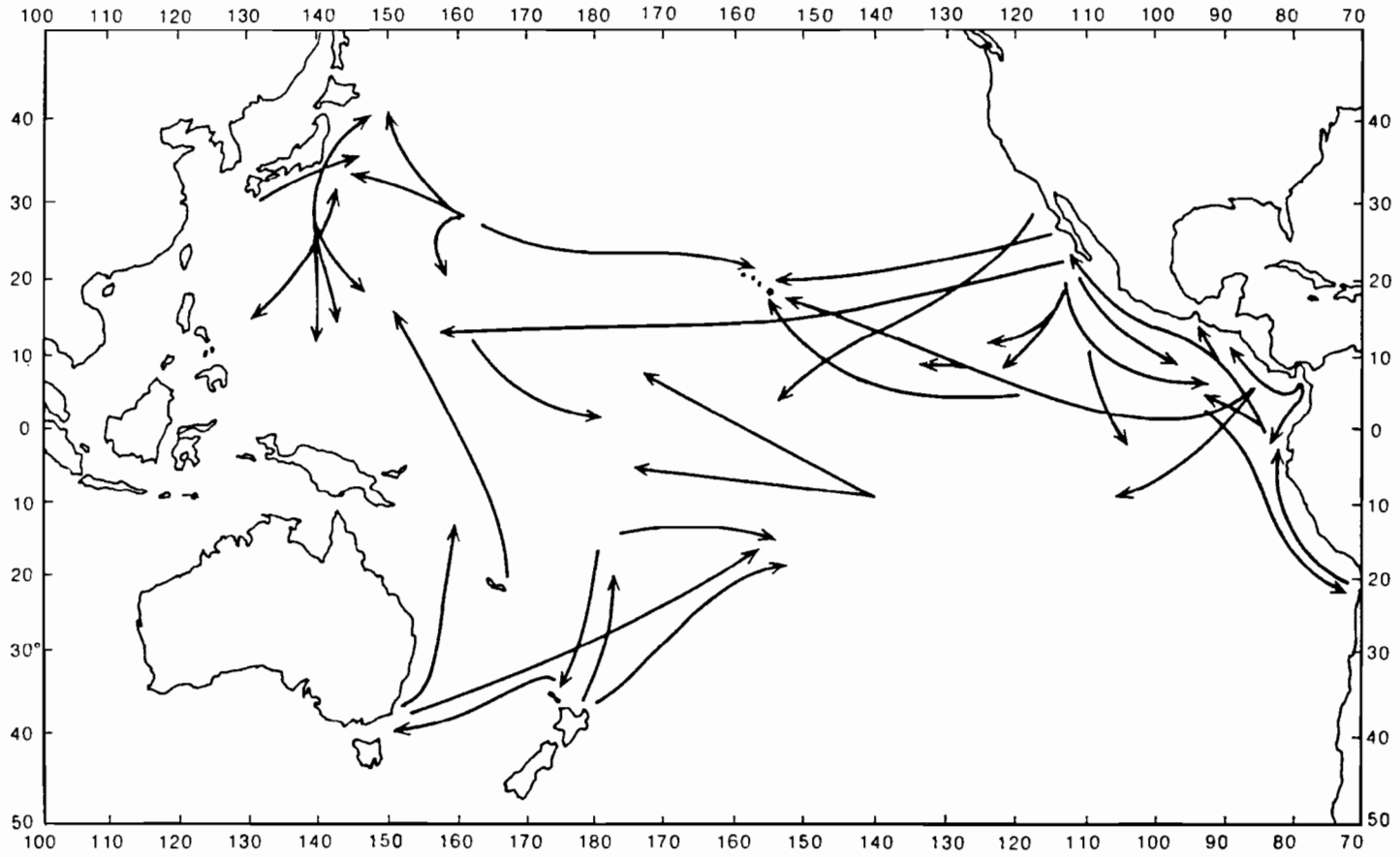


FIGURE 68. Some long-distance movements which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

FIGURA 68. Algunas migraciones a larga distancia de barriletes marcados en el Océano Pacífico.

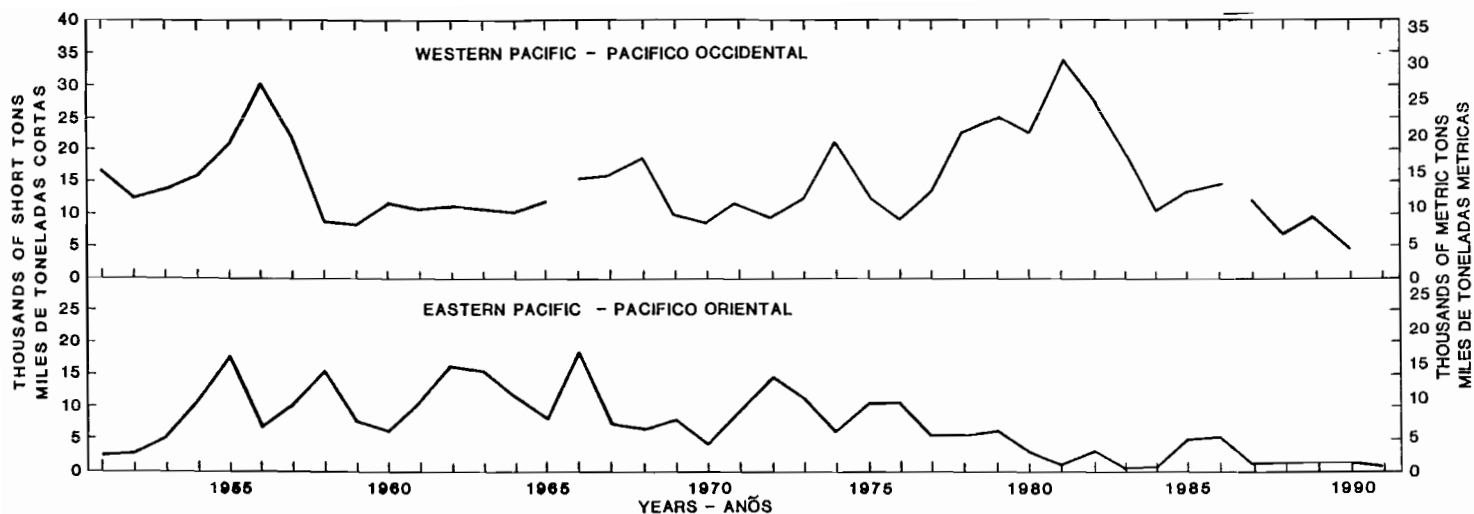


FIGURE 69. Annual catches of bluefin in the Pacific Ocean. The data in the top panel are from unpublished files of the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan. The 1951-1965 and 1987-1990 data include only large fish (greater than about 15 kg or 33 pounds). The 1966-1986 data include both small and large fish. The data for the small fish were estimated from the catches of *meji* (small bluefin, bigeye, and yellowfin) by a proration process based on the catches of large bluefin, bigeye, and yellowfin. The data in the bottom panel are from Table 1.

FIGURA 69. Capturas anuales de atún aleta azul en el Océano Pacífico. Los datos en el recuadro superior provienen de archivos inéditos del National Research Institute of Far Seas Fisheries del Japón. Los datos de 1951-1965 y 1987-1990 incluyen solamente peces grandes (de peso superior a unos 15 kg/33 libras). Los datos de 1966-1986 incluyen también peces pequeños. Se estimaron los datos de los peces pequeños a partir de las capturas de *meji* (patudos y aletas amarillas y azules pequeños) mediante un procedimiento de prorrateo basado en las capturas de ejemplares grandes de estas especies. Se tomaron los datos en el recuadro inferior de la Tabla 1.

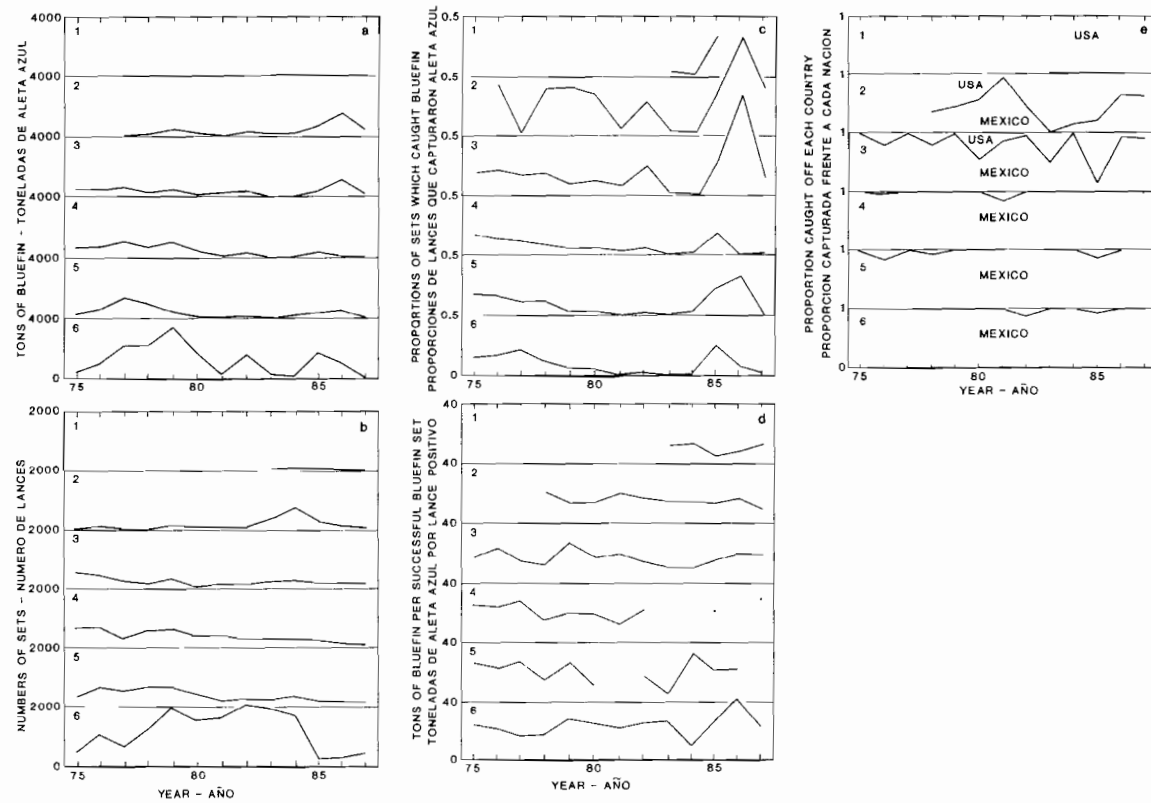


FIGURE 70. Trends in (a) tons of bluefin caught in bluefin area-time strata, (b) numbers of purse-seine sets in those strata, (c) proportions of those sets which caught bluefin, (d) tons of bluefin caught per successful bluefin set, and (e) percentages of bluefin caught off Mexico and the United States. The numbers in the upper left corners of the panels indicate the vessel size classes.

FIGURA 70. Tendencias en (a) el tonelaje de aleta azul capturado en estratos de zona-tiempo de aleta azul; (b) el número de lances cerqueros en dichos estratos; (c) la proporción de aquellos lances que capturó aleta azul; (d) el tonelaje de aleta azul capturado por lance positivo sobre aleta azul; y (e) el porcentaje de aleta azul capturado frente a México y los Estados Unidos. Las cifras en la esquina superior izquierda de los recuadros representan las clases de arqueo de los barcos.

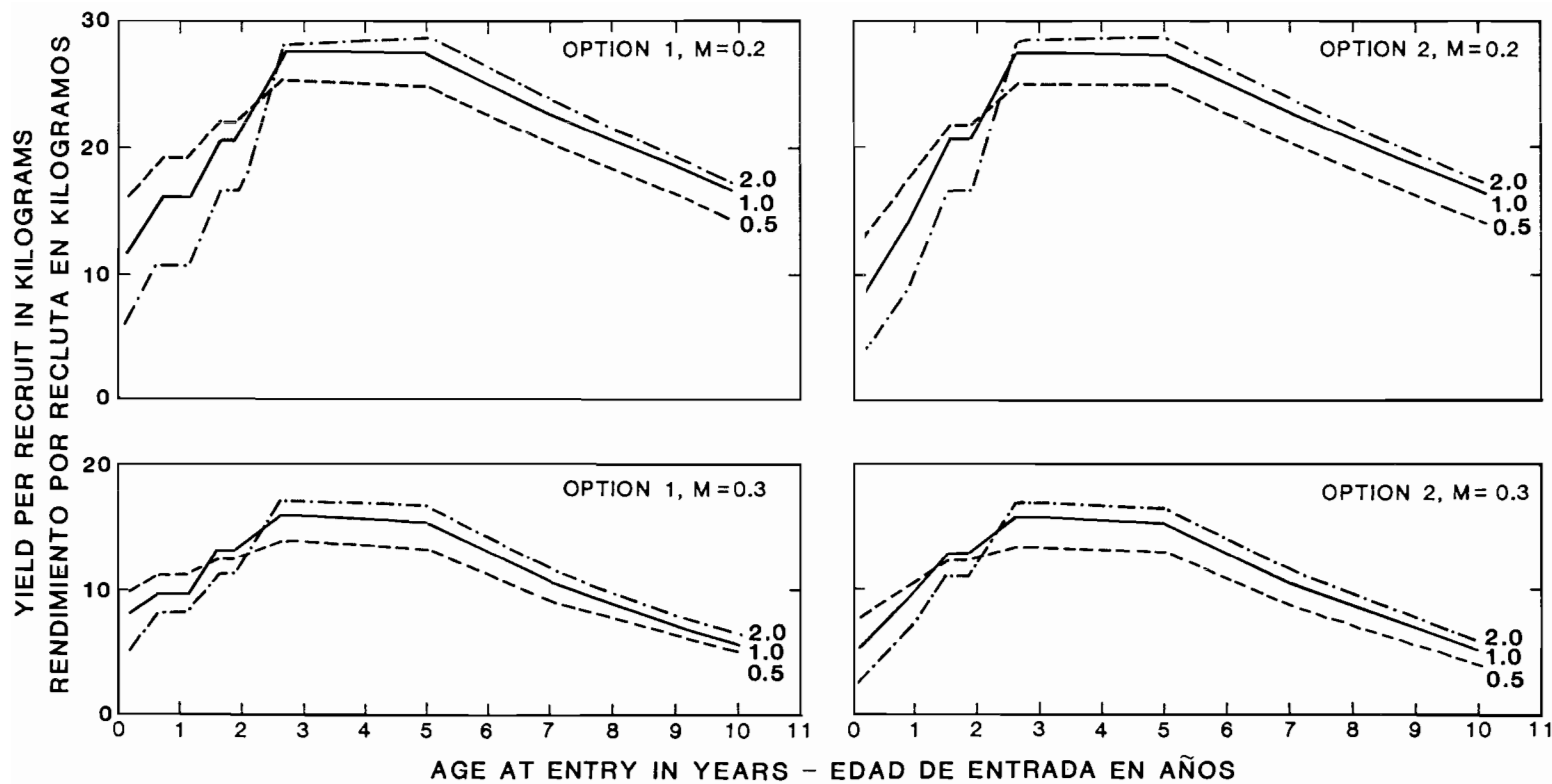


FIGURE 71. Yield-per-recruit curves for northern bluefin, based on the data in Table 29. The values, 0.5, 1.0, and 2.0, represent multipliers of the vectors of fishing mortality shown in Table 29. The horizontal portions of the curves are caused by the lack of fishing effort during these periods.

FIGURA 71. Curvas de rendimiento por recluta correspondientes al aleta azul del norte, basadas en los datos de la Tabla 29. Los valores de 0.5, 1.0, y 2.0 representan multiplicadores de los vectores de mortalidad por pesca presentados en la Tabla 29. Las porciones horizontales de las curvas resultan de la falta de esfuerzo de pesca en esos períodos.

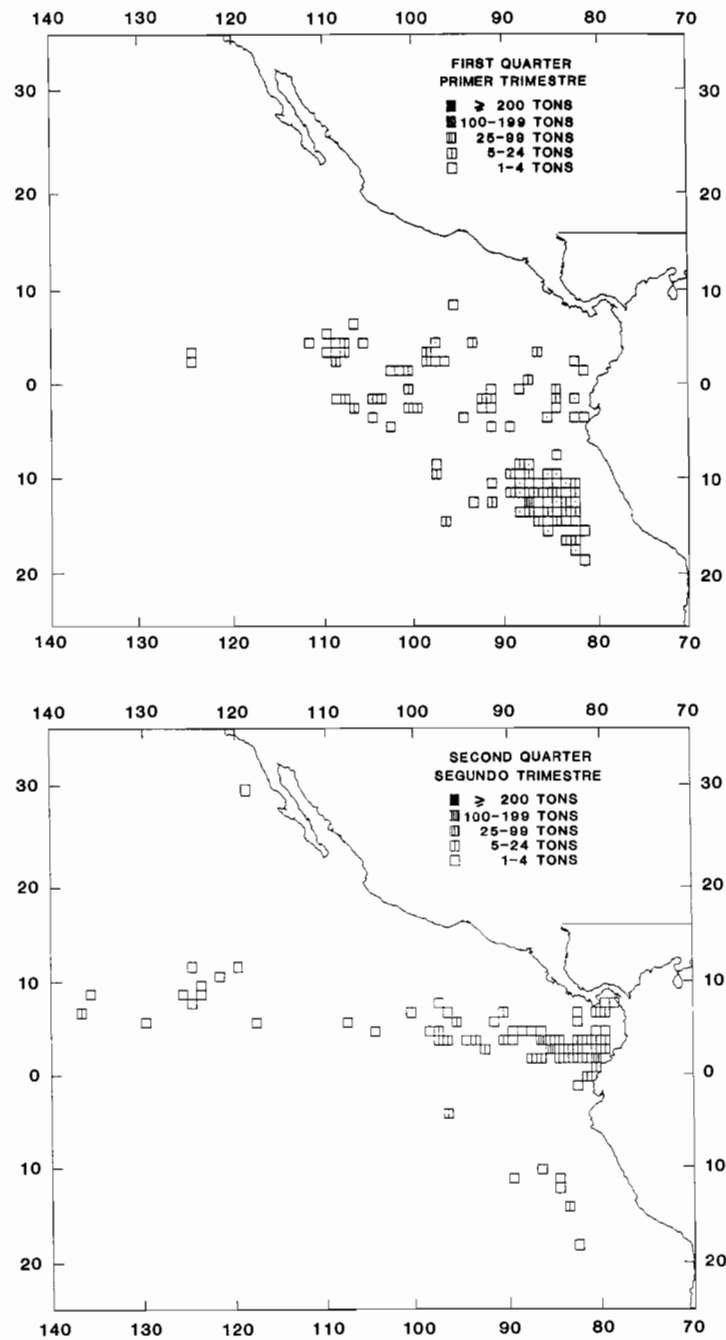


FIGURE 72. Quarterly distributions of average catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean for the 1981-1987 period.

FIGURA 72. Distribución trimestral de las capturas medias de patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental durante 1981-1987.

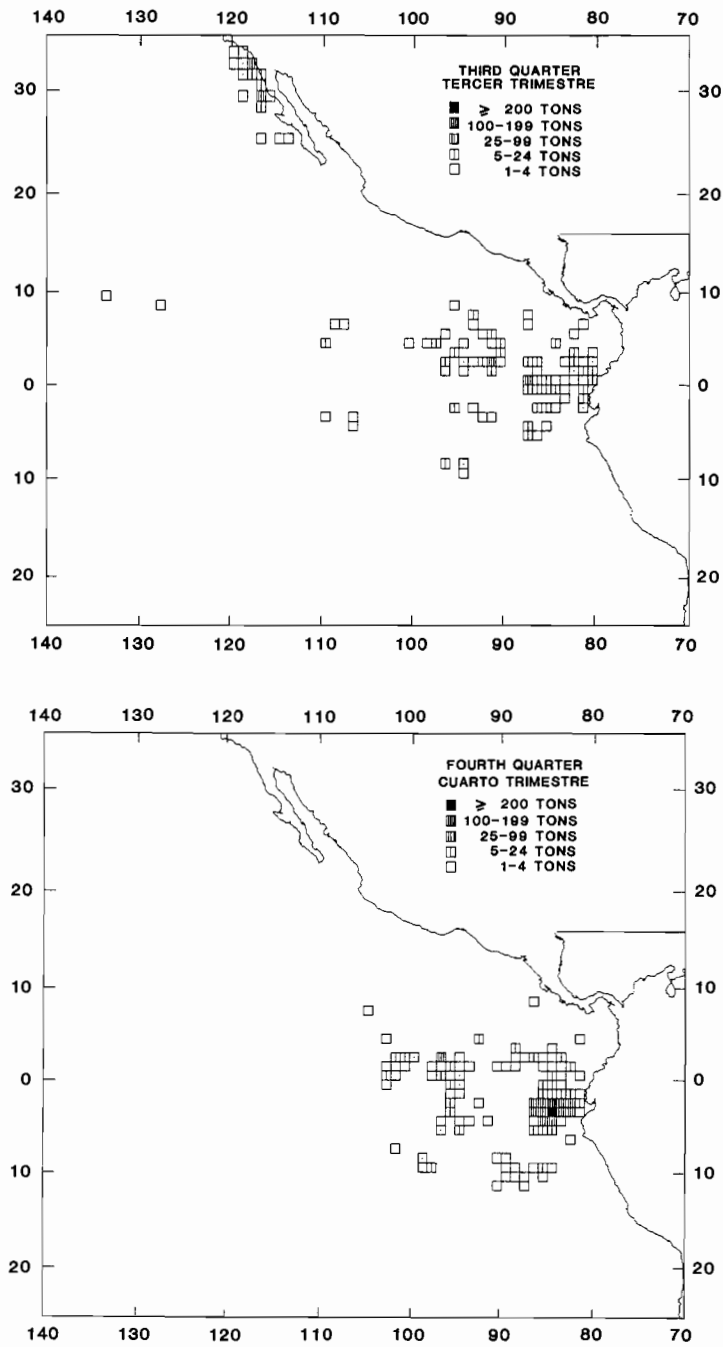


FIGURE 72. (continued)
FIGURA 72. (continuación)

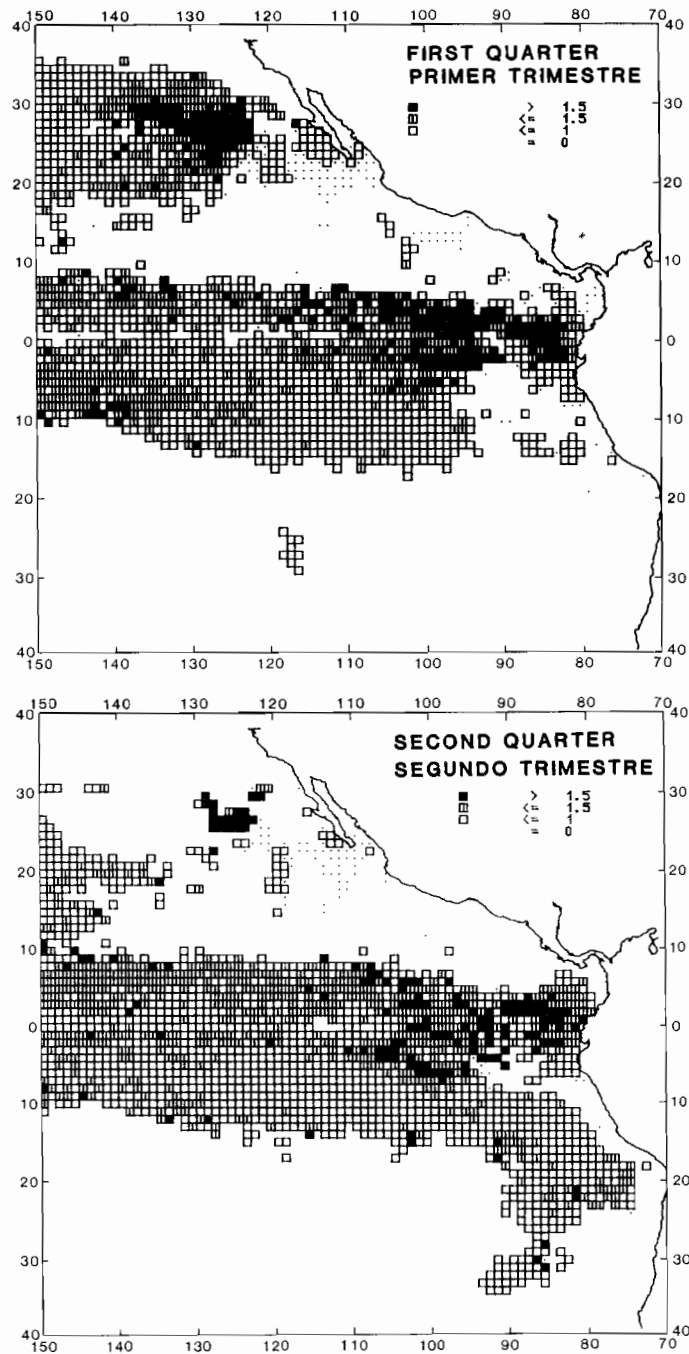


FIGURE 73. Quarterly distributions of the average hook rates (numbers of fish per 100 hooks) of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific for the 1981-1987 period.

FIGURA 73. Distribución trimestral de las tasas medias de captura (número de peces por 100 anzuelos) de patudo por barcos palangreros en el Pacífico oriental en el período de 1981-1987.

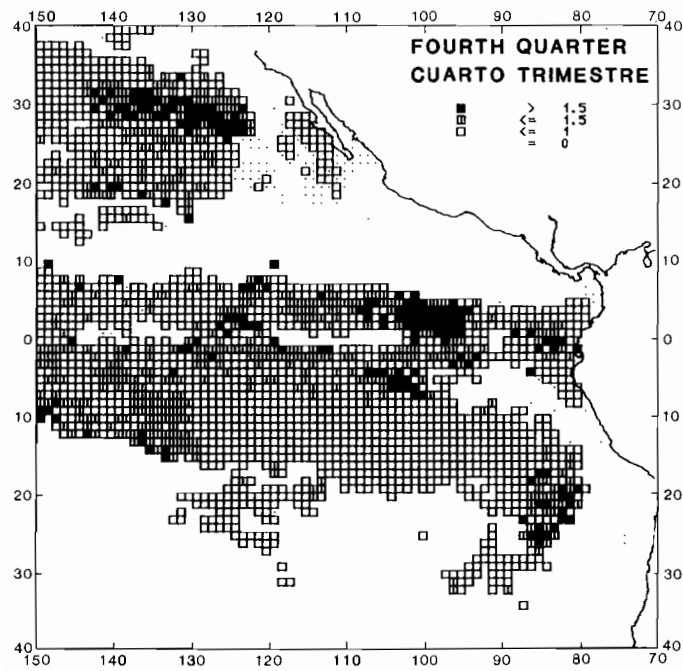
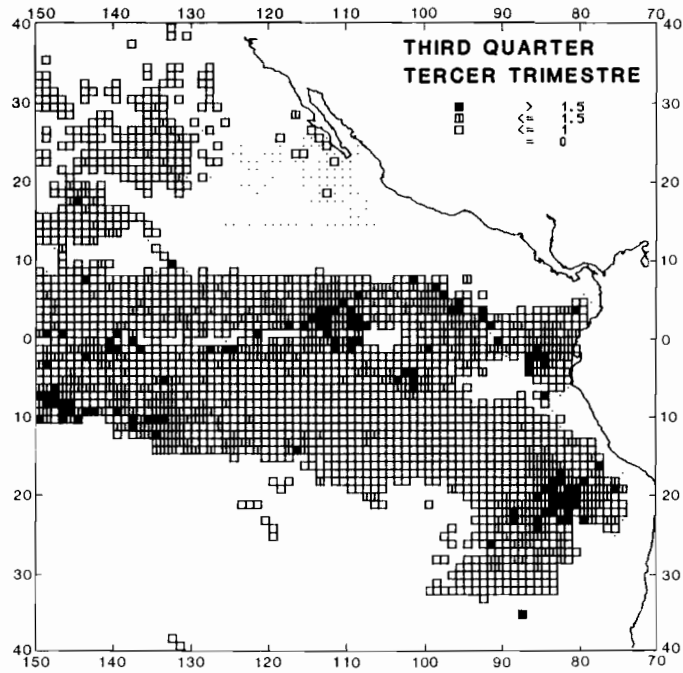


FIGURE 73. (continued)
FIGURA 73. (continuación)

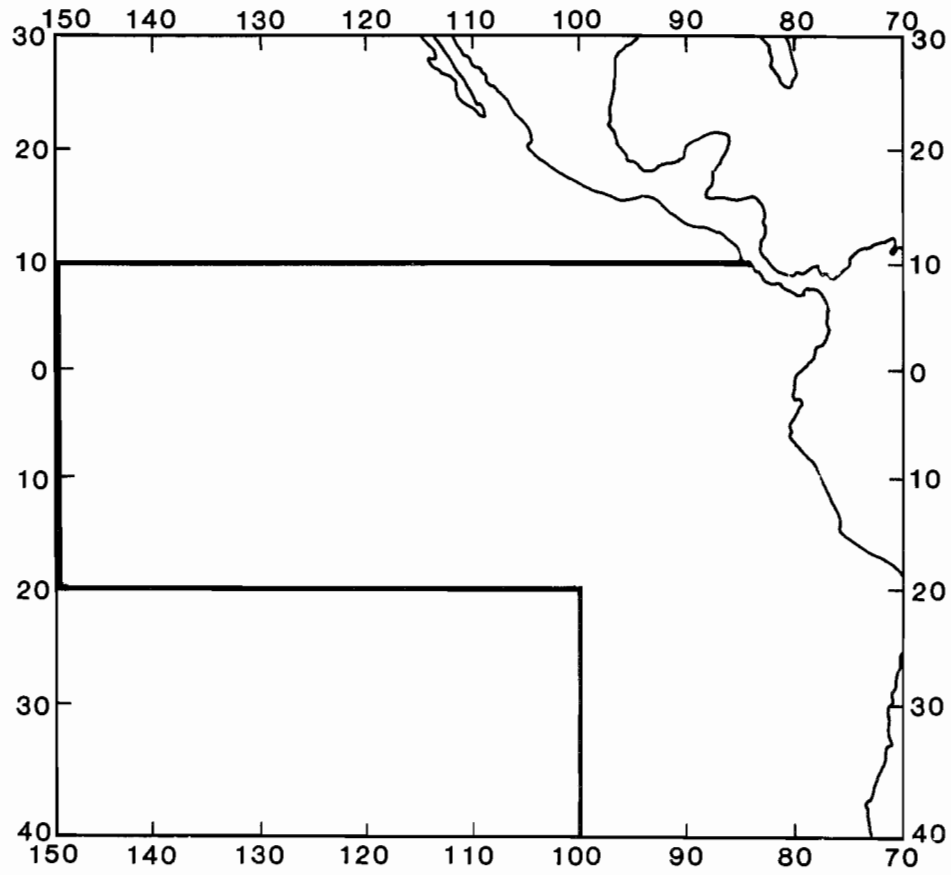


FIGURE 74. Area from which the data used for Figures 75 and 77 were collected.

FIGURA 74. Area en la que se tomaron los datos usados en las Figuras 75 y 77.

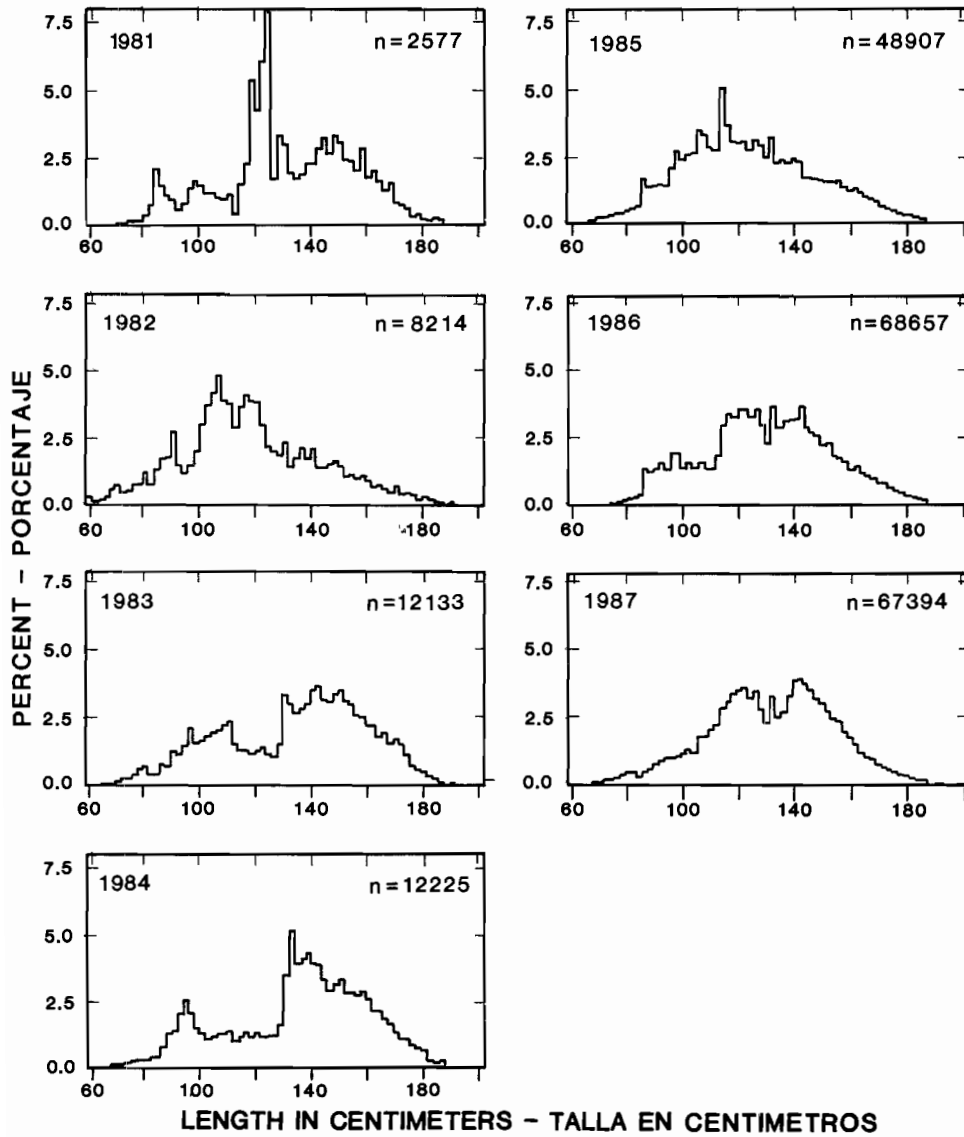


FIGURE 75. Annual length-frequency distributions of bigeye caught by longliners in the area delineated in Figure 74 during 1981-1987.

FIGURA 75. Distribuciones anuales de frecuencia de talla del patudo capturado con palangre durante 1981-1987 en el área delineada en la Figura 74.

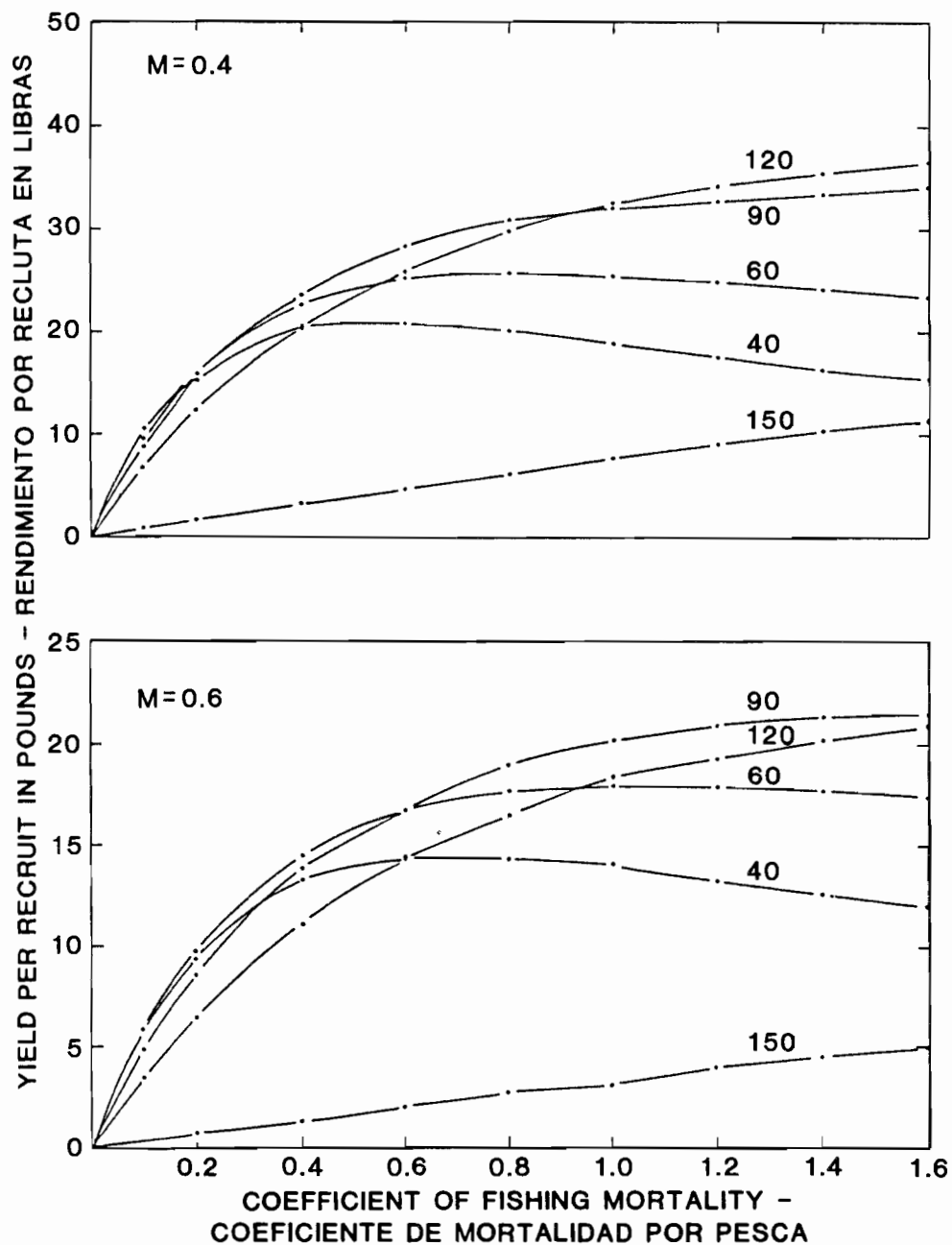


FIGURE 76. Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing mortality and lengths at entry for annual natural mortality rates of 0.4 and 0.6.

FIGURA 76. Estimación del rendimiento por recluta del patudo con distintas combinaciones de mortalidad por pesca y talla de ingreso correspondientes a tasas anuales de mortalidad natural de 0.4 y 0.6.

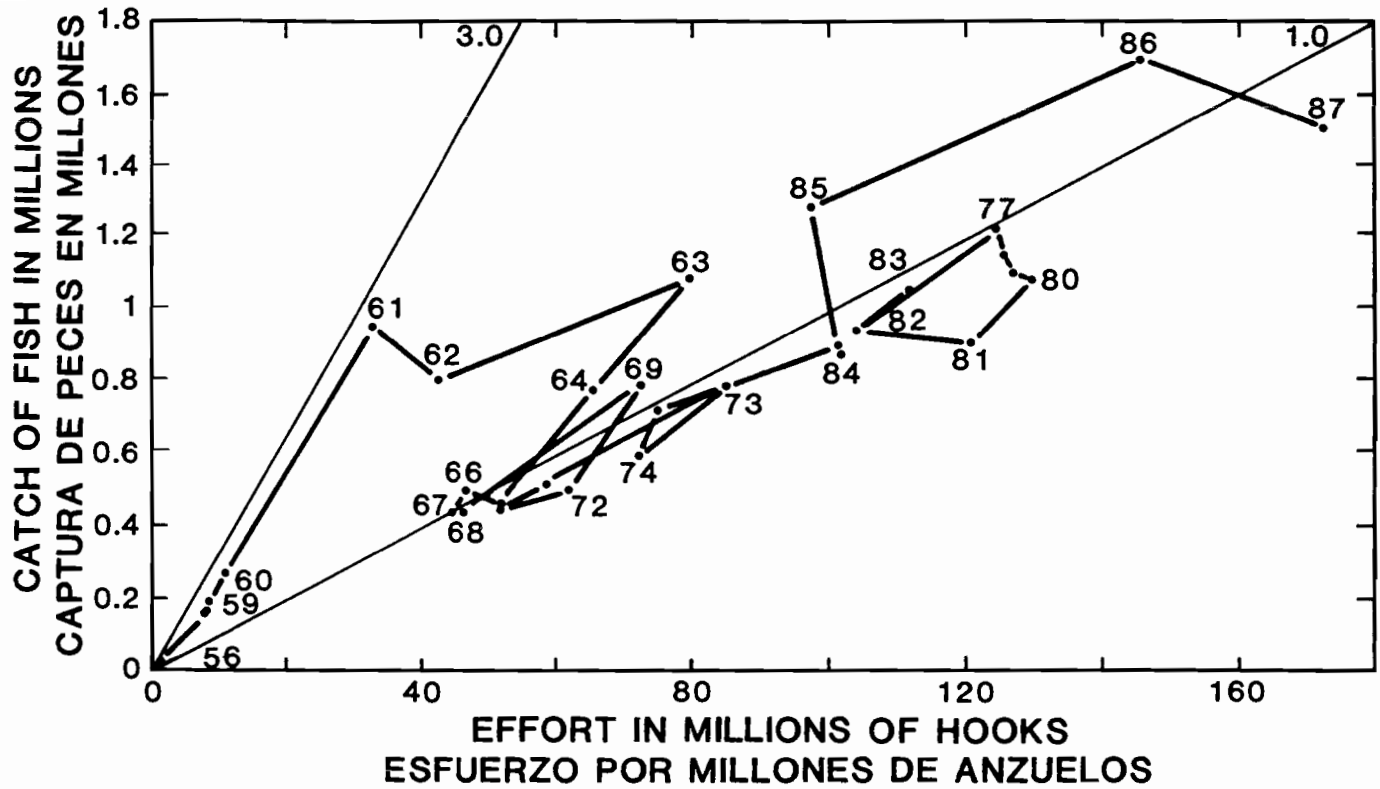


FIGURE 77. Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 74 for the 1954-1987 period. The fine lines denote CPUEs in numbers of fish per 100 hooks.

FIGURA 77. Relación entre el esfuerzo y la captura palangrera estimada de patudo en el área delineada en la Figura 74 durante el período de 1954-1987. Las líneas finas denotan la CPUE en número de peces por 100 anzuelos.

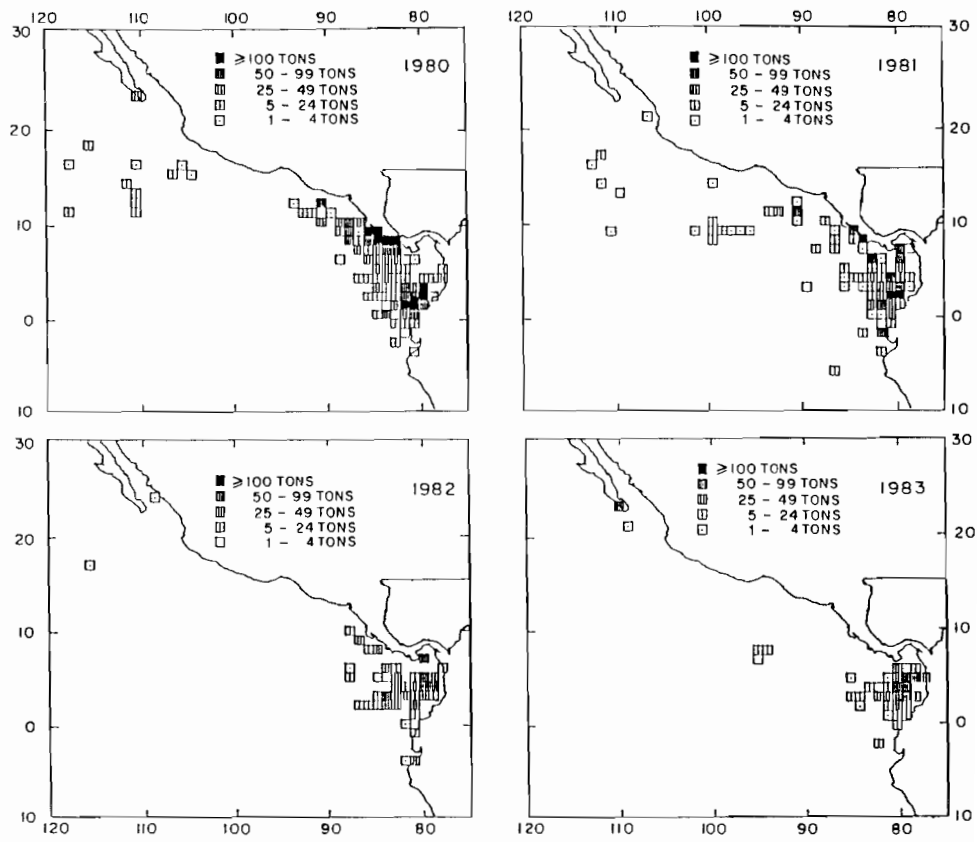


FIGURE 78. Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980-1983.

FIGURA 78. Capturas cerqueras de barrilete negro registradas en el Océano Pacífico oriental en 1980-1983.

TABLE 1. Estimated catches, in short tons, by the eastern Pacific tuna fleet. The abbreviations used in the table are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; BET, bigeye; BFT, bluefin; BEP, bonito; ALB, albacore; BKJ, black skipjack; MISC, other species including sharks, other tunas, and miscellaneous fishes; CYRA, Commission's Yellowfin Regulatory Area; outside, area between the CYRA and 150°W. The 1991 data are preliminary. Additional information concerning this table is given in the text.

TABLA 1. Capturas estimadas, en toneladas cortas, logradas por la flota atunera del Pacífico oriental. En la tabla se usan las siguientes abreviaturas: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete; BET: patudo; BFT: aleta azul; BÉP: bonito; ALB: albacora; BKJ: barrilete negro; MISC: otras especies, incluyendo tiburones, otros túnidos, y peces diversos; ARCAA: Area de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla; exterior: zona entre el ARCAA y 150°W. Los datos de 1991 son preliminares. En el texto se ofrece mayor información sobre esta tabla.

Year Año	CYRA	Outside	Pacific Ocean east of 150°W								Total
	ARCAA	Exterior	Océano Pacífico al este de 150°W								
	YFT	YFT	YFT	SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BKJ	MISC	
1961	115,682	0	115,682	75,468	235	8,968	3,205	2,670	0	236	206,464
1962	87,158	0	87,158	78,256	362	12,421	3,576	1,292	0	193	183,258
1963	72,136	0	72,136	105,333	83	13,527	3,442	3,773	0	265	198,559
1964	101,390	0	101,390	65,322	75	10,161	7,387	3,672	5	248	188,260
1965	90,167	0	90,167	86,194	130	7,592	4,464	710	18	171	189,446
1966	91,513	0	91,513	66,669	294	17,523	4,911	2,140	10	465	183,525
1967	90,116	0	90,116	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	246,772
1968	114,500	1,207	115,707	78,385	2,821	6,587	8,772	4,955	0	138	217,365
1969	126,898	19,217	146,115	65,109	635	7,635	3,252	3,246	0	1	225,993
1970	142,425	30,680	173,105	61,752	1,469	4,372	5,223	4,935	0	29	250,885
1971	113,886	22,758	136,644	115,432	2,830	9,215	10,581	2,745	6	67	277,520
1972	152,897	44,768	197,665	36,826	2,468	14,714	9,781	5,326	662	404	267,846
1973	177,985	49,506	227,494	48,450	2,181	11,845	8,670	2,553	1,845	391	303,429
1974	191,606	40,988	232,594	86,862	980	6,192	4,888	5,272	4,125	1,087	342,000
1975	176,044	47,729	223,773	136,540	4,104	10,563	18,561	3,672	564	305	398,082
1976	210,468	50,829	261,297	139,070	11,229	11,735	4,815	4,115	1,681	1,463	435,405
1977	202,409	17,792	220,201	95,169	7,777	6,033	12,428	2,163	1,608	2,148	347,527
1978	183,995	16,037	200,032	187,185	12,911	5,948	5,332	1,923	2,383	888	416,602
1979	194,973	15,177	210,150	145,531	8,302	6,744	1,988	361	1,509	1,375	375,960
1980	146,480	29,638	176,118	143,761	16,998	3,239	6,736	661	4,057	1,050	352,620
1981	174,691	26,545	201,236	131,846	11,124	1,201	6,523	830	2,108	1,113	355,981
1982	118,722	20,079	138,801	108,782	4,524	3,472	2,339	610	1,475	862	260,865
1983	91,397	13,482	104,879	64,049	3,594	940	4,221	503	1,363	1,885	181,434
1984	142,325	18,186	160,511	66,746	6,453	972	3,873	5,899	734	1,087	246,275
1985	216,235	24,075	240,310	54,456	4,996	4,469	3,973	955	328	590	310,077
1986	252,951	42,688	295,639	70,005	2,182	5,604	540	198	656	1,256	376,080
1987	274,911	26,616	301,527	68,608	850	1,097	3,417	54	948	1,829	378,330
1988	294,716	22,941	317,657	94,137	1,161	1,569	10,535	178	1,573	2,760	429,570
1989	267,218	51,944	319,162	102,468	1,621	1,289	13,332	1	1,845	1,882	441,599
1990	250,645	51,074	301,719	80,908	5,232	1,682	15,331	203	1,089	1,281	407,445
1991	237,531	21,507	259,038	71,305	4,008	462	1,378	908	575	1,161	338,835

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	1,532	3,427	54	4,009	2,428	26	107	389,914
1988	772	2,102	556	334	202	0	0	433,537
1989	0	0	269	2,957	1,762	0	2	446,588
1990	2,247	9,708	484	2,923	1,957	69	7	424,838
1991	252	1,544	0	5,252	3,733	0	39	349,655

TABLE 2. Estimates of the catches and landings of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1990 by species and vessel flag, in short tons.
TABLA 2. Estimaciones de las capturas y desembarcos de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1990, por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other ¹	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras ¹	Total	Porcentaje del total
	ARCAA	Exterior									
CATCHES – CAPTURAS											
Ecuador	19,587	0	28,519	1,385	0	0	0	251	281	50,023	12.3
México	93,691	35,715	8,379	362	55	11,132	0	159	14	149,507	36.7
U.S.A.	49,985	9,361	12,718	116	1,627	4,195	203	418	907	79,530	19.5
Venezuela	49,228	5,521	11,246	1,149	0	4	0	4	75	67,227	16.5
Other—Otros ²	38,154	477	20,046	2,220	0	0	0	257	4	61,158	15.0
Total	250,645	51,074	80,908	5,232	1,682	15,331	203	1,089	1,281	407,445	
LANDINGS – DESEMBARCOS											
Africa	2,548	24	8	0	0	0	0	0	0	2,580	0.6
Costa Rica	6,940	586	2,777	490	0	0	0	409	18	11,220	2.7
Ecuador	25,998	0	33,269	1,861	0	0	0	158	268	61,554	15.1
France	3,221	38	71	16	0	0	0	0	0	3,346	0.8
Italy	37,764	8,515	903	137	0	0	0	0	0	47,319	11.6
Japan	5,001	3,174	26	0	38	823	0	0	0	9,062	2.2
México	68,144	24,524	6,702	0	55	5,771	0	19	14	105,229	25.7
Perú	680	0	193	0	0	0	0	0	0	873	0.2
Spain	19,456	1,835	7,035	44	0	40	0	54	2	28,466	7.0
U.S.A.	56,249	3,222	15,609	596	1,587	4,150	203	0	577	82,193	20.1
Venezuela	18,765	4,464	5,879	498	0	4	0	0	0	29,610	7.2
Other—Otros ³	13,269	3,423	4,969	997	0	4,497	0	54	2	27,211	6.7
Total	258,035	49,805	77,441	4,639	1,680	15,285	203	694	881	408,663	

¹Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

¹Incluye macarelas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.

²Includes Colombia, Costa Rica, Honduras, Panama, Peru, Spain, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

²Incluye Colombia, Costa Rica, España, Honduras, Panamá, Perú, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

³Includes Canada, Colombia, El Salvador, Israel, Panama, Thailand, and Yugoslavia. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

³Incluye Canada, Colombia, El Salvador, Israel, Panamá, Tailandia, y Yugoslavia. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 3. Preliminary estimates of the catches and landings of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1991, by species and vessel flag, in short tons.
TABLA 3. Estimaciones preliminares de las capturas y desembarcos de atunes en el OPO en 1991 por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other ¹	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras ¹	Total	Porcentaje del total
	ARCAA	Exterior									
CATCHES – CAPTURAS											
Ecuador	17,780	0	21,475	1,932	0	0	0	281	658	42,126	12.4
México	111,563	16,521	13,805	66	10	1,168	0	156	32	143,321	42.3
U.S.A.	20,884	1,811	14,147	28	452	204	908	25	306	38,765	11.4
Venezuela	45,022	3,141	6,811	327	0	0	0	30	77	55,408	16.4
Other—Otros ²	42,282	34	15,067	1,655	0	6	0	83	88	59,215	17.5
Total	237,531	21,507	71,305	4,008	472	1,378	908	575	1,161	338,835	
LANDINGS – DESEMBARCOS											
Costa Rica	15,964	397	3,004	113	0	0	0	309	29	19,816	5.6
Ecuador	24,342	74	28,005	2,354	0	0	0	162	612	55,549	15.8
France	399	0	16	0	0	0	0	0	0	415	0.1
Italy	20,144	6,694	1,157	30	0	0	0	0	0	28,025	8.0
Japan	10,528	1,537	164	3	23	0	0	0	0	12,255	3.5
México	79,342	5,605	10,430	179	2	1,168	0	6	32	96,764	27.6
Perú	201	0	18	0	0	0	0	0	0	219	0.1
Spain	12,236	3,896	1,329	28	0	0	0	0	0	17,489	5.0
U.S.A.	17,483	222	13,032	2	437	204	814	0	60	32,254	9.2
Venezuela	33,374	3,286	5,122	693	0	0	0	29	77	42,581	12.1
Other—Otros ³	31,766	1,797	10,485	1,244	0	0	121	0	0	45,413	12.9
Total	245,779	23,508	72,762	4,646	462	1,372	935	506	810	350,780	

¹Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

¹Incluye macarelas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.

²Includes Colombia, Cyprus, Honduras, Panama, Peru, Spain, and Vanuatu. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

²Incluye Chipre, Colombia, España, Honduras, Panamá, Perú, y Vanuatu. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

³Includes Colombia, El Salvador, the Netherlands, North Africa, Panama, Thailand, and Yugoslavia. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

³Incluye África del Norte, Colombia, El Salvador, los Países Bajos, Panamá, Tailandia, y Yugoslavia. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

TABLE 4. Numbers and carrying capacities, in short tons, of vessels of the eastern Pacific tuna fleet. *Bolicheras* are small purse seiners with limited ranges. Information for 1950-1960 is given in Table 4 of the LATTTC Annual Report for 1988. The data for 1991 are preliminary.

TABLA 4. Número y capacidad de acarreo, en toneladas cortas, de los barcos de la flota atunera del Pacífico oriental. Las *bolicheras* son cerqueros pequeños con radio de acción limitado. En la Tabla 4 del Informe Anual de la CIAT de 1988 se presentan los datos de 1950-1960. Los datos de 1991 son preliminares.

Year	Seiners		Baitboats		Bolicheras		Trollers		Total	
	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons
Año	Cerqueros		De carnada		Bolicheras		Curricanes		Total	
	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.
1961	124	30,011	93	10,510	1	25	0	0	218	40,546
1962	130	33,945	89	6,725	27	675	0	0	246	41,345
1963	141	39,834	108	5,964	18	450	3	55	270	46,303
1964	134	40,307	88	4,712	3	65	0	0	225	45,084
1965	146	42,283	109	5,777	17	395	7	182	279	48,637
1966	126	39,869	113	6,217	7	140	2	29	248	46,255
1967	122	40,221	108	5,862	8	170	0	0	238	46,253
1968	139	50,613	89	5,743	4	100	2	24	234	56,480
1969	149	57,008	69	4,957	4	95	3	71	225	62,131
1970	162	67,508	49	4,302	0	0	9	177	220	71,987
1971	185	88,770	102	5,569	6	150	66	1,514	359	96,003
1972	206	112,361	108	6,707	4	100	74	1,946	392	121,114
1973	216	131,910	106	6,856	3	75	28	729	353	139,570
1974	230	146,990	111	7,766	4	110	7	150	352	155,016
1975	249	163,766	102	7,403	4	105	9	181	364	171,455
1976	250	176,469	99	7,071	4	115	38	909	391	184,564
1977	250	178,813	79	5,436	3	87	37	953	371	185,289
1978	262	180,781	68	5,044	9	272	50	1,303	389	187,400
1979	268	183,673	45	3,979	14	405	5	112	332	188,169
1980	258	184,647	46	3,838	12	355	4	106	320	188,840
1981	247	183,729	39	3,063	3	72	2	55	291	186,919
1982	221	167,780	36	2,713	2	60	4	131	263	170,684
1983	199	137,842	52	3,470	12	300	8	244	271	141,856
1984	165	113,168	40	3,055	0	0	9	232	214	116,455
1985	175	127,272	25	2,424	0	0	1	14	201	129,710
1986	165	122,564	17	1,939	0	0	0	0	183	124,503
1987	177	143,765	29	2,237	0	0	0	0	206	146,002
1988	185	148,227	36	3,081	0	0	3	70	224	151,378
1989	178	133,678	30	2,951	0	0	1	11	209	136,640
1990	172	135,552	24	2,016	0	0	0	0	196	137,568
1991	150	116,665	22	1,883	0	0	0	0	172	118,548

TABLE 5. Estimates of the numbers and carrying capacities in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the EPO in 1990 and 1991 by flag, gear, and size class. Each vessel is included in the totals for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the fleet total. Therefore the totals for the fleet may not equal the sums of the individual flag entries. The data for 1990 are preliminary. (PS = purse seiner; BB = baitboat)

TABLA 5. Estimaciones del número de barcos que pescaron en el OPO en 1990 y 1991 (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. Se incluye cada barco en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el total de la flota; por consiguiente, los totales de las flotas no son necesariamente iguales a las sumas de las banderas individuales. Los datos de 1990 son preliminares. (PS = cerquero; BB = barco de carnada)

Flag Bandera	Gear Arte	Size class — Clase de arqueo						Total	Capacity Capacidad
		1	2	3	4	5	6		
		NUMBER — NUMERO							
1990									
Colombia	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Costa Rica	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	2	6	10	6	2	8	34	9,185
	BB	7	-	-	-	-	-	7	192
Honduras	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
México	PS	-	-	2	-	2	48	52	50,753
	BB	-	3	8	-	-	-	11	1,292
Panamá	PS	-	-	1	-	-	6	7	*
Perú	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Spain	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
USA	PS	-	12	4	-	1	29	46	32,134
	BB	1	4	1	-	-	-	6	532
Vanuatu	PS	-	-	-	-	1	10	11	*
Venezuela	PS	-	-	-	-	-	24	24	28,610
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	22	21,697
All flags — Todas las banderas	PS	2	18	17	6	6	123	172	
	BB	8	7	9	-	-	-	24	
	All gear	10	25	26	6	6	123	196	
		CAPACITY — CAPACIDAD							
All flags — Todas las banderas	PS	80	1,572	2,401	1,389	2,242	127,868		135,552
	BB	232	577	1,207	-	-	-		2,016
	All gear	312	2,149	3,608	1,389	2,242	127,868		137,568
		NUMBER — NUMERO							
1991									
Colombia	PS	-	-	-	-	-	2	2	*
Cyprus	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	2	5	10	7	2	7	33	8,825
	BB	6	-	-	-	-	-	6	162
Honduras	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
México	PS	-	-	4	-	2	43	49	46,445
	BB	-	1	8	-	-	-	9	1,094
Panamá	PS	-	-	1	2	-	3	6	2,739
Perú	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Spain	PS	-	-	-	-	-	2	2	*
USA	PS	-	5	4	-	1	13	23	14,814
	BB	1	5	1	-	-	-	7	627
Vanuatu	PS	-	-	-	-	1	10	11	*
Venezuela	PS	-	-	-	-	-	21	21	24,798
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	24	21,783
All flags — Todas las banderas	PS	2	10	19	9	6	104	150	
	BB	7	6	9	-	-	-	22	
	All gear	9	16	28	9	6	104	172	
		CAPACITY — CAPACIDAD							
All flags — Todas las banderas	PS	80	952	2,614	2,169	2,242	108,608		116,665
	BB	202	492	1,189	-	-	-		1,883
	All gear	282	1,444	3,803	2,169	2,242	108,608		118,548

*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 6. Catches per ton of carrying capacity by vessel size group for the EPO purse-seine fleet, by species, in the EPO and in all ocean fishing areas (OFA). The size groups, by capacity in short tons, are as follows: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. The abbreviations for the species are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; All, all species reported. The 1991 data are preliminary.

TABLA 6. Captura por tonelada de capacidad de acarreo y por clase de arqueo de la flota cerquera del OPO, por especie, en el OPO y en todas las zonas pesqueras oceánicas (All OFA). Las clases de arqueo, por capacidad en toneladas cortas, son las siguientes: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. Las abreviaturas de las especies son: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete. La abreviatura "All" en la columna de "Especie" indica todas las especies informadas. Los datos de 1991 son preliminares.

Size group and catch area																			
Year	Species	1		2		3		4		5		6		7		8		Total	
		EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All	EPO	All
Clase de arqueo y zona de captura																			
Año	Especie	1		2		3		4		5		6		7		8		Total	
		OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All
1980	YFT	0.8	0.8	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	1.2	0.6	0.6	0.9	1.0	1.1	1.1	0.8	0.9	0.9	1.0
	SKJ	0.5	0.5	0.9	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	0.4	0.4	0.8	0.8	0.9	1.0	0.6	0.7	0.7	0.8
	All	2.2	2.2	2.3	2.3	1.8	1.8	2.2	2.2	1.1	1.2	1.8	1.9	2.1	2.2	1.5	1.7	1.8	1.9
1981	YFT	1.1	1.1	1.2	1.2	0.9	0.9	1.3	1.3	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	0.6	0.7	1.1	1.1
	SKJ	1.0	1.0	1.1	1.1	0.7	0.7	0.9	0.9	0.4	0.4	0.7	0.7	0.6	0.8	0.4	0.6	0.7	0.7
	All	3.0	3.0	2.6	2.6	1.6	1.7	2.2	2.2	1.5	1.5	1.9	2.0	1.7	2.0	1.0	1.4	1.9	2.0
1982	YFT	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.9	1.0	0.9	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9
	SKJ	1.9	1.9	1.3	1.3	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.2	0.7	0.6	0.7
	All	3.3	3.3	2.5	2.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.7	0.9	1.8	1.5	1.7
1983	YFT	1.2	1.2	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7	1.1	0.6	0.8	0.3	0.9	0.7	1.0
	SKJ	1.7	1.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	1.0	0.3	0.9	0.1	0.9	0.4	0.9
	All	3.7	3.7	2.0	2.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.5	1.0	2.1	0.9	1.7	0.3	1.8	1.2	1.9
1984	YFT	1.8	1.8	1.9	1.9	1.2	1.2	1.7	1.7	1.5	1.6	1.4	1.6	1.0	1.1	0.2	0.6	1.4	1.5
	SKJ	1.9	1.9	1.6	1.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.8	0.3	0.6	0.3	0.6	0.6	0.8
	All	5.0	5.0	3.9	3.9	2.0	2.0	2.3	2.3	2.2	2.3	2.0	2.5	1.3	1.7	0.6	1.2	2.1	2.4
1985	YFT	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.6	2.1	2.1	2.1	2.1	1.3	1.6	1.9	1.9
	SKJ	2.1	2.2	1.5	1.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	1.0	1.1	0.4	0.5
	All	4.7	4.7	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.1	1.5	1.8	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.7	2.4	2.5
1986	YFT	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.6	2.6	2.7	2.1	2.1	2.4	2.4
	SKJ	2.4	2.4	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.1	0.2	0.9	0.9	0.6	0.6	
	All	5.3	5.3	4.3	4.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.1	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
1987	YFT	2.0	2.0	2.1	2.1	1.2	1.4	1.8	1.8	1.4	1.5	2.2	2.3	2.4	2.4	1.1	1.4	2.1	2.1
	SKJ	2.0	2.0	3.2	3.2	1.2	1.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6	0.4	0.5
	All	5.0	5.0	5.4	5.4	2.4	2.9	2.4	2.4	2.0	2.1	2.5	2.6	2.6	2.7	1.4	2.0	2.6	2.7
1988	YFT	2.8	2.8	3.3	3.3	1.9	1.9	2.2	2.2	1.5	1.5	2.1	2.2	2.1	2.1	1.1	1.2	2.1	2.1
	SKJ	1.7	1.7	1.4	1.4	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.2	0.5	0.6	0.6
	All	5.7	5.7	5.4	5.4	2.8	2.8	3.0	3.0	2.0	2.1	2.7	2.7	2.7	2.7	1.3	1.7	2.8	2.8
1989	YFT	1.7	1.7	2.4	2.4	1.9	1.9	2.0	2.0	1.5	1.5	2.5	2.5	2.6	2.6	1.4	1.7	2.3	2.3
	SKJ	1.9	1.9	2.3	2.3	1.3	1.3	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.9	0.7	0.7
	All	4.3	4.3	5.9	5.9	3.4	3.4	3.1	3.1	2.5	2.5	3.1	3.2	3.1	3.1	2.0	2.6	3.2	3.2
1990	YFT	2.0	2.0	2.3	2.3	1.2	1.2	1.5	1.5	1.1	1.1	2.6	2.6	2.3	2.4	1.8	2.0	2.2	2.2
	SKJ	2.4	2.4	2.2	2.2	1.2	1.2	0.6	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.2	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7
	All	5.6	5.6	5.5	5.5	2.9	2.9	2.6	2.6	1.7	1.7	3.1	3.2	2.5	2.8	2.2	2.4	2.9	3.1
1991	YFT	2.0	2.0	3.3	3.3	1.1	1.3	1.8	1.8	1.5	1.5	2.5	2.5	2.6	2.7	1.3	1.5	2.2	2.3
	SKJ	1.8	1.8	1.4	1.4	0.9	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6
	All	4.2	4.2	5.0	5.0	2.2	2.6	2.8	2.8	2.0	2.1	2.9	3.0	2.9	3.0	1.8	2.1	2.9	3.0

TABLE 7. Search classifications. YF: yellowfin; SJ: skipjack.
 TABLA 7. Clasificaciones de búsqueda. YF: aleta amarilla; SJ: barrilete.

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

TABLE 8. Observed and predicted catches of yellowfin tuna, in thousands of short tons.
 TABLA 8. Capturas de atún aleta amarilla observadas y esperadas, en miles de toneladas cortas.

Year – Año	A	B	C	D	E	F
1980	187	123	142	174		
1981	209	141	167	161		
1982	147	94	122	132		
1983	114	91	106	108		
1984	170	100	113	137		
1985	250	112	145	186		
1986	315	173	212	185		
1987	314	176	267	215		
1988	333	233	293	252		
Mean – Promedio	226	138	174	172	213	153

A Yellowfin catch by purse seiners – Captura de aleta amarilla por barcos cerqueros

B Estimate of A without dolphin sets from exploitation-rate method – Estimación de A sin lances sobre delfines del método de tasa de explotación

C Estimate of A without dolphin sets from age-structured method with monthly and annual catchabilities – Estimación de A sin lances sobre delfines del método con estructura de edades con capturabilidad mensual y anual

D Estimate of A without dolphin sets from age-structured method with quarterly average catchabilities – Estimación de A sin lances sobre delfines del método con estructura de edades con capturabilidad trimestral media

E Estimate of A from yield per recruit and mean recruitment – Estimación de A del rendimiento por recluta y el reclutamiento medio

F Estimate of E without dolphin sets – Estimación de E sin lances sobre delfines

TABLE 9. Total catches of yellowfin during two periods and total catches of yellowfin during those periods obtained by three simulations.

TABLA 9. Capturas totales de aleta amarilla durante dos períodos y capturas totales de aleta amarilla durante esos períodos obtenidas por tres simulaciones.

	1971-1988			1975-1988		
	Tons × 10 ⁶	Percentage of Line 1	Sum of squares × 10 ⁶	Tons × 10 ⁶	Percentage of Line 1	Sum of squares × 10 ⁶
	1971-1988			1975-1988		
	Toneladas × 10 ⁶	Porcentaje de Línea 1	Suma de cuadrados × 10 ⁶	Toneladas × 10 ⁶	Porcentaje de Línea 1	Suma de cuadrados × 10 ⁶
Actual catch – Captura real	4.051	100.0	–	3.214	100.0	–
Predicted catch – Captura esperada Mixed fishing – Pesca mixta	4.075	100.6	2.22	3.271	101.8	1.85
Dolphin only – Con delfines solamente	4.473	110.4	3.71	3.271	110.4	3.05
Non-dolphin only – Sin delfines solamente	2.690	66.4	4.87	2.221	68.8	3.54

TABLE 10. FADs deployed during 1991.

TABLA 10. FADs puestos en servicio en 1991.

Deployed during July 1991 – Puestos en servicio en julio de 1991										
Group	No.	Surface buoy	Subsurface array			Transmitter	Frequency (kHz)		Identification code	Call sign
			Type	Sea kites	Depth (fathoms)		Receive	Transmit		
Grupo	No.	Boya de superficie	Aparejo subacuático			Transmisor	Frecuencia (kHz)		Código identificación	Clave
			Tipo	Sea Kites	Profundidad (brazas)		Recepción	Transmisión		
1	1	COPAC	A	5	25	Sel-Call	2331.5	1751	0949	HG 06
	2	COPAC	A	5	25	Sel-Call	"	1700	0943	VA 01
	3	COPAC	A	5	25	satellite	-	-	-	-
2	4	COPAC	A	-	4	Sel-Call	"	1769	0952	JI 08
	5	COPAC	A	-	4	Sel-Call	"	1709	0945	YB 02
	6	COPAC	A	-	4	satellite	-	-	-	-
3	7	PRF	-	5	25	Sel-Call	"	1793	0956	PL 11
	10	PRF	-	5	25	Sel-Call	"	1799	0957	QM 12
	11	PRF	-	5	25	satellite	-	-	-	-
4	12	PRF	A	5	50	Sel-Call	"	1712	0958	SR 13
	13	PRF	A	5	50	Sel-Call	"	1721	0969	TS 14
	14	PRF	A	5	50	satellite	-	-	-	-
5	15	PRF	A	-	4	Sel-Call	"	1730	0960	VT 15
	16	PRF	A	-	4	Sel-Call	"	1742	0962	YU 16
	17	PRF	A	-	4	satellite	-	-	-	-
6	18	PRF	-	-	0	Sel-Call	"	1764	0963	ZV 17
	19	PRF	-	-	0	Sel-Call	"	1763	0964	BW 18
	20	PRF	-	-	0	satellite	-	-	-	-

TABLE 10. (continued)
 TABLA 10. (continuación)

Group	No.	Surface buoy	Subsurface array			Transmitter	Frequency (kHz)		Identification code	Call sign
			Type	Sea kites	Depth (fathoms)		Receive	Transmit		
Grupo	No.	Boya de superficie	Aparejo subacuático			Transmisor	Frecuencia (kHz)		Código identificación	Clave
			Tipo	Sea kites	Profundidad (brazas)		Recepción	Transmisión		
7	21	FG	B	5	50	Sel-Call	2331.5	1727	0947	BD 04
	22	FG	B	5	50	Sel-Call	"	1760	0950	IH 07
	23	FG	B	5	50	satellite	-	-	-	-
8	24	FG	-	5	25	Sel-Call	"	1736	0948	EF 05
	25	FG	-	5	25	Sel-Call	"	1718	0946	ZC 03
	26	FG	-	5	25	satellite	-	-	-	-
9	27	RADIO	-	5	50	Sel-Call	"	1772	0965	EX 19
	28	RADIO	-	5	50	Sel-Call	"	1784	0967	HY 20
	29	RADIO	-	5	50	satellite	-	-	-	-
10	30	RADIO	B	3	11	Sel-Call	"	1787	0954	OK 10
	31	RADIO	B	3	11	Sel-Call	"	1778	0953	MJ 09
	32	RADIO	B	3	11	satellite	-	-	-	-
Deployed during early 1991 – Puestos en servicio a principios de 1991										
-	8	COPAC	A	-	4	satellite	-	-	-	-
-	9	COPAC	A	-	4	satellite	-	-	-	-

TABLE 10. (continued)
TABLA 10. (continuación)

Surface buoys	
COPAC	An octagonal buoy, 6.5 ft. in diameter, made of bright orange PVC pipe, with a radar reflector. On opposite sides of the buoy are vertical 1-ft. PVC tubes housing a flasher unit and the radio or satellite electronics.
PRF	A bright yellow buoy, 4 ft. square, made of plywood and foam, with radar reflector. A radio buoy, housing the radio or satellite electronics, is tethered to it.
FG buoy	A bright yellow foam-filled aluminum buoy, 9 ft. high and 3 ft. across at its widest point. Only the topmost 3 ft. of the buoy, shaped like a flat-topped cone, projects above the surface of the water; this section houses the radio or satellite electronics.
RADIO buoy	A standard orange radio buoy or "beeper" housing radio or satellite electronics. Cork collars are attached to the frame to provide additional flotation for the underwater array.
Underwater arrays	
Array A	A hanging array of four ropes, with 30-in. plastic streamers attached, tied to the surface buoy and extending about 25 ft. (4 fathoms) down.
Array B	An array of four ropes and streamers similar to Array A, but the ropes are attached to a 6.5-ft. diameter octagon of PVC pipe suspended 8 ft. below the surface buoy.
Sea kites	A kite-like pyramidal structure, 6 ft. square, consisting of a fiberglass pole frame and yellow nylon canvas. A number of these are attached at regular intervals to a monofilament main line hanging from the surface buoy.
Transmitters	
Sel-Call	A selective-calling radio buoy that transmits only when activated by a vessel's signal generator.
satellite	A satellite transmitter used to track the FAD's position via the ARGOS satellite system.

TABLE 10. (continued)
TABLA 10. (continuación)

Boyas de Superficie	
COPAC	Boya octagonal, diámetro 2 m, fabricado de tubo de PVC de color naranja brillante, con reflector de radar. La luz intermitente y el equipo de radio o transmisor a satélite están montados en tubos de PVC verticales cortos en dos puntos opuestos de la boya.
PRF	Boya cuadrada de color amarillo brillante, 1.25 m x 1.25 m, fabricado de espuma de plastica y madera, con reflector de radar. Lleva amarrada una radioboya con el equipo electrónico.
Boya FG	Boya de aluminio de color amarillo brillante, lleno de espuma, 3 m de alto y de 1 m de ancho mayor. Solamente el tercio superior de la boya, de forma cónica, flota encima de la superficie del agua; en esta sección está el equipo electrónico.
RADIO boya	Radioboya común, color naranja, con equipo electrónico. Lleva dos collares de corcho para flotación adicional para el aparejo subacuático.
Aparejos Subacuáticos	
Aparejo A	4 sogas, con banderillas de plástico de 75 cm de largo, atadas a la boya de superficie; longitud 7 m.
Aparejo B	4 sogas con banderillas, similares al Aparejo A, excepto que las sogas están atadas a un octágono de tubo de PVC, de 2 m de diámetro, suspendido 2.5 m debajo de la boya de superficie.
“Sea Kites”	Estructura piramidal, 2 m x 2 m, de lona de nylon amarillo cubriendo un armazón de varillas de fibra de vidrio. Se sujetan varios de éstos a intervalos regulares a una línea de monofilamento suspendido de la boya de superficie.
Transmisores	
Sel-Call satellite	Radioboya de transmisión selectiva, activada por el generador de señales de un barco. Transmisor a satélite usado para rastrear al FAD mediante el sistema de satélite ARGOS.

TABLE 11. Comparison of catches and catches per unit of effort (CPUEs) of late-larval and early-juvenile scombrids resulting from the use of light traps and a nightlight.

TABLA 11. Comparación de capturas y capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de escómbridos larvales tardíos y juveniles tempranos obtenidos con trampas de luz y luz submarina.

Date	Trap			Nightlight		
	Catch (no.)	Effort (hours)	CPUE	Catch (no.)	Effort (hours)	CPUE
Fecha	Trampa			Luz submarina		
	Captura (no.)	Esfuerzo (horas)	CPUE	Captura (no.)	Esfuerzo (horas)	CPUE
Jul. 8	2	8	0.25	0	2	0.00
Jul. 9	6	7	0.86	5	2	2.50
Jul. 15	1	9	0.11	0	1	0.00
Jul. 16	0	9	0.00	2	2	1.00
Jul. 25	0	4	0.00	185	2	92.50
Aug. 1	4	8	0.50	250	3	83.33
Aug. 2	8	4	2.00	300	2	150.00

TABLE 12. Sampling coverage during 1991 of trips by vessels of capacity >400 short tons.
 TABLA 12. Cobertura en 1991 de viajes de barcos de capacidad >400 toneladas cortas.

	Number of trips			Trips with dolphin sets ¹		
	Total	Sampled	Percent	Total	Sampled	Percent
	Total	Número de viajes Muestreados	Porcentaje	Total	Viajes con lances sobre delfines ¹ Muestreados	Porcentaje
U.S. vessels sampled by –						
Barcos de E.E.UU. muestreados por:						
NMFS		26			11	
IATTC – CIAT		19			7	
Total	50	45	90.0	18	18	100.0
Non-U.S. vessels – Barcos de otros países						
(sampled by IATTC – muestreo de la CIAT)						
Colombia ²	10	2	20.0	-	0	-
Cyprus-Chipre	1	0	0.0	0	-	-
Ecuador ²	49	49	100.0	1	1	100.0
Honduras	3	1	33.3	3	1	33.3
México ³	206	75	36.4	195	72	37.0
Panamá	10	10	100.0	1	1	100.0
Perú	2	0	0.0	1	0	0.0
Vanuatu	60	56	93.3	51	47	92.2
Venezuela	84	48	57.1	74	43	58.1
Total	425	241	56.7	326	165	50.6
All countries – Todos los países	475	286 ⁴	60.2	344	183 ⁵	53.2

¹Adjusted estimates based on IATTC coverage of logbooks from vessels of each country in the eastern Pacific.

¹Estimaciones ajustadas, basadas en cobertura de bitácoras de barcos de cada país en el Pacífico oriental.

²Includes one Spanish-flag vessel.

²Incluye un barco de bandera española.

³National observer program started in December; two additional trips sampled.

³Programa nacional de observadores comenzado en diciembre; dos excursiones adicionales muestreadas.

⁴One set of data was lost in a vessel sinking and one set of data was rejected due to improper data collection procedures, resulting in 284 trips in the data base.

⁴Se perdió un juego de datos al hundirse un barco y se rechazó un juego de datos debido a procedimientos equivocados de colección de datos, resultando en 284 viajes en la base de datos.

⁵One set of data was rejected due to improper data collection procedures, resulting in 182 trips with dolphin sets in the data base.

⁵Se rechazó un juego de datos debido a procedimientos equivocados de colección de datos, resultando en 182 viajes con lances de delfines en el base de datos.

TABLE 13. Training sessions held for observers during 1991.**TABLA 13.** Cursos de capacitación de observadores durante 1991.

Dates	Location	Number of attendees
Fechas	Sede	Número de asistentes
February 25-March 13	Panamá, (R.P.)	3
March 11-22	Cumaná, Venezuela	8
May 21-June 5	Buenaventura, Colombia	22
September 16-27	Cumaná, Venezuela	25
December 2-17	Ensenada, México	8
Total		66

TABLE 14. Dolphin mortality workshops sponsored by the IATTC during 1991.**TABLA 14.** Talleres sobre la mortalidad de delfines auspiciados por la CIAT en 1991.

Date	Location	Attendees		
		Captains	Others	Total
Fecha	Sede	Asistentes		
		Capitanes	Otras	Total
January 8	Ensenada, México	15	41	56
June 11	Ensenada, México	7	15	22
August 8	Ensenada, México	6	11	17
Total		28	67	95

TABLE 15. Estimates of incidental mortality of dolphins in 1991.
 TABLA 15. Estimaciones de la mortalidad incidental de delfines en 1991.

Species and stock	Using mortality per set		Using mortality per ton	
	Estimate	Standard error	Estimate	Standard error
Especie y stock	Usando mortalidad por lance		Usando mortalidad por tonelada	
	Estimación	Error estándar	Estimación	Error estándar
Offshore spotted – Manchado de altamar				
Northern – Norteño	12977	934	13537	978
Southern – Sureño	1014	122	1023	125
Eastern spinner – Tornillo oriental	5866	771	5927	808
Unidentified – No identificados ¹	13	6	13	6
Whitebelly spinner – Tornillo panza blanca				
Northern – Norteño	2973	598	3136	673
Unidentified – No identificados ¹	1	1	1	1
Common – Común				
Northern – Norteño	161	57	141	64
Central	3182	442	3515	491
Southern – Sureño	115	30	121	33
Other dolphins – Otros delfines	990	182	1025	191
Totals – Totales	27292	1439	28439	1537

¹Unidentified spinner dolphins are prorated to their eastern or northern whitebelly stocks.

¹Los delfines tornillo no identificados son prorrateados al stock panza blanca oriental o norteño.

²Includes the following species and stocks (observed mortalities in brackets): striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) [305]; bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) [57]; rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) [29]; "whitebelly" dolphins (includes common, striped, Pacific whitesided (*Lagenorhynchus obliquidens*), and Fraser's (*Lagenodelphis hosei*) dolphins) [7], and unidentified dolphins [83]. There are not enough data to make separate estimates of the mortalities of these stocks.

²Incluye las especies y stocks siguientes (mortalidades observados en corchetes): delfines listados (*Stenella coeruleoalba*) [305]; tursiones (*Tursiops truncatus*) [57]; estenos (*Steno bredanensis*) [29]; delfines de panza blanca (incluye delfines comunes, listados, de costados blancos del Pacífico (*Lagenorhynchus obliquidens*), y de Fraser (*Lagenodelphis hosei*) [7], y delfines no identificados [83]). No hay bastantes datos para hacer estimaciones distintos de las mortalidades de estos stocks.

TABLE 16. Estimates of average population abundance for 1986-1990, of incidental mortality during 1991, and of the percentage of the population that suffered mortality due to purse-seine fishing for tunas.

TABLA 16. Estimaciones de abundancia promedio de población para 1986-1990, de mortalidad incidental en 1991, y del porcentaje de la población que sufrió mortalidad debido a la pesquería cerquera de atún.

Stock	Population abundance	Incidental mortality	Percent mortality
Stock	Abundancia de la población	Mortalidad incidental	Mortalidad porcentual
Northeastern spotted — Manchado del nordeste	738,100	.1	
Western and/or southern spotted — Manchado del oeste y/o sureño	1,299,300	.1	
All spotted (except coastal) — Todos los manchados (con excepción de costeros)	2,037,400	14,000	0.69
Eastern spinner — Tornillo oriental	632,700	5,900	0.93
Whitebelly spinner — Tornillo panza blanca	1,020,100	2,940	0.29
Northern common — Común norteño	477,000	122	0.03
Central common — Común central	415,600	3,150	0.76
Southern common — Común sureño	2,211,500	113	0.01
Other dolphins — Otros delfines ²	2,729,100	1,045	0.04
Total	9,523,400	27,270	0.29

¹The incidental mortalities for the individual stocks of offshore spotted dolphin will be recalculated in accordance with the proposed new stock boundaries.

¹Las mortalidades para los stocks individuales de delfines manchados de alta mar serán recalculados de acuerdo con los nuevos límites propuestos para los stocks.

²"Other dolphins" includes striped dolphin, bottlenose dolphin, the coastal stock of spotted dolphin, Fraser's dolphin, rough-toothed dolphin, and Risso's dolphin (*Grampus griseus*).

²"Otros delfines" incluyen delfines listados, tursiones, el stock costero de delfin manchado, delfines de Fraser, estenos, y delfines de Risso (*Grampus griseus*).

TABLE 17. Numbers of sightings, areas in which stocks occur, and searching effort, 1991.

TABLA 17. Número de observaciones, áreas donde los stocks ocurren, y esfuerzo de búsqueda, 1991.

Species and stock	Numbers of sightings	Areas of stocks (1,000 mn)	Searching effort (1,000 mn)
Especie y stock	Número de observaciones	Area del stock (1000 mn)	Esfuerzo de búsqueda (1000 mn)
Offshore spotted — Manchado de altamar			
Northern — Norteño	2605	3796.6	340.1
Southern — Sureño	112	1414.5	35.4
Spinner — Tornillo			
Eastern — Oriental	853	2267.1	319.4
Whitebelly — Panza blanca	382	4194.9	243.3
Common — Común			
Northern — Norteño	39	615.3	55.7
Central	388	2186.8	260.4
Southern — Sureño	115	842.4	62.6

TABLE 18. Estimates of relative abundances of dolphins for 1991. The bootstrap standard errors are given in parentheses. The asterisks indicate unidentified spinner herds prorated between the eastern and whitebelly stocks.

TABLA 18. Estimaciones de la abundancia relativa de los delfines en 1991. Los valores en paréntesis son los errores estándar del procedimiento de "bootstrap." Los asteriscos indican manadas de tornillos no identificados prorrateados entre los stocks oriental y panza blanca.

Species and stock	Effective half-width of strip (nm)	Encounter rate (herds/1,000 nm)	Average herd size	Number of herds (000s)	Number of dolphins (000s)	Number of dolphins (000s)
Espece y stock	Medio ancho efectivo de la banda (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1,000 mn)	Tamaño medio de manada	Número de manadas (000s)	Número de delfines (000s)	Número de delfines (000s)
Northern offshore spotted Manchado altamar del norte	3.55 (0.18)	8.60 (0.50)	543.7 (35.7)	4601 (355)	2502 (268)	
Southern offshore spotted Manchado altamar del sur	3.21 (0.51)	3.15 (0.36)	952.5 (109.5)	695 (132)	662 (149)	
Northern and southern Del norte y del sur	3.52 (0.18)	7.06 (0.38)	658.1 (37.0)	5218 (405)	3434 (332)	
Eastern spinner Tornillo del este	3.59 (0.27)	3.46 (0.26)	332.6 (26.3)	1093 (120)	363 (49)	358* (65)
Whitebelly spinner Tornillo de panza blanca	3.61 (0.38)	2.92 (0.31)	255.6 (24.7)	1691 (266)	432 (91)	425* (71)
Eastern whitebelly, and unidentified Del este, de panza blanca, y sin identificación	3.68 (0.19)	4.26 (0.37)	267.1 (17.6)	2932 (282)	783 (96)	
Northern common Común del norte	1.73 (0.35)	0.70 (0.16)	775.1 (185.5)	125 (33)	97 (41)	
Central common Común central	2.08 (0.37)	0.72 (0.07)	333.2 (65.5)	379 (70)	126 (39)	
Southern common Común del sur	1.53 (0.22)	1.83 (0.41)	606.1 (85.6)	504 (136)	305 (79)	

TABLE 19. Total numbers of observed sets, percentages of observed sets which were in association with dolphins, and average sea-surface temperatures (SSTs) recorded during dolphin sets in the stock area corresponding to the northern stock of the common dolphin.

TABLA 19. Números totales de lances observados, porcentajes de lances observados asociados con delfines, y promedios de las temperaturas superficiales del mar (TSM) registrados durante lances de delfines en el área del stock norteño del delfín común.

Year	Total numbers of sets	Percentages of dolphin sets	Average SSTs (degrees Celsius)
Año	Números totales de lances	Porcentajes de lances con delfines	TSMs promedios (grados Celsius)
1987	1293	59	23.10
1988	2515	37	23.14
1989	1882	45	23.76
1990	1325	54	23.05
1991	1485	71	24.65

TABLE 20. Estimates of relative abundances of dolphins for 1991 obtained after removing the data for trips with no dolphin sets.

TABLA 20. Estimaciones de la abundancia relativa de delfines en 1991, obtenidas tras descartar viajes en los que no efectuaron lances sobre delfines.

Species and stock	Effective half-width of strip (nm)	Encounter rate (herds/1,000 nm)	Average herd size	Number of herds (000s)	Number of dolphins (000s)
Especies y stock	Medio ancho efectivo de la banda (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1,000 mn)	Tamaño medio de manada	Número de manadas (000s)	Número de delfines (000s)
Offshore spotted – Manchado de altamar					
Northern – Norteño	3.82	8.39	533.0	4167	2221
Southern – Sureño	3.50	3.85	1050.9	780	819
Spinner – Tornillo					
Eastern – Oriental	4.05	3.43	378.9	961	364
Whitebelly – Panza blanca	3.69	2.68	266.9	1522	406
Common – Común					
Northern – Norteño	1.44	0.70	850.7	150	128
Central	2.14	1.00	566.7	510	289

TABLE 21. Estimated average numbers of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, in thousands, for the X and Y cohorts during the 1967 through 1991 seasons.

TABLA 21. Estimaciones del número promedio de aletas amarillas en el Océano Pacífico oriental, en miles de peces, para las cohortes X e Y entre 1967 y 1991.

Year Año	Quarter Trimestre	X Cohort – Cohorte X						Y Cohort – Cohorte Y							
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1967	1	0	14419	8310	1198	393	106	49	0	18066	2784	733	205	69	33
	2	0	11805	5738	902	277	83	40	37416	12838	1710	505	147	55	27
	3	0	8984	3995	686	200	65	33	30633	8217	1333	357	112	45	22
	4	21009	7207	3165	504	148	52	27	25079	6528	1035	250	87	36	18
1968	1	0	17201	5688	2373	362	112	42	0	20500	5091	777	179	69	30
	2	0	14076	3878	1184	244	87	34	25309	15254	3487	533	128	55	24
	3	0	11479	2833	834	173	69	28	20721	9663	2469	363	97	44	20
	4	23667	9182	2258	609	128	55	23	16945	7612	1923	256	75	36	16
1969	1	0	19377	7027	1791	411	97	44	0	13645	5426	1254	177	59	29
	2	0	15760	4927	1369	246	75	36	27242	9007	3241	603	124	48	24
	3	0	12530	3869	1042	172	59	29	22304	6246	2465	381	95	38	20
	4	27218	9403	3064	723	125	47	24	18259	4638	1851	237	74	31	16
1970	1	0	22284	6301	2191	465	95	38	0	14668	2976	1270	157	58	25
	2	0	18238	3757	1269	229	74	31	26869	10513	1720	737	103	47	20
	3	0	14789	2840	872	152	58	25	21998	7163	1325	460	78	37	17
	4	34665	11445	2152	563	107	46	21	17994	5313	988	285	61	30	14
1971	1	0	28378	8296	1576	359	81	37	0	14430	3822	653	153	48	25
	2	0	23059	5707	1172	226	61	30	27624	9994	2322	408	105	38	20
	3	0	18506	4454	848	157	48	25	22617	7440	1736	271	79	31	17
	4	19886	14210	3517	529	110	38	20	18514	5863	1268	149	62	25	14
1972	1	0	16281	10650	2222	305	78	31	0	14652	4083	680	80	49	20
	2	0	13312	6578	1065	173	59	25	36871	10839	2860	314	47	38	17
	3	0	10808	4901	729	84	47	21	30187	7851	2173	156	31	31	14
	4	16817	8699	3504	454	45	37	17	24713	6194	1587	70	24	25	11
1973	1	0	13769	6936	2430	222	32	30	0	19456	4257	1061	41	19	20
	2	0	10982	5191	1298	104	25	24	68941	9353	2594	577	26	15	17
	3	0	8843	4133	913	56	20	20	56444	5261	1927	258	17	12	14
	4	46972	7043	3233	447	30	16	16	45879	3673	1451	82	13	10	11
1974	1	0	38457	5387	2003	229	17	13	0	33960	2558	969	23	10	8
	2	0	31242	4089	1122	139	13	10	29101	18394	1737	629	13	8	7
	3	0	25011	3291	763	55	11	8	23823	10143	1325	307	9	6	5
	4	36764	19509	2557	448	22	8	7	18602	7251	975	145	7	5	4
1975	1	0	30089	12924	1739	271	11	7	0	14620	5120	670	78	5	4
	2	0	23947	8674	1003	132	7	5	36986	10768	3559	377	28	4	3
	3	0	17996	6196	607	49	5	4	30193	8097	2429	192	11	3	3
	4	17375	13406	4601	347	19	4	4	24108	6484	1598	83	6	2	2
1976	1	0	14221	9936	2996	207	11	3	0	16160	4984	1099	32	5	2
	2	0	11513	5938	1995	89	6	3	28536	9342	3760	628	13	4	2
	3	0	8891	4203	1248	31	5	2	23329	5643	2354	238	9	3	1
	4	18777	6410	3209	687	15	4	2	18609	3824	1434	76	6	2	1

TABLE 21. (continued)
 TABLA 21. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	X Cohort – Cohorte X							Y Cohort – Cohorte Y						
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1977	1	0	15293	4850	2324	259	9	3	0	13929	2693	1032	34	5	2
	2	0	12109	3183	1515	152	6	3	69666	8012	1886	698	23	4	2
	3	0	9320	2210	671	57	5	2	56693	4613	1097	252	12	3	1
	4	34335	6733	1554	303	15	4	2	43582	3213	772	75	7	2	1
1978	1	0	27965	4919	1171	174	9	3	0	29044	2337	555	32	5	2
	2	0	19591	3349	744	113	6	3	42531	13648	1585	377	18	4	2
	3	0	12208	2494	504	54	5	2	34119	7993	1177	226	10	3	1
	4	39612	8919	1784	284	14	4	2	25755	5773	843	79	4	3	1
1979	1	0	32402	5961	1286	151	7	3	0	16715	4039	516	39	2	2
	2	0	24352	3937	767	87	5	3	40076	9713	2244	334	23	2	2
	3	0	16531	3018	493	35	4	2	31868	6014	1540	174	13	2	1
	4	30239	9421	2259	314	22	3	2	20541	4129	1036	113	10	1	1
1980	1	0	24251	6248	1627	160	9	2	0	13604	3080	584	51	6	1
	2	0	16941	3206	1186	75	3	2	42635	7385	2296	370	16	2	1
	3	0	10043	2279	821	31	2	2	34446	4662	1577	182	7	1	1
	4	22106	6710	1679	544	16	2	1	26610	3404	1093	100	4	1	1
1981	1	0	17819	4775	1177	300	10	1	0	19216	2593	797	51	2	1
	2	0	12763	3080	811	133	4	1	31347	11176	1815	521	15	1	1
	3	0	7757	2072	536	63	4	1	25366	5737	1308	226	8	1	0
	4	24063	4170	1386	309	42	3	1	19374	3377	820	140	5	1	0
1982	1	0	19281	2577	989	174	10	2	0	13089	2135	555	41	3	1
	2	0	12656	1752	671	100	5	2	39268	8269	958	369	21	3	1
	3	0	7702	1333	440	50	4	2	31013	5205	686	180	13	2	1
	4	31699	5386	1044	249	24	2	1	21259	4026	445	93	7	2	0
1983	1	0	25770	4081	818	77	6	2	0	15094	3262	268	20	2	1
	2	0	19628	2982	612	28	3	1	42005	10360	2529	147	7	2	1
	3	0	13539	2272	404	13	2	1	34237	7683	1779	80	5	1	1
	4	40064	10068	1743	264	8	1	1	27251	6131	981	42	3	1	1
1984	1	0	32495	8124	1340	123	5	1	0	21484	4833	590	18	2	1
	2	0	25490	6193	983	55	3	1	39097	16566	3349	345	8	1	1
	3	0	17976	4880	654	18	2	1	31766	12780	2358	148	2	1	1
	4	41515	12419	3677	352	6	2	1	25870	9613	1517	58	1	1	0
1985	1	0	33988	9532	2697	140	2	1	0	21071	7155	923	20	1	1
	2	0	27185	7404	1771	56	1	1	34516	16415	4897	448	7	1	1
	3	0	21843	5354	1062	16	1	1	28021	12892	3217	171	2	1	1
	4	40663	16877	4061	577	4	1	1	22780	10103	2061	55	1	0	0
1986	1	0	33103	10361	2974	296	2	1	0	17335	7688	1273	24	1	0
	2	0	26779	7365	1822	95	1	0	39491	13326	5088	594	7	1	0
	3	0	21232	5887	1020	21	1	0	32128	9669	3331	167	3	1	0
	4	51423	16431	4661	527	7	1	0	24364	6351	2211	54	2	0	0

TABLE 21. (continued)
 TABLA 21. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	X Cohort – Cohorte X						Y Cohort – Cohorte Y							
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1987	1	0	41835	12530	3515	279	4	1	0	18284	4670	1441	16	1	0
	2	0	33342	8616	2108	155	2	1	75892	13154	3007	838	5	1	0
	3	0	25115	6322	1181	57	1	0	61914	10082	2044	318	2	1	0
	4	51056	16756	4086	610	19	1	0	49824	7898	1400	141	1	1	0
1988	1	0	41698	12221	2936	331	5	1	0	37604	6038	987	43	1	0
	2	0	32722	8305	1996	117	2	1	54308	21994	4449	574	6	1	0
	3	0	23881	6106	1338	39	1	0	44343	15443	3321	295	1	1	0
	4	52176	17135	4228	814	14	1	0	35380	10768	2118	147	0	1	0
1989	1	0	42691	12292	3085	442	5	1	0	27861	7437	1390	68	0	0
	2	0	33482	8580	1998	210	2	1	50428	20879	5317	806	25	0	0
	3	0	25501	5889	1259	89	1	0	41217	16069	3661	369	16	0	0
	4	43186	18352	4040	722	34	1	0	33025	12067	2431	151	11	0	0
1990	1	0	35253	13682	2762	323	15	1	0	26065	9076	1527	32	8	0
	2	0	28089	9463	1824	167	9	0	48475	18757	6061	887	10	6	0
	3	0	21968	6536	1244	78	7	0	39661	13074	4118	391	6	5	0
	4	48558	17148	4787	759	44	6	0	31000	9837	2895	191	3	4	0
1991	1	0	39707	13323	3523	377	28	4	0	22160	7530	1787	70	2	3
	2	0	31039	9332	2465	183	19	4	49309	14726	5329	1066	28	1	3
	3	0	24388	6515	1557	71	12	3	40288	10612	3833	592	3	0	2
	4	48550	18967	4772	1004	46	9	2	31998	7667	2910	376	1	0	2

TABLE 22. Estimated recruitment, in thousands of fish, of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined. The initial estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first month in the first year that they reach a length of 30 cm (November for the X group and May for the Y group). The average estimates correspond to the average numbers alive during that first month; these numbers are the same as those in Table 1.

TABLA 22. Reclutamiento estimado, en miles de peces, de las cohortes X e Y, y de las cohortes X e Y combinadas. Las estimaciones iniciales corresponden al número de peces al principio del primer mes del primer año en el cual alcanzaron una talla de 30 cm (noviembre para el grupo X y mayo para el grupo Y). Las estimaciones medias corresponden al número medio vivo durante ese primer mes; estas cantidades son idénticas a aquellas en la Tabla 1.

Year – Año	Initial – Inicial			Average – Promedio		
	X	Y	X + Y	X	Y	X + Y
1967	21717	38677	60394	21009	37416	58425
1968	24465	26162	50627	23667	25309	48976
1969	28136	28161	56297	27218	27242	54460
1970	35833	27774	63607	34665	26869	61534
1971	20557	28555	49112	19886	27624	47510
1972	17384	38114	55498	16817	36871	53688
1973	48555	71264	119819	46972	68941	115913
1974	38007	30082	68089	36764	29101	65865
1975	17961	38233	56194	17375	36986	54361
1976	19430	29498	48928	18777	28536	47313
1977	35492	72014	107506	34335	69666	104001
1978	40950	44043	84993	39612	42531	82143
1979	31259	41451	72710	30239	40076	70315
1980	22851	44078	66929	22106	42635	64741
1981	24881	32409	57290	24063	31347	55410
1982	32779	40597	73376	31699	39268	70967
1983	41414	43429	84843	40064	42005	82069
1984	42914	40435	83349	41515	39097	80612
1985	42033	35680	77713	40663	34516	75179
1986	53183	40822	94005	51423	39491	90914
1987	52778	78451	131229	51056	75892	126948
1988	53938	56151	110089	52176	54308	106484
1989	44642	52127	96769	43186	50428	93614
1990	50207	50109	100316	48558	48475	97033
1991	50186	50971	101157	48550	49309	97859
Average – Promedio	38763	46926	85689	37495	45389	82884

TABLE 23. Average weights of yellowfin during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery.
 TABLA 23. Peso promedio del aleta amarilla en cada trimestre, a partir del trimestre en el cual fueron reclutados a la pesquería.

Average weight			Average weight			Average weight		
Quarter	Lbs.	Kg.	Quarter	Lbs.	Kg.	Quarter	Lbs.	Kg.
Peso promedio			Peso promedio			Peso promedio		
Trimestre	Lbs.	Kg.	Trimestre	Lbs.	Kg.	Trimestre	Lbs.	Kg.
1	0.84	0.38	10	61.24	27.80	19	224.11	101.75
2	1.80	0.82	11	77.19	35.04	20	240.35	109.12
3	3.52	1.60	12	94.54	42.92	21	255.52	116.01
4	6.33	2.87	13	112.89	51.25	22	269.60	122.40
5	10.58	4.80	14	131.86	59.86	23	282.55	128.28
6	16.60	7.54	15	151.07	68.59	24	294.40	133.66
7	24.62	11.18	16	170.17	77.26	25	305.18	138.55
8	34.76	15.78	17	188.86	85.74	26	314.95	142.99
9	47.01	21.34	18	206.90	93.93	27	323.75	146.98

TABLE 24. Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean. The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPDFs are in short tons per day. The quotas were for the CYRA only. The catches include all those taken by both surface and longline fishing in the eastern Pacific Ocean.

TABLA 24. Cuotas, capturas, y CPDP (cerqueros de la Clase 6) de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Se expresan las cuotas y capturas en miles de toneladas cortas, y las CPDP en toneladas cortas por día. Las cuotas son para el ARCAA solamente. Las capturas incluyen todo el pescado capturado con artes de superficie y palangreras en el Océano Pacífico oriental.

Year Año	Quota Cuota	Catch Captura	CPDF CPDP
1967	84.5	99.9	6.8
1968	93.0	129.8	16.3
1969	120.0	161.6	17.1
1970	120.0	186.6	14.0
1971	140.0 + (2x10) ¹	143.5	10.2
1972	120.0 + (2x10)	212.3	14.5
1973	130.0 + (3x10)	239.8	12.6
1974	175.0 + (2x10)	242.3	10.1
1975	175.0 + (2x10)	236.7	9.1
1976	175.0 + (2x10)	277.2	10.1
1977	175.0 + (20+15)	231.6	8.0
1978	175.0 + (20+15)	209.4	6.8
1979	175.0 + (20+15)	219.7	6.0
1980	none — ninguna	187.1	5.4
1981	none — ninguna	208.0	6.2
1982	none — ninguna	147.4	5.3
1983	none — ninguna	113.6	5.7
1984	none — ninguna	170.0	10.0
1985	none — ninguna	250.3	13.6
1986	none — ninguna	314.9	17.6
1987	none — ninguna	314.4	14.1
1988 ²	none — ninguna	332.5	13.5
1989 ²	none — ninguna	333.9	13.7
1990 ²	none — ninguna	315.8	14.0
1991 ²	none — ninguna	271.9	16.3

¹indicates two increments of 10 thousand tons each to be added at the discretion of the Director

¹señala dos incrementos, de 10 mil toneladas cortas cada uno, que se pueden añadir a discreción de Director

²preliminary estimates

²estimaciones preliminares

Year	Number	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Unknown	Total
1958	122	8	0	0	0	0	0	1	131
1962	960	86	0	83	0	1	3	0	170
1963	643	79	0	20	0	6	0	0	115
1964	959	107	0	75	0	17	1	0	199
1966	237	63	0	2	0	0	0	0	65
1968	35	6	0	0	0	0	0	0	6
1979	300	35	0	3	0	0	0	0	39
1980	114	3	0	3	0	0	0	0	7
Total	3,370	387	0	196	0	24	4	0	609

TABLE 25. Releases and recaptures 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 25. Liberaciones y recapturas de aletas azules 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	Number	Year 0		Year 1		Year 2		Year 3		Year 4		Year 5		Unknown		Total	
		East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West
1958	122	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	131
1962	960	86	0	83	0	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	170
1963	643	79	0	20	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115
1964	959	107	0	75	0	17	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	199
1966	237	63	0	2	0	0	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	0	0	6
1979	300	35	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	39
1980	114	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7
Total	3,370	387	0	196	0	24	4	0	3	0	2	0	1	2	0	0	609

TABLE 26. Releases and recaptures of bluefin tagged off Japan during 1980-1988. The abbreviations are as follows: W, western Pacific; C, central Pacific (between 160°E and 130°W); E, eastern Pacific; FSFRL, Far Seas Fisheries Research Laboratory.

TABLA 26. Liberaciones y recapturas de aletas azules marcados frente al Japón durante 1980-1988. Se usan las abreviaturas siguientes: O: Pacífico occidental; C: Pacífico central (entre 160°E y 130°W); E: Pacífico oriental; IATTC: Comisión Interamericana del Atún Tropical; FSFRL: Far Seas Fisheries Research Laboratory.

Release			Recapture																	
Year class	Organization	Number	Year 0			Year 1			Year 2			Year 3			Year 4			Total		
			W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E	W	C	E
Liberación			Recaptura																	
Clase anual	Organización	Cantidad	Año 0			Año 1			Año 2			Año 3			Año 4			Total		
			O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E	O	C	E
1979	IATTC	739	-	-	-	157	0	0	33	0	24	9	1	0	3	0	0	202	19	24
1980	IATTC	106	10	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
	FSFRL	802	64	0	0	46	0	0	8	0	4	2	0	0	0	0	0	120	0	24
1981	IATTC	3,297	264	0	0	48	2	24	5	0	1	0	0	0	0	0	0	317	12	25
	FSFRL	1,653	127	0	0	67	3	21	17	0	3	2	0	0	0	0	0	213	3	24
1982	IATTC	237	24	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0
	FSFRL	614	2	0	0	25	0	0	3	0	1	2	0	1	0	0	0	32	0	2
1983	FSFRL	788	8	0	0	11	0	1	9	0	19	1	0	0	0	0	0	129	0	20
1984	FSFRL	1,944	109	0	0	54	0	2	3	0	26	0	0	0	0	0	0	166	0	28
1985	FSFRL	993	1	0	0	84	0	0	10	0	4	1	0	0	-	-	-	96	0	4
1986	FSFRL	863	45	0	0	37	0	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-	82	0	1
1987	FSFRL	729	35	0	0	10	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	0	1
1988	FSFRL	588	14	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	0	0
Total		13,353	703	0	0	645	5	49	89	0	83	17	1	1	3	0	0	1,457	6	133

TABLE 27. Estimated numbers of bluefin, in thousands, caught in the western and eastern Pacific Oceans.
 TABLA 27. Número estimado de aletas azules, en miles, capturados en el Océano Pacífico occidental y oriental.

Year class	Western Pacific Ocean			Eastern Pacific Ocean	
	0	1	2	1	2
Clase anual	Océano Pacífico occidental			Océano Pacífico oriental	
	0	1	2	1	2
1958	-	-	-	17	47
1959	-	-	-	24	298
1960	-	-	-	577	450
1961	-	-	-	990	529
1962	-	-	-	501	202
1963	-	-	-	982	288
1964	-	-	91	333	715
1965	-	266	3	622	308
1966	1270	461	1	97	155
1967	3607	964	78	416	311
1968	2300	371	48	290	256
1969	2970	378	2	13	556
1970	1938	443	15	366	-
1971	3316	682	20	-	458
1972	498	124	28	810	407
1973	4875	1403	46	163	529
1974	3953	676	96	439	173
1975	1277	222	61	483	211
1976	1784	698	151	50	94
1977	2542	478	98	473	457
1978	5091	1452	119	161	225
1979	2088	611	180	118	60
1980	2810	605	200	6	88
1981	1975	785	139	281	69
1982	665	213	44	28	42
1983	1362	421	49	35	272
1984	2417	757	61	117	369
1985	2046	760	-	40	62
1986	1470	-	-	16	47

TABLE 28. Correlations for various combinations of catches of bluefin. WPO and EPO stand for western and eastern Pacific Ocean, respectively.

TABLA 28. Correlaciones para varias combinaciones de capturas de aleta azul. WPO = Océano Pacífico occidental; EPO = Océano Pacífico oriental.

Correlation	Degrees of freedom	r
Correlación	Grados de libertad	r
1. WPO, age 0, versus EPO, age 1	18	-0.069
2. WPO, age 0, versus EPO, age 2	18	0.386
3. WPO, age 1, versus EPO, age 1	18	-0.306
4. WPO, age 1, versus EPO, age 2	18	0.078
5. WPO, age 2, versus EPO, age 1	18	-0.278
6. WPO, age 2, versus EPO, age 2	18	-0.463*
7. EPO, age 1, versus EPO, age 2	18	0.418
8. WPO, age 0, versus WPO, age 1	18	0.843**
9. WPO, age 0, versus WPO, age 2	17	0.174
10. WPO, age 1, versus WPO, age 2	18	0.344
11. EPO, age 2, versus WPO, age 0, and WPO, age 2	15	0.746**

* significant at 5-percent level

**significant at 1-percent level

TABLE 29. Growth, weight-length, and fishing mortality data used for estimation of yields per recruit of northern bluefin.
TABLA 29. Datos de crecimiento, peso-talla, y mortalidad de pesca usados para estimación de rendimientos por recluta de atún aleta azul norteño.

Age in years	Equation	Units of measurement	Source								
Edad en años	Ecuación	Unidades de medir	Fuente								
Growth – Crecimiento											
0.1250-1.0037	$L_{t2}^{0.001} = 581^{0.001} + (L_{t1}^{0.001} - 581^{0.001})e^{0.01184(t2 - t1)}$	millimeters, days	IATTC Bull., Vol. 20, No. 1								
1.0037-5.0000	$L_t = 564 + 0.709\Delta t$	millimeters, days	IATTC Bull., Vol. 20, No. 1								
5.0000-15.0000	$L_t = 1595 + 63.500\Delta t$	millimeters, years	linear interpolation								
Weight-length – Peso-talla											
0.1250-0.6250	$w = (2.87819 \times 10^{-9})l^{3.33350}$	millimeters, kilograms	IATTC Spec. Rep., No. 7								
0.6250-15.0000	$w = (1.92917 \times 10^{-7})l^{2.79464}$	millimeters, pounds	IATTC Spec. Rep., No. 7								
Fishing mortality – Mortalidad de pesca											
First-year migrants – Emigrantes del año primero											
Year 0		Year 1		Year 2		Years 3 and 4		Year 5		Subsequent years	
Año 0		Año 1		Año 2		Años 3 y 4		Año 5		Años siguientes	
May 16.-Jun. 30	0.0	Jan.-Jun.	0.0	Jan.-Mar.	0.0	Jan.-Dec.	0.0	Jan.1-May 15	0.5	Jan.-Dec.	1.0
Jul.	0.5	Jul.-Sep.	1.0	Apr.-Jun.	0.5			May 16-Dec. 31	1.0		
Aug.-Sep.	1.0	Oct.-Dec.	0.5	Jul.-Sep.	1.0						
Oct.-Dec.	0.5			Oct.-Dec.	0.5						
Second-year migrants – Emigrantes del año segundo											
Year 0		Year 1		Year 2		Years 3 and 4		Year 5		Subsequent years	
Año 0		Año 1		Año 2		Años 3 y 4		Año 5		Años siguientes	
May 16-Jun. 30	0.0	Jan.-Sep.	1.0	Jan.-Mar.	0.0	Jan.-Dec.	0.0	Jan. 1-May 15	0.5	Jan.-Dec.	1.0
Jul.	0.5	Oct.-Dec.	0.5	Apr.-Jun.	0.5			May 16-Dec. 31	1.0		
Aug.-Dec.	1.0			Jul.-Sep.	1.0						
				Oct.-Dec.	0.5						

TABLE 30. 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 1991 data are preliminary.

TABLA 30. Capturas anuales de patudo, en toneladas cortas, logradas por todas las artes en el Océano Pacífico, y por artes de superficie y palangre en el Océano Pacífico oriental. Los datos de 1991 son preliminares.

Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear
	Surface	Longline	
Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes
	de superficie	palangre	
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	361	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	2,820	43,072	73,900
1969	635	63,631	87,900
1970	1,469	40,519	83,800
1971	2,829	34,902	74,700
1972	2,467	43,006	98,000
1973	2,181	61,170	98,400
1974	981	48,669	98,533
1975	4,104	54,762	112,895
1976	11,228	61,348	139,500
1977	7,777	81,333	158,718
1978	12,912	82,015	129,986
1979	8,303	75,098	138,908
1980	16,999	78,928	133,931
1981	11,124	54,951	111,445
1982	4,522	50,632	119,919
1983	3,593	63,775	122,169
1984	6,539	50,285	113,136
1985	4,996	62,874	136,605
1986	2,137	84,487	165,568
1987	850	99,049	165,897
1988	1,161		133,003
1989	1,621		141,032
1990	5,232		149,633
1991	4,008		

TABLE 31. Data on tagged bigeye at liberty long periods of time (from IATTC Special Report, 2: page 259). The lengths are given in centimeters and the distances in nautical miles.
TABLA 31. Datos de petudos en libertad durante largos períodos (del Informe Especial N° 2 de la CIAT; página 259). Se expresan las tallas en centímetros y las distancias en millas náuticas.

Release			Recapture			Distance	Days free	Direction	Reference
Area	Date	Length	Area	Date	Length				
Liberación			Recaptura			Distancia	Días en libertad	Dirección	Referencia
Area	Fecha	Talla	Area	Fecha	Talla				
30°59'N-	Jan. 31,	122.3	32°41'N-	Nov. 24,	126.8	785	298	82	1
171°14'W	1955		155°57'W	1955					
30°59'N-	Jan. 31,	109.0	29°50'N-	Feb. 2,	127.5	348	368	259	2
171°14'W	1955		117°50'W	1956					
32°59'N-	May 31,	82	29°15'N-	Nov. 11,	110-115	540	530	255	2
143°19'E	1958		133°45'E	1959					
32°59'N-	May 31,	81	35°27'N-	Jan. 17,	119	182	597	324	2
143°19'E	1958		141°10'E	1960					
3°18'N-	May 6,	80	2°12'S-	Jan. 13,	?	664	253	117	IATTC, unpublished
90°50'W	1967		81°01'W	1968					
3°18'N-	May 12,	50	4°32'N-	Jun. 18,	128.0	1,020	769	274	3
90°50'W	1967		107°50'W	1969					
Cairns, Australia	1986	-	Gilbert Islands	-	-	ca. 2,000	31 mos.	ca. 45	4
Cairns, Australia	1986	-	Line Islands	-	-	ca. 3,600	43 mos.	ca. 60	4
Cairns, Australia	1986	-	Solomon Islands	-	-	ca. 1,500	ca. 1,650	ca. 45	4

1. Pacif. Sci., 10 (2): 236.

2. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 25: 75-80.

3. IATTC, Ann. Rep., 1969: 28.

4. Austral. Fish., 51 (6): 24.

INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1991

INTRODUCCION

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio suscrito originalmente por Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de cualquier país cuyos ciudadanos pesquen atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental. Bajo esta estipulación, la República de Panamá se afilió 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. Costa Rica se adhirió de nuevo al Convenio en 1989, y Vanuatu se hizo miembro de la Comisión en 1990.

Las obligaciones principales de la Comisión bajo 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 las medidas de conservación apropiadas para que los stocks de peces puedan mantenerse a niveles que permitan capturas máximas sostenibles.

En 1976 se ampliaron las obligaciones de la Comisión para abarcar 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”. Los puntos específicos de participación son: (1) vigilar la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental a la pesca, mediante la toma de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco; (2) realizar reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) analizar los índices de abundancia de los delfines; y (4) proceder al entrenamiento e investigación sobre las artes de pesca y el comportamiento de los delfines.

Para cumplir con estos objetivos, la Comisión debe efectuar un amplio programa de estudios en el mar, en los puertos donde se desembarca el atún, y en el laboratorio. Dichos estudios son llevados a cabo por un equipo internacional permanente de investigadores y técnicos (Anexo 1), contratados por el Director, quién responde directamente ante la Comisión.

El programa científico se encuentra en su cuadragésimoprimer año. Los resultados de las investigaciones son publicados en inglés y español, los dos idiomas oficiales, en la serie de Boletines de la Comisión. En un Informe Anual, asimismo bilingüe, se describen las actividades realizadas en el año en cuestión. Se publican otros estudios en la serie de Informes Especiales de la Comisión, en libros, revistas científicas externas, y en publicaciones comerciales.

REUNIONES DE LA COMISION

Se convocó una reunión técnica en La Jolla, California, EE.UU., el 14 y 15 de enero de 1991, para profundizar los detalles de un programa internacional para la conservación de las poblaciones de delfines afectadas por la pesca de atunes en el Océano Pacífico oriental. El Dr. James Joseph, Director de la CIAT, presidió sobre la reunión, a la cual asistieron representantes de Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, España, los Estados Unidos, México, Nicaragua, Panamá, Vanuatu, y Venezuela, y también observadores de Italia, Nueva Zelanda, la Comunidad Económica Europea, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero. Asistieron asimismo observadores de 10 organizaciones no gubernamentales siguientes: American Cetacean Society, Association Robin des Bois, Center for Marine Conservation, Committee for Humane Legislation, Earth Island Institute, Friends of Animals, Greenpeace, Porpoise Rescue Foundation, Whale and Dolphin Conservation Society, y Windstart Foundation.

Se aprobó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Nombramiento de funcionarios
3. Aprobación de la agenda
4. Repaso de la pesquería atunera del Pacífico oriental en 1990:
 - a. Atunes
 - b. Delfines
5. Repaso de las acciones tomadas en la XLVIII Reunión de la CIAT y la Reunión Intergubernamental celebrada en San José, Costa Rica, en septiembre de 1990.
6. Alternativas para limitar y reducir la mortalidad incidental de los delfines.
7. Un programa para aumentar la cobertura por los observadores al 100%.
8. Programas para mejorar las artes y técnicas de pesca actuales en cuanto a la reducción de la mortalidad de los delfines y para desarrollar métodos alternativos de pesca con miras a eliminar la mortalidad de delfines causada por la pesca.
9. Programas para lograr los más altos niveles de desempeño en cuanto a la prevención de la mortalidad de los delfines por la flota internacional que opera en el Pacífico oriental.
10. Requerimientos para la ejecución del programa:
 - a. Administrativos
 - b. Fiscales
11. Recomendaciones
12. Otros asuntos
13. Clausura

Científicos de la CIAT presentaron un documento técnico, Aspectos Técnicos de un Programa Internacional para la Conservación de las Poblaciones de Delfines Afectadas por la Pesca de Atunes Tropicales en el Océano Pacífico Oriental, sobre la cual se hicieron comentarios.

Esta reunión fue seguida los días 16 a 18 de enero por una reunión inter-gubernamental, en la cual los representantes de los distintos gobiernos discutieron el mismo tema. Miembros del equipo de la CIAT proporcionaron asesoría técnica a los participantes. La reunión aprobó una resolución (Anexo 2) sobre la ampliación del programa internacional de observadores y la profundización de la investigación de métodos de pescar atunes sin involucrar a los delfines.

La Comisión celebró su XLIX Reunión en Tokio (Japón), del 18 al 20 de junio de 1991, con el Sr. Koji Imamura como Presidente. Asistieron representantes de los siete gobiernos miembros, así como observadores de Colombia, Chile, Ecuador, España, México, Perú, Senegal, Taiwan, la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, Venezuela, la Comisión Ballenera Internacional, la Comunidad Eco-

nómica Europea (CEE), la Forum Fisheries Agency, y Greenpeace.

Se aprobó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Examen de la investigación atunera actual
4. El año pesquero 1990
5. Condición de los stocks de atunes
6. Examen del Programa Atún-Delfín
7. Recomendaciones para 1991
8. Programa de investigación y presupuesto recomendado para el AF 1992-1993
9. Consideración de un Protocolo al Convenio estableciendo la Comisión Interamericana del Atún Tropical
10. Fecha y sede de la próxima reunión
11. Nombramiento de funcionarios
12. Otros asuntos
13. Clausura

La Comisión tomó las acciones siguientes:

(1) Aprobó una resolución invitando al Gobierno Depositario, los Estados Unidos, a iniciar las gestiones para enmendar el Convenio de la Comisión para facilitar la adhesión de naciones elegibles a la Comisión y para permitir la adhesión de organizaciones internacionales, tal como la CEE. El texto de la resolución es como sigue:

Notando que el procedimiento para la adhesión a la Convención entre los Estados Unidos de Norte América y la República de Costa Rica para el establecimiento de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (de aquí en más llamada la "Convención") presentado en el Art. V, Párrafo 3, ha creado dificultades a los esfuerzos de gobiernos elegibles para adherirse a la Convención;

Notando que organizaciones intergubernamentales de integración económica puedan haber recibido, transferido por sus estados miembros, competencias sobre los asuntos gobernados por la Convención;

Deseando que el Artículo V, párrafo 3 de la Convención sea enmendado, en particular, para facilitar la adhesión de gobiernos elegibles a la Convención y para capacitar a las organizaciones elegibles mencionadas en el párrafo 2 para adherirse a la Convención;

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, por lo tanto, resuelve invitar al Gobierno Depositario de la Convención para que tome los pasos necesarios que fueren apropiados para iniciar los procedimientos formales necesarios para enmendar los Artículos relevantes de la Convención.

(2) Se invitó a las naciones con costas bordeando el Océano Pacífico oriental (OPO), y a otras naciones cuyas embarcaciones pescan atunes en el OPO con redes de cerco, a contribuir a los esfuerzos por reducir o eliminar la mortalidad de delfines en la pesca atunera, de acuerdo con la resolución siguiente:

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, en su XLIX Reunión, celebrada en Tokio, Japón, del 18 a 20 de junio de 1991:

Notando la resolución de la Reunión Intergubernamental celebrada en San José, Costa Rica, en septiembre de 1990, la cual recomendó establecer un programa internacional para reducir la mortalidad de los delfines causada por la pesca atunera con red de cerco en el Océano Pacífico oriental a niveles insignificantes cercanos a cero, junto con investigaciones para mejorar las artes y técnicas de pesca actuales con respecto a la reducción de la mortalidad de los delfines y desarrollar métodos alternativos de pesca que no impliquen lances intencionales sobre delfines, e identificó a la Comisión Interamericana del Atún Tropical como la entidad más adecuada para coordinar los aspectos técnicos del programa;

Notando además la resolución de la Reunión Intergubernamental celebrada en La Jolla, California, del 16 al 18 de enero de 1991, la cual expresa la voluntad de los gobiernos de reducir la mortalidad de delfines en 1991 a un 50% del nivel de 1989, ampliar la cobertura de la flota internacional por observadores al 100%, apoyar esta cobertura ampliada mediante la contribución de fondos a la Comisión Interamericana del Atún Tropical, invitar a los gobiernos a apoyar programas de investigación para desarrollar tecnología para reducir o eliminar la mortalidad de los delfines en la pesquería, y exhortar a la Comisión Interamericana del Atún Tropical a invitar a la industria de procesamiento y comercialización de atún y a entidades gubernamentales y otras, incluidas las organizaciones ambientalistas, a participar en el financiamiento y ejecución de dichos programas de investigación;

Notando además que entre 1986, año en el cual el programa internacional de delfines de la Comisión Interamericana del Atún Tropical fue ejecutado plenamente, y 1990, la mortalidad total de los delfines se redujo en más de un 60%, y sigue disminuyendo en forma significativa en 1991;

Notando además que algunos de los fondos para la realización de los objetivos de la Resolución de La Jolla ya han sido recibidos por la Comisión Interamericana del Atún Tropical de la industria de procesamiento y comercialización de atún;

Notando además que la ampliación al 100% del programa internacional de observadores, recomendada en la Resolución de La Jolla, está siendo realizada, y que la industria atunera está proporcionando fondos para apoyar dicha ampliación;

Reconociendo la importancia del programa internacional, tal como se definió en la resolución adoptada por la Reunión Intergubernamental llevada a cabo en San José, Costa Rica, los días 18 y 19 de septiembre de 1990 en La Jolla los días 16 al 18 de enero de 1991,

Invita a los países cuyas costas bordean el Océano Pacífico oriental y a las naciones cuyas embarcaciones pescan atunes con redes de cerco en el Océano Pacífico oriental, a iniciar y/o ampliar programas nacionales de investigación para desarrollar tecnología para reducir la mortalidad de los delfines en la pesquería, y/o apoyar con medios financieros o de otro tipo a los programas internacionales de investigación ideados para mejorar el desempeño de la tecnología actual para la reducción de la mortalidad de los delfines ocasionada por la pesca y desarrollar métodos alternativos de pesca de atunes aleta amarilla grandes que no impliquen lances intencionales sobre delfines.

(3) El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 210,000 toneladas cortas en el Área de Reglamentación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA) en el año pesquero 1991, con la opción de aumentar dicho límite por hasta cuatro incrementos de 20,000 toneladas cada uno, debido a la incertidumbre acerca de la composición por talla del pescado en la captura durante el resto del año. En el Documento Né 2 preparado para la reunión se presentan las razones por esta recomendación. La Comisión aprobó la resolución siguiente con respecto a un programa de conservación de aleta amarilla en 1991:

La Comisión Interamericana del Atún Tropical, teniendo la responsabilidad del estudio científico de los atunes y especies afines del Océano Pacífico Oriental, y la formulación de recomendaciones a las Altas Partes Contratantes con respecto al manejo de dichos recursos y habiendo mantenido desde 1950 un programa científico ininterrumpido dedicado al estudio de dichas especies,

Observa que el atún aleta amarilla del Pacífico Oriental constituye un recurso que sostiene a una de las pesquerías de atunes con artes de superficie más importantes del mundo, y

Reconoce, con base en la experiencia previa en esta pesquería, que existe la posibilidad de reducir la producción potencial del recurso si el esfuerzo de pesca es excesivo;

Tiene presente que el cumplimiento satisfactorio del programa de conservación entre 1966 y 1979 mantuvo los stocks de aleta amarilla, y

Observa que de 1980 a 1990, excepto 1987, a pesar de no haberse establecido un programa de

conservación, el personal científico de la Comisión recomendó medidas de conservación a los Delegados, quienes a su vez transmitieron estas recomendaciones a sus gobiernos respectivos, y

Observa que, a los niveles actuales de abundancia y al nivel actual de capacidad de la flota, es posible sobreexplotar el stock de aleta amarilla,

Concluye que se debería implementar una limitación de la captura del aleta amarilla en 1991.

La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por lo tanto a las Altas Partes Contratantes que se establezca una cuota anual para el año civil 1991 de 210,000 toneladas cortas para la captura total del atún aleta amarilla del ARCAA, tal como se definiera en la resolución adoptada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y que se autorice al Director a aumentar este límite por un máximo de cuatro incrementos de 20,000 toneladas cortas cada uno, si el análisis de los datos disponibles le lleva a la conclusión que estos incrementos no perjudicarían el stock de forma sustancial, y

Recomienda finalmente que todas las naciones miembros y demás naciones interesadas hagan lo posible por lograr el cumplimiento de tal programa de conservación del atún aleta amarilla en 1991.

(4) La Comisión aprobó un presupuesto recomendado de US\$4,423,824 para el año financiero 1992-1993.

(5) La Comisión acordó que su próxima reunión tendría lugar en La Jolla, California (EE.UU.) a fines de mayo o en junio de 1992.

(6) La Comisión eligió al Ing. Herbert Nanne Echandi de Costa Rica y al jefe de la delegación de Nicaragua como Presidente y Secretario, respectivamente, de la próxima reunión de la CIAT.

ADMINISTRACION

PRESUPUESTO

En la cuadragésimasexta reunión, celebrada del 10 al 12 de mayo de 1989 en París (Francia), la Comisión aprobó unánimamente el presupuesto de \$US 3,706,020 presentado por el Director para el año fiscal 1990-1991. Sin embargo, la cantidad aportada por los países miembros en dicho año fue \$US 3,204,882, o \$US 501,138 menos que la suma recomendada y aprobada. A consecuencia de ésto, se tuvieron que limitar algunos proyectos programados.

INFORME FINANCIERO

El estado de cuentas de la Comisión para el año fiscal 1990-1991 fue comprobado por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 3 del presente informe se presentan las tablas compendiadas del informe de los mismos.

COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Durante 1991 el equipo de investigadores continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones e instituciones investigativas 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 del Scripps Institution of Oceanography de la Universidad de California 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 afines. Esta situación fomenta un contacto frecuente entre los investigadores de la CIAT y los científicos de estas entidades. El Dr. Richard B. Deriso compartió con el Dr. George Sugihara, del

Scripps Institution of Oceanography, la enseñanza de un curso titulado "Quantitative Theory of Populations and Communities" [Teoría Cuantitativa de Poblaciones y Comunidades] dada en dicha institución en otoño de 1991.

Durante muchos años se han mantenido relaciones cordiales y productivas 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. Por ejemplo, tres miembros del personal de la CIAT asistieron a una reunión de la Asesoría Experta de la FAO sobre las Interacciones de las Pesquerías de Atún en el Océano Pacífico, patrocinada por la FAO, en Noumea (Nueva Caledonia), para la cual prepararon cuatro documentos. Uno actuó como Presidente del grupo de trabajo sobre el aleta amarilla del Pacífico oriental y Co-presidente del grupo de trabajo sobre el barrilete, otro como Presidente del grupo de trabajo sobre el aleta azul del norte y uno de los relatores del grupo de trabajo sobre la albacora del Pacífico norte, y el tercero como uno de los relatores del grupo de trabajo sobre el aleta azul del norte.

Durante 1991, la Comisión continuó su estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con organismos similares de diversos países no afiliados. Por ejemplo, del 25 al 31 de mayo de 1990 se celebró en La Jolla un taller sobre los atunes aleta azul, auspiciado conjuntamente por la CIAT y el Australian Fisheries Service. El objetivo de la reunión fue discutir e informar sobre los puntos fuertes y débiles de las técnicas de evaluación de los stocks usadas para los stocks de los Océanos Atlántico, Pacífico, e Índico y del Mar Mediterráneo. Las actas de la reunión fueron publicadas como un Informe Especial en 1991. Desde octubre de 1989 el Dr. Martín Hall ha servido como miembro del Comité sobre la Reducción de la Mortalidad de los Delfines en la Pesca Atunera de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. Desde 1977 los investigadores de la CIAT han capacitado observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros sobre la abundancia, la mortalidad, y otros aspectos de la biología de los delfines. Diversas organizaciones gubernamentales e institucionales educativas, así como representantes del sector industrial, han colaborado activamente en el entrenamiento y embarque de estos observadores. A través de los años, científicos y estudiantes de muchos países han visitado la oficina principal de la Comisión, permaneciendo durante varias semanas o meses, aprendiendo nuevos métodos de investigación o utilizando los datos de la CIAT para sus estudios. En la sección titulada **CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA** se enumeran aquellos cuyas visitas duraron más de 2 semanas. Asimismo, 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.

El 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 dicho laboratorio han ayudado a científicos locales con 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 *Estudios del recurso de pargo*.

CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA

El Dr. Hideki Nakano, del National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón), completó su visita a La Jolla el 28 de febrero de 1991, y volvió al Japón. Pasó un año colaborando con científicos de la CIAT en un estudio de la pesca de atunes y picudos con palangre en el

Océano Pacífico oriental y en distintos aspectos de la biología de los picudos del Pacífico.

El Sr. Arvid K. Beltestad, del Institute of Fishery Technology Research en Bergen (Noruega), quien estuvo estudiando las artes y métodos de pesca con red de cerco en la oficina de la CIAT en La Jolla desde septiembre de 1990, completó su tarea el 25 de junio de 1991, y regresó a Noruega.

El Sr. Michel Goujon, antiguo alumno del Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes en Rennes (Francia), completó una visita de 16 meses a La Jolla el 16 de agosto de 1991, y volvió a Francia. Durante su estancia en La Jolla colaboró con miembros del personal en simulaciones en computadora para estimar los efectos potenciales sobre la pesquería de cesar de hacer lances sobre atunes asociados con delfines y trabajó independientemente en un estudio de las pesquerías de atunes en la Isla Clipperton y la Polinesia Francesa.

El Dr. Arne Bjørge, biólogo del Ministerio del Ambiente de Noruega, comenzó una visita de diez semanas a la oficina principal de la CIAT en La Jolla el 11 de diciembre de 1991. Realizó sus propias investigaciones sobre los mamíferos marinos y discutió proyectos de investigación con biólogos de la CIAT y el NMFS.

El Dr. Thomas Munroe, del Laboratorio de Sistemática del National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos en Washington, D.C., pasó el período del 1 al 20 de julio en el Laboratorio de Achotines, donde colectó peces en las aguas costeras como parte de un proyecto para describir los arenques y anchoas del Golfo de Panamá.

El Sr. Simon Thorrold, del Instituto Australiano de Ciencias Marinas de Townsville, Queensland, pasó el período del 1 de julio al 6 de agosto en el Laboratorio de Achotines, donde colaboró con científicos de la CIAT en el uso de trampas de luz para la captura de escómbridos larvales tardíos y juveniles primarios.

El Sr. Michael G. Hinton, miembro del personal de la CIAT, comenzó una asignación de 7 semanas con el National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón) el 20 de noviembre de 1991. Durante su visita allí trabajó con el Dr. Hideki Nakano de dicha institución en estudios de picudos.

OFICINAS REGIONALES

La Comisión mantiene oficinas regionales en Manta (Ecuador); Terminal Island, California, y Mayaguez, Puerto Rico, (EE.UU); Ensenada, Baja California, y Mazatlán, Sinaloa (México); Panamá (República de Panamá); Trujillo (Perú); y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos allí radicados obtienen estadísticas de los desembarcos, recopilan las bitácoras de los barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, toman medidas y demás datos biológicos de los peces, y colaboran en la capacitación y embarque de los observadores que acompañan a los barcos que participan en el programa atún-delfín de la Comisión. Este trabajo no sólo se lleva a cabo en los puertos arriba nombrados, sino que también se efectúa en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, visitados periódicamente por el personal de las oficinas regionales.

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. Dicho laboratorio se emplea principalmente para estudios de las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que 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 condición de los diversos stocks de túnidos. 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

La publicación pronta y completa de los resultados de la 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 al mismo tiempo despertar el interés de otros investigadores en dicha labor. A fines de 1991 el personal de la CIAT había publicado 130 Boletines, 39 Informes anuales, 6 Informes Especiales, 5 libros, y 371 capítulos y artículos en libros y revistas externas. En el Anexo 4 del presente informe se enumeran las contribuciones del equipo de investigadores publicadas durante 1991.

LA PESQUERIA

ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESEMBARCOS

El área de interés principal para el personal de la CIAT es el Océano Pacífico oriental (OPO), definido como la zona entre el litoral de las Américas y 150°W.

Los datos estadísticos obtenidos en las oficinas regionales de la Comisión son recopilados y procesados de forma continua. Se obtienen así estimaciones de estadísticas pesqueras de diversos grados de exactitud y precisión. Ya que se puede tardar un año o más en obtener cierta información definitiva, y ya que se ha ido actualizando los datos de años anteriores, las estadísticas anuales aquí presentadas son las más actuales, y reemplazan a aquellas publicadas anteriormente. Los tonelajes se expresan en toneladas cortas.

En la Tabla 1 se presentan estimaciones anuales de la captura de distintas especies de atunes y especies afines desembarcadas por la flota atunera del OPO (ver sección siguiente). Se incluyen solamente las capturas con artes de superficie, más las capturas de aleta amarilla, *Thunnus albacares*, logradas por la flota palangrera japonesa en el Area de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA, Figura 1). Los datos de captura del aleta amarilla en el ARCAA y del barrilete *Katsuwonus pelamis*, y aleta azul, *Thunnus thynnus*, en el OPO son casi completos, salvo las cantidades mínimas de las tres especies capturadas por barcos de pesca deportiva y artesanal, y las capturas insignificativas de barrilete y aleta azul logradas por 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 en dichas zonas puesto que no incluyen datos de embarcaciones que no pescaron en el OPO durante el año en cuestión. La Tabla 1 no incluye las capturas sustanciales de aleta amarilla logradas con palangre en el OPO fuera del ARCAA, ni tampoco las grandes cantidades de patudo, *Thunnus obesus*, capturado por la pesca palangrera en el OPO; se incluyen esas capturas en las Tablas 24 y 30.

No se impusieron restricciones sobre la pesca de atunes en el OPO entre 1979 y 1990, y por lo tanto se comparan las estadísticas de 1991 con aquellas de 1979-1990. Durante este período ocurrió un importante evento de El Niño, que comenzó hacia fines de 1982 y persistió hasta fines de 1983. Las tasas de captura en el OPO fueron bajas durante este Niño, lo cual causó un traslado del esfuerzo de pesca del Pacífico oriental al occidental, y el esfuerzo permaneció relativamente bajo durante 1984-1986.

La captura media de aleta amarilla en el ARCAA en el período 1979-1990 fue 202.0 mil toneladas (rango: 91.4 a 294.7). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1991 es

de 237.5 mil toneladas. Durante 1979-1990 la captura media de aleta amarilla en el área entre el límite del ARCAA y 150°W fue 28.5 mil toneladas (rango: 13.5 a 51.3). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en este área en 1991 es de 21.5 mil toneladas. La captura estimada de aleta amarilla en el OPO en 1991, 259.0 mil toneladas, es bien inferior al valor anual máximo registrado en 1989 (317.8 mil toneladas), aunque si supera al promedio de 1979-1990 de 230.5 mil toneladas.

En la Figura 2 se ilustra la distribución media anual de las capturas de aleta amarilla registradas en el OPO en 1979-1990, y en la Figura 3 una estimación preliminar para 1991. Las áreas de mayor captura varían de acuerdo con cambios en las condiciones de pesca durante el año. La captura de aleta amarilla en el primer trimestre de 1991 fue generalmente limitada a regiones dentro del ARCAA, la mayoría de ellas cerca de la costa y a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical. La pesca fue buena también en alta mar desde 9°S hasta 11°S entre 80°W y 90°W. Durante el segundo trimestre continuaron estas capturas costeras, con áreas de capturas altas cerca del litoral entre 10°N y 23°N. En este trimestre aumentaron las capturas de altamar entre 5°N y 15°N desde 120°W hasta 140°W. Las capturas en el tercer trimestre se vieron distribuidas de forma bastante uniforme entre 6°N y 15°N desde 84°W hasta 140°W, con algunas zonas de alta captura cerca de la costa, especialmente cerca de la punta sur de Baja California. Durante el cuarto trimestre la distribución de la pesca fue similar a la del primer trimestre, con la mayoría de la captura lograda dentro del ARCAA, excepto que la pesca siguió buena cerca de la punta de Baja California.

Entre 1979 y 1990 la captura media de barrilete en el OPO fue 94.3 mil toneladas (rango: 54.5 a 145.5). La estimación preliminar de la captura de barrilete en el OPO en 1991 es 71.3 mil toneladas.

En la Figura 4 se ilustra la distribución media anual de las capturas cerqueras de barrilete en el OPO en 1979-1990, y en la Figura 5 una estimación preliminar para 1991. Al igual que en 1990, en 1991 las capturas de barrilete estuvieron concentradas en dos áreas: entre 5°S y 10°N desde la costa hasta 90°W, y más al sur entre 10°S y 15°S desde 80°W hasta 85°W.

El aleta amarilla y barrilete forman la mayor parte de la captura total del OPO, pero el aleta azul, patudo, albacora (*Thunnus alalunga*), barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis*), y otras especies contribuyen también. La captura total de estas otras especies en el OPO fue de unas 8.4 mil toneladas en 1991, comparado con el promedio de 1979-1990 de 18.1 mil toneladas (rango: 8.2 a 32.7). La captura estimada de todas especies en el OPO en 1991 fue de unas 338.8 mil toneladas.

Los barcos atuneros que pescan en el OPO pescan de vez en cuando en otras zonas en el mismo año. En 1991 varios barcos que formaban parte de la flota del OPO pescaron también en el Pacífico occidental y/o en el Atlántico y Caribe. En 1979-1990 la captura mediana lograda por estos barcos en el Pacífico occidental fue unas 8.0 mil toneladas (rango: 0.3 a 83.6), y en el Atlántico y Caribe unas 8.5 mil toneladas (rango 0.5 a 17.3). Las capturas máximas realizadas en otras zonas por barcos de la flota atunera del OPO fueron logradas en 1983, año en el cual se registró la captura más baja en el OPO (180.4 mil toneladas) desde 1960 (173.6 mil toneladas). Las estimaciones preliminares indican que las capturas totales de 1991 en esas zonas por barcos de la flota atunera del OPO se cifraron en unas 1.8 mil toneladas en el Pacífico occidental y 9.0 mil toneladas en el Atlántico y Caribe.

En la Tablas 2 y 3 se detallan las capturas en el OPO, clasificadas por bandera, y los descargues de pescado capturado en el OPO, clasificados por país, correspondientes a 1990 y a estimaciones preliminares para 1991. Los descargues representan pescado descargado en el año civil, sin tener en cuenta el año en que fue capturado. El país de descargue es aquel en el cual se descargó el pescado del barco, o en el caso de trasbordos, el país que recibió el pescado trasbordado. En 1991 el 92% de las 259.0 mil toneladas de aleta amarilla capturadas en el OPO provinieron del ARCAA. Barcos mexicanos, venezolanos, ecuatorianos, y estadounidenses fueron responsables del 42%, 16%, 12%, y 11%, respectivamente, de la captura total del OPO.

Datos preliminares de descargue señalan que de las 350.8 mil toneladas descargadas en 1991,

96.8 mil toneladas (28%) fueron descargadas en México; le siguen Ecuador (55.5 mil toneladas; 16%) y Venezuela (45.4 mil toneladas; 12%). Otros países con descargues significativos de atunes capturados en el OPO incluyeron Costa Rica, España, y los Estados Unidos. Cabe destacar que cuando se disponga de información final, es posible que se asignen algunos descargues a países diferentes, debido a la exportación de pescado almacenado a plantas procesadores en otros países.

Bajo las estipulaciones del Convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical, el objetivo principal de las investigaciones de la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas por la pesca atunera del OPO. Tomando en cuenta los movimientos extensos de los atunes, la movilidad de los barcos de las flotas atuneras de los distintos países, y el carácter internacional del comercio del atún, las estadísticas de captura y esfuerzo del OPO deben ser vistas a la luz de las estadísticas mundiales. En las Figuras 6 y 7 se presentan las capturas mundiales estimadas de atunes y especies afines en 1990, el año más reciente para el cual se dispone de datos. En la Figura 8 se ilustran las capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1975-1990, por océano.

LA FLOTA ATUNERA DEL PACIFICO ORIENTAL

El personal de la CIAT mantiene registros del arte de pesca, bandera, y capacidad de acarreo de la mayoría de los barcos que pescan atunes aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el OPO. No se mantienen registros de los barcos palangreros de bandera de países de Lejano Oriente, ni de barcos de pesca deportiva ni embarcaciones pequeñas tales como canoas y lanchas. La flota del OPO aquí descrita incluye barcos que pescaron aleta amarilla, barrilete, o aleta azul en el OPO durante el año entero o parte del mismo.

Se usan las estimaciones de capacidad del armador o astillero del barco a menos de que los registros de descargue indiquen que sea apropiado revisarlas. Para los registros se dividen los barcos por capacidad de acarreo en las siguientes clases: Clase 1, menos de 51 toneladas cortas; 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. (No se deben confundir éstas clases con los ocho grupos de tamaño usados para calcular la captura por tonelada de capacidad de acarreo en la sección titulada *Captura por tonelada de capacidad de acarreo*.) Con la excepción de los palangreros y las embarcaciones pequeñas misceláneas descritas en el párrafo anterior, se incluyen todos los barcos que pescaron en el OPO durante el año en las estimaciones anuales del tamaño de la flota de superficie.

Hasta aproximadamente 1960 predominaron en la pesca de atunes en el OPO los barcos de carnada, que operaban en las zonas costeras y cerca de islas de altamar. Hacia fines de los años 50 y a principios de los 60, la mayoría de los barcos de carnada grandes fueron convertidos a la pesca con red de cerco, y en 1961 barcos de este tipo formaban la mayor parte de la flota de superficie del OPO. Entre 1961 y 1991 el número de barcos de carnada se redujo de unos 100 a 20, y la capacidad disminuyó de unas 10 mil a unas 2 mil toneladas. En el mismo período el número de cerqueros aumentó de unos 125 a 170, y la capacidad subió de unas 30 mil a casi 135 mil toneladas. Tanto el número como la capacidad alcanzaron un máximo durante 1978-1981, cuando el número de barcos osciló entre 247 y 268, y la capacidad entre 181 y 185 mil toneladas (Tabla 4).

La construcción de nuevos cerqueros de mayor tamaño, que comenzó a mediados de los años 60, resultó en un aumento en la capacidad de la flota de 46.3 mil toneladas en 1966 a 184.6 mil toneladas en 1976. Entre 1977 y 1981 la capacidad permaneció bastante estable, aumentando en tan sólo unas 1.6 mil toneladas. Se prosiguió la construcción de barcos nuevos durante este período, pero la capacidad adicional se vió compensada por pérdidas ocasionadas por barcos que se hundieron o que abandonaron la pesquería. En 1982 ocurrió una reducción de 16.2 mil toneladas en la capacidad de la flota, debido al

retiro de barcos o a su traslado a otras zonas de pesca, principalmente el Pacífico occidental. Esta tendencia continuó en 1983 a medida que disminuyeron las tasas de captura en el OPO, principalmente a raíz de las condiciones oceánicas anómalas de 1982-1983. En 1983 la capacidad de la flota se redujo en 28.8 mil toneladas, y en 1984 se redujo en 25.4 mil toneladas más; en aquel año alcanzó el nivel más bajo desde 1971, unas 116.5 mil toneladas. No obstante, en 1985 aumentó a unas 129.7 mil toneladas, debido principalmente al regreso de barcos del Pacífico occidental, pero en 1986 volvió a reducirse ligeramente a unas 124.5 mil toneladas. Durante 1987 se reactivaron varios barcos, y otros regresaron del Pacífico occidental al OPO a pescar, lo cual resultó en un aumento en la capacidad de la flota a unas 146.0 mil toneladas. Esta tendencia continuó en 1988, resultando en una capacidad de la flota de 151.4 mil toneladas, la mayor observada desde 1982 (Tabla 4). En 1989 la capacidad de la flota disminuyó a unas 136.6 mil toneladas, y en 1990 permaneció aproximadamente igual, en 137.6 mil toneladas. En 1990, empero, esta capacidad no estuvo presente en el OPO durante el año entero. En la primavera de 1990 la industria enlatadora de los Estados Unidos decidió no comprar más el atún capturado en asociación con delfines (conocida como la pesca "sin delfines"). Esto llevó a que muchas de las embarcaciones de bandera de los Estados Unidos que pescaban en el OPO abandonaran el área y se fueran a pescar en el Atlántico o el Pacífico occidental. Las enlatadoras mantuvieron esta política en 1991, y el número de barcos estadounidenses pescando en el OPO siguió disminuyendo.

En la Tabla 5 se presentan los datos finales de 1990 y preliminares de 1991 del número y capacidad de acarreo de barcos de arte de superficie de la flota atunera del OPO. Predominaron en ambos años barcos de bandera mexicana, estadounidense, y venezolana, que juntos formaron un 80% de la capacidad total de la flota. En ambos años la flota más grande fue la mexicana, con entre 35 y 40% de la capacidad total anual; la venezolana formó entre el 15 y el 20% del total en ese período. En 1990 la flota de los Estados Unidos incluía 29 barcos cerqueros grandes, pero tras la adopción de la política de pesca "sin delfines," disminuyó a solamente 13 barcos en 1991. Se espera que esta flota seguirá disminuyendo si las empresas enlatadoras mantienen esta política en 1992, la cual no parece haber afectado significativamente el tamaño de las demás flotas nacionales faenando en el OPO. La mayoría de la capacidad total de la flota atunera del OPO consiste de embarcaciones cerqueras de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. En 1990 y 1991 el 93% de la capacidad total que pescó en el OPO consistió de barcos de este tipo.

En la Figura 9 se presentan los valores medios, mínimos, y máximos mensuales del tonelaje de capacidad en el mar (CEM) en el OPO durante 1979-1990, junto con los de 1991. Los valores mensuales son los promedios de los valores de las estimaciones de la CEM publicadas en el informe semanal preparado por el personal de la CIAT. Se escogieron los valores de 1979-1990 para comparar con los de 1991 porque los años anteriores, en los cuales regían reglamentaciones, muestran distribuciones temporales del esfuerzo algo diferentes, a raíz de la restricción de la pesca del aleta amarilla en el ARCAA. En general, los valores de la CEM en 1991 son significativamente inferiores a los valores medios de 1979-1990, fenómeno atribuido a la reducción en el número de barcos estadounidenses participando en la pesquería que resulta de la política de pesca "sin delfines" arriba comentada.

REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA

En años anteriores, los investigadores de la CIAT han recomendado cuotas de captura del atún aleta amarilla en el Area de Reglamentación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA, Figura 1), y éstas han sido aprobadas en las resoluciones de la Comisión y puestas en práctica por las naciones que participan en la pesquería. Entre 1966 y 1979 se aprobaron y pusieron en vigor cuotas anuales, pero se tardó tanto en llegar a un acuerdo sobre la cuota para 1979 que no tuvo efecto. 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. En las próximas seis reuniones se recomendaron las cuotas siguientes: 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 incrementos facultativos a discreción del Director, con base en los resultados de los análisis de la condición del stock. Dichas cuotas fueron aprobadas pero no entraron en vigor. En la XLIV Reunión, debido a circunstancias especiales que resultaron en una abundancia extraordinariamente elevada de aleta amarilla en el Pacífico oriental, no se recomendó una cuota para 1987, pero se destacó que una cuota de captura sería muy probablemente necesaria en el futuro. En la XLV Reunión y las dos reuniones siguientes se recomendaron cuotas de 190 mil toneladas para 1988, 220,000 toneladas para 1989, y 200,000 toneladas para 1990, con la posibilidad de incrementos facultativos basados en los resultados de las investigaciones sobre la condición del stock. Se aprobaron estas cuotas, pero no se pusieron en vigor. En la XLIX Reunión, celebrada en junio de 1991, se recomendó una cuota de 210 mil toneladas, con cuatro incrementos opcionales de 20 mil toneladas cada uno. De nuevo, se aprobó la cuota (ver resolución en las páginas 186-187), pero no se puso en vigor.

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 OPO.

LA INVESTIGACION

BIOLOGIA DE LOS TUNIDOS Y PICUDOS

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

Los investigadores de la Comisión usan 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. Se obtienen los datos de los registros de bitácora de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental (OPO). Los datos que no satisfacen ciertos criterios de exactitud y composición por especies son eliminados antes de realizar los cálculos. Durante los años 50, cuando predominaban los barcos de carnada, se estandarizaban los datos de captura y de la CPDP de los barcos de carnada de las distintas clases de arqueo para calcular la CPDEP de barcos de carnada de la Clase 4 (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, se estandarizaron los datos de captura y de CPDP de los barcos cerqueros para calcular la CPDEP de cerqueros de la Clase 3 (de 101 a 200 toneladas de capacidad). A medida que se fueron reemplazando los barcos pequeños con embarcaciones más grandes, se procedió a calcular la CPDEP de cerqueros de la Clase 6 (de más de 400 toneladas de capacidad) y finalmente la CPDP de cerqueros de la Clase 6, 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 a la captura. Se han estimado algunos de estos cambios y se han hecho los ajustes necesarios; con otros, por ejemplo aquellos provocados por condiciones ambientales, se supone que se compensan a la larga.

Los datos combinados de la CPUE de aleta amarilla y barrilete durante el período 1959-1991 se señalan en el recuadro superior de la Figura 10. Los datos del período 1968-1991 son datos de CPDP de barcos cerqueros de la Clase 6; los del período 1959-1967 son datos de CPDEP de barcos de carnada de la Clase 4, multiplicados por 2.82 para compensar por el hecho de que los cerqueros de la Clase 6 son aproximadamente 2.82 veces más eficientes que los barcos de carnada de la Clase 4. Se calculó este factor de ajuste de 2.82 a partir de datos de CPDP de aleta amarilla y barrilete combinados correspondientes a cerqueros de la Clase 6 y barcos de carnada de la Clase 4 que pescaron en los mismos estratos de área-tiempo entre 1965 y 1974, período en el cual había una cantidad suficiente de ambos tipos de barcos en la pesquería. Puesto que los datos del período de 1968-1991 son datos de CPDP de barcos de la Clase 6 y aquellos de 1959-1967 fueron ajustados al equivalente de la CPDP de embarcaciones de la Clase 6, de ahora en adelante se denominarán datos de CPDP.

Para estimar el esfuerzo total en días cerqueros de embarcaciones de la Clase 6, se dividieron las capturas totales en cada año de aleta amarilla y barrilete combinados al este de 150°W por la CPDP de ambas especies 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 por separado, señaladas en el recuadro central e inferior de la Figura 10.

Aleta amarilla

El valor preliminar de la CPDP en 1991, 15.2 toneladas/día, es inferior solamente al de 1986 (16.3 toneladas/día). Durante el período de 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 problema principal se debe a que la pesca con carnada tiene lugar 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 10 son ligeramente diferentes a aquellos de la Tabla 24 porque los valores de la figura se obtuvieron a partir de datos de capturas totales de aleta amarilla y barrilete por la pesquería superficial, explicado arriba, mientras se obtuvieron los en la tabla por medio de dividir la captura apuntada de aleta amarilla por embarcaciones cerqueras por el esfuerzo apuntado por embarcaciones cerqueras.

Barrilete

Durante el período de 1959-1968 la CPDP media del barrilete fue de aproximadamente 10.0 toneladas diarias, con un máximo de 16.0 toneladas en 1967 y un mínimo de 5.5 toneladas en 1960 (Figura 10). A fines de la década de 1960 muchos cerqueros pequeños fueron reemplazados por otros más grandes, para los cuales era más rentable pescar en zonas de mayor abundancia de aleta amarilla y menor abundancia de barrilete, produciéndose así valores de CPDP de barrilete reducidos. Durante el período 1969-1991, la CPDP media fue de unas 4 toneladas diarias, con un máximo de 7.5 toneladas en 1971 y mínimos de 2.4 toneladas en 1972 y 1973. El valor de 1991 de 4.2 toneladas/día es un poco superior al promedio de los últimos años. 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 del barrilete, se debe considerar el problema creado por el alcance restringido de la pesca con carnada, señalado en la sección arriba sobre aleta amarilla.

Captura por tonelada de capacidad de acarreo

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) de la flota en el Océano Pacífico oriental (OPO) proporciona un índice de las tendencias en el ingreso anual bruto relativo correspondiente a las distintas clases de arqueo. Para lograr más detalle en este índice de lo que proporcionan las seis clases de arqueo usadas tradicionalmente 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 6 se presentan las estimaciones del CPTCA en 1980-1991 correspondientes al OPO y a todas las áreas oceánicas de pesca en las cuales barcos de la flota atunera del OPO capturaron pescado, por clase de arqueo, área, 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 áreas oceánicas de pesca son casi iguales. Durante el período de 1980-1990, el promedio de la CPTCA combinada de todos los barcos y todas las especies en el OPO fue de 2.5 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 1.7 a 3.2); para el aleta amarilla, el promedio fue 1.7 toneladas (rango: 0.9 a 2.4), y para el barrilete, 0.7 toneladas (rango: 0.5 a 0.9). Las estimaciones preliminares para 1991 son 3.0, 2.3, y 0.6 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente.

Estandarización de las tasas de captura de aleta amarilla

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3 se describe una alternativa a la captura por día de pesca (CPDP) 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 entero y el Océano Pacífico oriental entero 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 las tasas de captura independiente de las tendencias en la eficacia del barco, las condiciones ambientales, y el modo de pesca.

Existen datos sobre muchos factores que pudieran posiblemente influir sobre las tasas de captura de aleta amarilla. Se investigaron los factores siguientes, utilizando datos de 1970-1985: 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 no asociado ("brisa"), delfín, u objeto flotante), y si se capturó también barrilete. 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. Se basa la clasificación de búsqueda (Tabla 7) en tipos de lance y también si se capturaron barrilete. En la Figura 11 se describe temporada-área. Los efectos de año son las diferencias anuales en las tasas de captura no atribuibles a las demás variables en el modelo. Sirven de índices de abundancia estandarizados por las demás variables.

Tal como se muestra en la Figura 12, la tendencia de los índices es al mismo tiempo diferente y similar a la tendencia para CPDP. Los índices del modelo lineal no señala las grandes fluctuaciones de 1970-1974 señalada por la CPDP; sin embargo, ambos indican 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 1974-1982, la CPDP subestima la abundancia del aleta amarilla, mientras que la sobreestima cuando cambia de nuevo a lances sobre delfines, tal como ocurrió durante 1984-1991.

Composición de talla de la captura

Las muestras de frecuencia de talla son la fuente básica de datos usados para estimar la composición por talla y edad de las distintas especies de peces en los descargues. Esta información es necesaria para obtener estimaciones de las poblaciones estructuradas por edad, usadas para varios propósitos, entre ellos el modelado de las poblaciones con estructura de edades. Los resultados de dicho modelado pueden ser usados para estimar el reclutamiento, que puede ser comparado con la biomasa reproductora y las condiciones oceanográficas. Además, las estimaciones de mortalidad obtenidas a partir del modelado pueden ser usadas, en conjunto con las estimaciones del crecimiento, para el modelado del rendimiento por recluta. Los resultados de estudios de este tipo han sido descritos en diversos Boletines de la CIAT y en todos los Informes Anuales desde 1954.

Toma rutinaria de datos

Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro capturados por barcos cerqueros y de carnada en el Océano Pacífico oriental (OPO) son tomadas por personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, los Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, Perú, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete por personal de la CIAT fue iniciado en 1954, y continúa actualmente.

De la captura de 1991 se tomaron y procesaron 634 muestras de aleta amarilla, 238 de barrilete, 4 de aleta azul, 23 de patudo, y 5 de barrilete negro. La mayoría de éstas muestras fueron de 50 peces. Se estratifican las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla y barrilete por zonas de medición (Figura 13), mes, y arte de pesca. Se divide el muestreo de cada estrato 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 peces individuales. Se muestrean al azar las unidades dentro de cada estrato, y se miden individualmente peces seleccionados al azar de cada unidad muestreada. Para estimar el número total de peces de cada grupo de talla 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 talla. Se obtienen los totales de cada estrato, expresados en número de peces, para cada grupo de talla sumando los totales de cada unidad muestreada y multiplicando el resultado por la razón del peso de la captura registrada en ese estrato a la suma 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. Se obtiene el peso promedio anual y trimestral al dividir la suma del peso de las capturas de todos los estratos muestreados por la suma de todos los grupos de talla en las estimaciones trimestrales y dividiendo este suma en el suma de los pesos de las capturas para todos los estratos muestreados.

La Figura 14 consiste de histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado en 1991 en las áreas de medición del ARCAA (todas las áreas excepto 10 y 11 en la Figura 13). En la figura, las áreas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). En las Areas 1, 8, 4, 5, y 6 más del 50% de la captura, en peso, consistió de peces de talla inferior a los 100 cm, y los grupos

modales mayores ocurrieron a menos de dicha talla. En las Areas 2, 7, y 13 ocurrió lo contrario. El 64%, aproximadamente, de la captura fue lograda en las Areas 4 y 5.

En la Figura 15 se muestran histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado en el ARCAA entero durante cada año del período 1986-1991. En 1991 el peso promedio del aleta amarilla capturado en el ARCAA fue 11.4 kg (25.1 libras), peso 1.0 kg (2.1 libras) superior al promedio de los pesos de 1986-1990.

La Figura 16 consiste de histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W (las Areas 10 y 11 en la Figura 13) en cada año del período 1986-1991. El grupo modal más prominente de la distribución de 1991 ocurrió entre los 130 y 140 cm. El peso promedio de 1991, 21.6 kg (47.6 libras), fue 9.1 kg (20.1 libras) inferior al promedio de los pesos de 1986-1990, y es el peso promedio anual más bajo desde 1983. En 1991, al igual que años anteriores, la captura proveniente del área al oeste del ARCAA contuvo una mayor proporción de peces grandes que la captura del ARCAA. En el ARCAA un 46% de la captura, en peso, midió 100 cm o más, mientras que en la zona al oeste del ARCAA un 82% de la captura midió 100 cm o más.

En la Figura 17 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado en las áreas de medición en el OPO durante 1991. Se combinaron los datos de las cuatro áreas más norteñas (1, 2, 4, y 8), debido a las bajas capturas en ellas logradas, que juntas formaron un 9% de la captura de 1991. En contraste, en las Areas 5 y 6 se logró el 25% y 46%, respectivamente, de la captura total. En estas dos áreas la mayoría del pescado midió entre 35 y 70 cm, y el grupo modal dominante en cada área ocurrió entre los 40 y 60 cm, aproximadamente.

La Figura 18 consiste de histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado en el Océano Pacífico oriental en cada año del período 1986-1991. En 1991 el peso promedio del barrilete capturado en el OPO fue 2.8 kg (6.1 libras), 0.7 kg (1.5 libras) inferior al promedio de los valores de 1986-1990 y el peso promedio anual más bajo desde 1983.

El aleta azul del norte es capturado frente a California y Baja California entre 23°N y 35°N, aproximadamente, principalmente entre mayo y octubre. En 1991 fue capturado entre 26°N y 33°N, y casi toda la captura fue lograda entre junio y agosto. La captura en 1991, 462 toneladas, fue la más baja desde los años 30. Se muestran en la Figura 19 histogramas del tonelaje estimado de aleta azul capturado en cada año del período 1986-1991. La distribución de 1991 presenta dos modas, la mayor a los 64-66 cm y la menor a los 84-86 cm. En 1991 no se midió ningún pez de más de 110 cm de talla.

La captura de superficie de patudo es incidental a la de aleta amarilla y barrilete (Tabla 1), y la captura total y la cantidad de muestras de frecuencia de talla es muy inferior a las del aleta amarilla y barrilete. Con frecuencia se carece de estimaciones precisas del peso del patudo en las unidades de muestreo; por consiguiente, no se ponderan las muestras individuales por el número estimado de peces en la unidad muestreada. La Figura 20 consiste de histogramas de la captura estimada de patudo en el OPO en cada año del período 1986-1991.

En la Figura 21 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla de barriletes negros medidos durante 1986-1991. La captura de barriletes negros es incidental a aquella del aleta amarilla y barrilete, y gran parte de ella es desechada o vendida a procesadores aparte del comercio usual, y por lo tanto no se ha intentado estimar la captura por intervalos de talla.

Mezcla vertical de atunes aleta amarilla congelados en las bodegas

El modelo de dos etapas usado por el personal de la CIAT en el programa de muestreo de frecuencia de talla incluye la suposición implícita que los peces de un solo estrato de mes-área son tomados de la(s) bodega(s) al azar. En pruebas previas, el muestreo secuencial de todos los peces en una bodega señaló que esta suposición es razonable, siempre que una bodega contenga pescado proveniente de un solo lance. Si contiene pescado de varios lances, empero, no es claro cómo las variables que

afectan la mezcla vertical podrían también afectar la muestra normal de 50 peces. Se introducen varias variables durante la carga del pescado, entre ellas el tamaño de la bodega, el número de lances necesarios para llenarla, el volumen de pescado de lances individuales, la temperatura y salinidad de la salmuera, y la estrategia de carga. Esta última categoría incluye varios componentes, entre ellos los efectos de sustituir agua salada superrefrigerada con salmuera de distinta densidad, si los peces son colocados directamente en distintas profundidades de salmuera, y si se alza o baja el nivel de la salmuera antes y después de los lances. Una vez cargado el pescado en la bodega, puede ocurrir una variación adicional en la mezcla vertical a causa de inestabilidad de la carga, cambios en la temperatura o salinidad, y particularmente la estrategia de descarga, es decir, flotando el pescado por la boca de la bodega o vaciando la salmuera de la bodega y descargándola a mano.

A fin de estudiar los mecanismos de la mezcla vertical y sus efectos posibles sobre el muestreo, dos técnicos de la oficina regional de la CIAT en Ensenada (México) marcaron oportunísticamente 128 aletas amarillas de 7 lances distintos mientras los peces estaban siendo cargados en una bodega de 65 toneladas de capacidad del cerquero *María Fernanda*. Se fijaron marcas de vinilo y tela al pedúnculo caudal de los peces con ataduras de cable plástico. En el puerto se descargó el pescado llenando la bodega con salmuera y flotándolos a la superficie. Se observó la secuencia de descarga de los 128 peces marcados para comparar el orden en que salieron con aquel en que fueron cargados.

Se usó una prueba de rachas para determinar si los peces marcados fueron mezclados al azar en la bodega. En la descarga, cada pez marcado fue asignado a uno de dos grupos, de acuerdo con si había sido capturado en los lances 1-3 o 4-7. El número de rachas para los dos grupos (41) fue muy inferior a lo esperado (64.8), señalando que la secuencia de descarga estaba agrupada significativamente. Un indicio adicional de que el proceso no es generalmente aleatorio fue que la secuencia de lances a los cuales correspondían los peces durante la descarga estaba altamente correlacionado ($r = 0.32$) con el orden inverso de carga de los lances. Sin embargo, tras recuperar unos 36 peces marcados, el orden de los lances durante la carga y descarga cesó de estar correlacionado. Para averiguar el porqué de esta situación, es útil examinar la secuencia de descarga de peces marcados individuales.

En la Figura 22 se ilustra la desviación del número de marca real del valor esperado durante la descarga, basada en la suposición de que no ocurrió ninguna mezcla. Los 13 primeros peces descargados siguieron fielmente el orden en el cual fueron añadidos a la bodega, pero subsecuentemente, y hasta el pez número 72, el número de marca de la mayoría de los peces fue casi consistentemente inferior al valor esperado. La causa más probable de este fenómeno es que los descargadores no sacaron el pescado congelado en capas horizontales sino que penetraron a mayor profundidad en el centro de la pila de pescado en la bodega. Esta interpretación se ve apoyada por el hecho que, cuando la bodega estaba ya medio vacía, los peces 57 y 58 recuperados eran del primer lance cargado en la bodega. A partir del pez 72, los números de la mayoría de las marcas eran más altos de lo esperado. Esto sugiere que los peces cargados hacia el fin de la carga de la bodega se estaban separando de las bobinas congeladoras y cayendo en el hoyo inicial creado por los descargadores, de donde fueron descargados.

No se pueden formar conclusiones firmes del estudio de una sola bodega, pero las observaciones siguientes parecen razonables si se descarga el pescado por flotación: (1) si la cantidad de pescado del último lance cargado es relativamente grande, una muestra estándar tomada de la parte de arriba de la bodega será probablemente típica de ese lance; (2) la probabilidad de obtener una muestra de un lance específico disminuye con el volumen de la bodega descargada; (3) esta segunda observación, junto con el hecho de que los lances no estuvieron correlacionados a partir del pez 36, sugiere que la mezcla vertical aumenta con la profundidad. Una muestra tomada hacia el fondo de la bodega tendría por lo tanto una mayor probabilidad de representar la frecuencia de talla de todos los peces en la bodega.

A fin de obtener mayor información sobre los mecanismos complejos implicados en la mezcla

vertical, se concentrarán los estudios futuros en los efectos de las distintas estrategias de carga y descarga usados por los barcos de la flota cerquera.

Relaciones peso-talla del aleta amarilla y barrilete

Al analizar los datos de las pesquerías, es a menudo necesario convertir la captura en peso a captura en número de peces. Para ésto se divide el peso total de la captura en un estrato por el peso medio estimado de los peces en una muestra capturada en ese estrato. Ya que es mucho más fácil medir un pez que pesarlo, se estima el peso de cada pez muestreado, usando una relación, determinada anteriormente, entre el peso y la talla de la especie en cuestión.

El personal de la CIAT inició un programa de muestreo de talla en 1954, y comenzó a tomar datos de forma sistemática de pescado descargado en puertos del litoral Pacífico de las Américas y en Puerto Rico. Ya en 1959 se determinó que existía una variabilidad significativa en la relación talla-peso al comparar muestras de distintas áreas (Boletín de la CIAT, Vol. 3, N° 7), pero en general se ha hecho caso omiso a estas diferencias. Además, los estudios iniciales se basaron en muestras tomadas primordialmente de pescado de talla entre 40 y 100 cm capturado por barcos de carnada y cerqueros cerca de la costa o de islas y bancos de altura. Desde 1968, la pesquería incluye capturas sustanciales realizadas muy lejos de la costa, con muchos peces de más de 100 cm de largo. A principios de los años 80, un estudio basado en una muestra de 196 peces descubrió que existían diferencias entre la relación talla-peso de peces capturados cerca de la costa y la de aquellos capturados en alta mar.

En 1990 se inició una investigación para obtener mayor información sobre los efectos de área, tiempo, y tipo de cardumen sobre la relación talla-peso. Este estudio incluye mediciones de unos 9,000 aletas amarillas, de talla entre 25 y 170 cm, y unos 3,500 barriletes de entre 30 y 80 cm de talla, realizadas entre mayo de 1990 y diciembre de 1991. El muestreo fue realizado oportunísticamente con peces capturados con redes de cerco y descargados en Ensenada y Mazatlán (México) y Mayaguez (Puerto Rico). Durante el descargue se midió la talla de los peces, congelados con salmuera, al milímetro más cercano con un calibre de madera de 2 m, y cada uno fue pesado en una báscula digital de plataforma de 300 libras de capacidad y de una precisión de ± 0.1 libras. Se categorizaron las bodegas, y se tomaron muestras de aleta amarilla y/o barrilete si la bodega contenía peces provenientes de un área, mes, y tipo de cardumen (asociado con delfines, con objeto flotante, o no asociado) conocidos. En todo caso posible, se tomaron muestras capturadas en viajes acompañados por un observador de la CIAT; el 41% de las muestras satisficieron esta condición. Si el barco no llevó un observador de la CIAT en el viaje en cuestión, se usó la información en el cuaderno de bitácora del barco para determinar el área, mes, y tipo de cardumen, pero solamente si se pudo comprobar que existía una alta probabilidad de que dicha información fuera correcta. En cada día de muestreo se comprobó la precisión de los calibres, y se ajustaron en caso necesario, y se calibró cada báscula a 0 y 50 libras con pesos de calibración, para así reducir el sesgo de muestreo.

Ya que varios investigadores han sugerido que la relación talla-peso es diferente para machos y hembras, se está realizando un estudio separado para investigar esta hipótesis. Se están midiendo y pesando aletas amarillas y barriletes parcialmente descongelados al momento del primer corte en las plantas enlatadoras, para permitir determinar el sexo. Los métodos usados para medir y pesar los peces y registrar la información son idénticos a aquellos usados para los peces congelados, arriba descritos. Hasta la fecha han sido muestreados 464 aletas amarillas (253 machos y 211 hembras) y 129 barriletes (69 machos y 60 hembras); el 85% de las muestras provienen de viajes acompañados por observadores de la CIAT.

Estudios de simulación en computadora

Modelo espacial de la producción de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental

El modelo espacial descrito en un trabajo reciente (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 87 (2): 353-362) ha sido ajustado a datos de captura y esfuerzo del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Se modela la población en cada área de 1°, usando un modelo simétrico de producción (Boletín de la CIAT, Vol. 1, N° 3; Vol. 2, N° 6). Se permite a los peces difundirse de cada área de 1° a áreas adyacentes, y por lo tanto por toda la región modelada.

Hay ciertas áreas dentro del Océano Pacífico oriental que producen consistentemente capturas mayores de pescado. Estas áreas son también áreas de alta producción primaria. Se propone que las capturas de atunes son elevadas en estas áreas porque contienen una mayor cantidad de alimento. De ser así, la biomasa de peces tendería a crecer con mayor rapidez en esas áreas, pero eso es insuficiente para explicar la variación en las capturas sobre la región.

Los resultados de experimentos de marcado indican que los atunes se dispersan rápidamente. Si se usan estas tasas de dispersión como constantes de difusión (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 87(2): 353-362), la abundancia de los peces resulta ser casi uniforme en el área. Sin embargo, si se permite variar al coeficiente de difusión, se pueden simular las variaciones en abundancia del mismo orden que la variación espacial de las tasas de captura con un coeficiente medio de difusión dentro del rango de los valores estimados.

Las áreas de 1° que producen consistentemente tasas de captura elevadas fueron clasificadas aparte del resto de la región. Para cada una de estas dos clases de área de 1° se ajustó un parámetro representando la capacidad de soporte. Se representó la tasa de crecimiento intrínseco correspondiente a cada área de 1° con un solo parámetro, y la tasa general de difusión con otro. Se asumió la difusión local en toda la región ser proporcional al grado de saturación de la capacidad de soporte local.

La tasa media de difusión estimada a partir del ajuste del modelo a los datos de captura es similar a las estimaciones derivadas de las estimaciones de marcado. La tasa de crecimiento de la población estimada por el modelo espacial es algo inferior a aquella estimada con el modelo sencillo con agregación espacial, mientras que la capacidad de soporte total del área es algo mayor con el modelo espacial que con el sencillo.

Predicción de los posibles efectos sobre las capturas de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental de la eliminación de lances sobre atunes asociados con delfines

Con la legislación reciente que limita la mortalidad de delfines incidental a la pesca de atunes con red de cerco, y con la popularidad creciente de atún "sin delfines," resulta interesante saber por cuánto se reduciría la captura de atunes aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental con la eliminación de lances sobre atunes asociados con delfines. (Para mayor brevedad, de ahora en adelante en esta sección se referirá a la pesca de atunes asociados con delfines y a los lances sobre los mismos como pesca con delfines y lances sobre delfines.) En el Informe Anual de la CIAT de 1990 se presentó un método de predicción, y en este informe se presentan cuatro métodos adicionales. Todos los métodos requieren estimaciones del esfuerzo de pesca y los coeficientes de capturabilidad de peces asociados con delfines y no asociados con delfines. El segundo método usa los cocientes anuales entre las tasas de explotación predichas si todo el esfuerzo de pesca fuera dirigido hacia peces no asociados con delfines y aquellas observadas cuando el esfuerzo es dirigido hacia peces asociados con delfines y no asociados con delfines. El tercer método usa la estructura de edades y los coeficientes de capturabilidad mensuales específicos por edad y por modo de pesca (con y sin delfines). En el cuarto método se estima la reducción en el rendimiento por recluta que resultaría si la pesquería cambiara de los peces mayores

generalmente asociados con delfines, que en promedio pesan unos 18 a 23 kg (40 a 50 libras), a peces más jóvenes que raramente se asocian con delfines, y que suelen pesar unos 5 a 7 kg (10 a 15 libras) (Informe Anual de la CIAT de 1990: Figura 69). El quinto método usa un modelo de producción aplicado a las estimaciones de lo que hubieran sido las capturas de aleta amarilla si no se hubieran realizado lances sobre delfines en los últimos 20 años.

El método de tasas de explotación para predecir las capturas de aleta amarilla en una pesquería sin lances sobre delfines se basa en el concepto de que la depleción es importante dentro de años, pero que la captura de un año dado no afecta el tamaño de la población en el año subsiguiente. El primer paso del método consiste en estimar los coeficientes medios de capturabilidad de la combinación observada de modos de pesca y de la pesca sin delfines solamente, como

$$\bar{q}_0 = \bar{y}_0 / \bar{f}_0 \bar{B} \text{ and } \bar{q}_n = \bar{y}_n / \bar{f}_n \bar{B},$$

donde

\bar{q}_0 = coeficiente medio de capturabilidad de aleta amarilla observado en la pesquería de modo mixto durante 1980-1988,

\bar{q}_n = coeficiente medio de capturabilidad de aleta amarilla no asociado con delfines durante 1980-1988,

\bar{y}_0 = captura media (en peso) de aleta amarilla total por barcos observados durante 1980-1988,

\bar{y}_n = captura media (en peso) de aleta amarilla no asociado con delfines por barcos observados durante 1980-1988,

\bar{f}_0 = esfuerzo de pesca medio por barcos observados durante 1980-1988,

\bar{f}_n = esfuerzo de pesca medio por barcos observados que conduce a lances sobre peces no asociados con delfines durante 1980-1988, y

\bar{B} = promedio de las biomazas anuales medias de aleta amarilla durante 1980-1988, estimadas a partir de análisis de cohortes.

Se estimó el esfuerzo de pesca anual por modo de pesca mediante la asignación de todo el esfuerzo de búsqueda que precedió cada lance a ese lance. A continuación se sumaron por separado los valores de captura y esfuerzo para cada año correspondientes a lances con y sin delfines, entonces se estimaron las tasas de mortalidad por pesca instantánea actual y total, y las tasas de explotación para cada año mediante

$$\hat{F}_{0i} = \bar{q}_0 E_{0i} \text{ and } \hat{F}_{pi} = \bar{q}_n E_{pi},$$

$$\hat{Z}_{0i} = \hat{F}_{0i} + \bar{M} \text{ and } \hat{Z}_{pi} = \hat{F}_{pi} + \bar{M}, \text{ and}$$

$$\hat{u}_{0i} = (\hat{F}_{0i} / \hat{Z}_{0i}) (1 - e^{-\hat{Z}_{0i}}) \text{ and } \hat{u}_{pi} = (\hat{F}_{pi} / \hat{Z}_{pi}) (1 - e^{-\hat{Z}_{pi}}),$$

donde \hat{F}_{0i} es la mortalidad por pesca anual instantánea observada y \hat{F}_{pi} la predicha durante el año i si todo el esfuerzo cerquero, E_{0i} , es dirigido hacia lances sin delfines y \bar{M} es la mortalidad natural anual

instantánea media de 0.80. Se estima que el esfuerzo total por barcos cerqueros es

$$\hat{E}_{oi} = f_{oi} Y_{oi} / y_{oi},$$

donde Y_{oi} es la captura total lograda por todos los barcos cerqueros en el año i . La captura de aleta amarilla predicha cuando todo el esfuerzo es dirigido hacia lances sin delfines es

$$\hat{Y}_{pi} = Y_{oi} \hat{u}_{pi} / \hat{u}_{oi}.$$

En la Tabla 8, Columna B, se presentan los resultados obtenidos con este método; se pueden comparar con las capturas de las combinaciones observadas de modalidades de pesca en la Columna A.

El tercer método usa coeficientes mensuales de capturabilidad específicos por edad por modo de pesca, y permite que la estructura de la población futura sea afectada por las capturas previas. En primer lugar, se estimó la capturabilidad específica por edad para cada mes, m , de forma similar a aquella arriba descrita mediante

$$\hat{q}_{nmj} = \hat{C}_{nmj} / \hat{E}_{nm} \bar{N}_{mj},$$

donde \hat{C}_{nmj} es la captura cerquera sin delfines total estimada, en número de peces, del grupo de edad semianual j , y \hat{E}_{nm} el esfuerzo cerquero total estimado sobre aletas amarillas no asociados con delfines. Se estiman las capturas totales en número de peces por medio de un análisis de cohortes. Comenzando con la estructura de la población en enero de 1980, estimado a partir del análisis de cohortes, se estiman predicciones de lo que hubiera sido la captura lograda de cada grupo de edad semianual en cada mes si no se hubieran realizado lances sobre delfines mediante

$$\hat{C}_{pmj} = [(\hat{N}_{mj} \hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om}) / (\hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om} + \bar{M}_j)] [1 - e^{-(\hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om} + \bar{M}_j)}],$$

donde \bar{M}_j es la mortalidad natural anual instantánea específica por edad, estimada usando 0.8 para machos y una tasa variable para hembras, obtenida de datos de tasas de crecimiento específicas por sexo y proporciones de sexos. Las mortalidades naturales resultantes son los promedios correspondientes a los dos sexos ponderados por el número de peces de cada sexo. Se estima el rendimiento en peso mediante

$$\hat{Y}_{pmj} = \sum_j \bar{W}(j) \hat{C}_{pmj},$$

donde $\bar{W}(j)$ es el peso medio de aletas amarillas de edad j . Se predice que la abundancia del grupo de edad semianual j en el mes siguiente será

$$\hat{N}_{m+1,j} = N_{mj} e^{-(\hat{q}_{nmj} \hat{E}_{om} + \bar{M}_j)},$$

excepto en el mes de su reclutamiento, cuando se fija $\hat{N}_{m+1,j}$ igual al reclutamiento histórico, estimado previamente para ese período mediante un análisis de cohortes. Además, cada enero los grupos de edad semianuales pasan al próximo grupo de la forma siguiente:

$$\hat{N}_{1,j+2} = N_{0,j} e^{-(\hat{q}_{n0j} \hat{E}_{o0} + \bar{M}_j)},$$

donde el subíndice 1 se refiere al enero y el subíndice 0 al diciembre anterior. En la Tabla 8, Columna C, se presentan los resultados obtenidos con este método. En la Columna D de la misma tabla se presentan los resultados obtenidos con los coeficientes de capturabilidad fijados en los promedios trimestrales de 1980-1988. Los datos indican que los coeficientes de capturabilidad aumentaron en los últimos años de la década de los 80.

El cuarto método se basa en el rendimiento por recluta. Ya que los lances sobre aletas amarillas asociados con delfines suelen producir pescado más grande, en promedio, que aquellos sobre aletas amarillas no asociados con delfines, se esperaría que la edad de ingreso media se reduciría, cambiando así el rendimiento por recluta. El rendimiento en peso de peces reclutados inicialmente en el momento t es

$$Y_t = \sum_{m=t}^{t+a} \bar{W}_t(m) \hat{C}_t(m),$$

donde

m = el tiempo en meses,

a = la edad máxima,

$\hat{C}_t(m)$ = la captura estimada, en número de peces, durante el mes m , de peces reclutados inicialmente en el momento t , y

$\bar{W}_t(m)$ = peso promedio de peces de edad $m - t + t_0$, donde t_0 es la edad de reclutamiento.

El rendimiento por recluta es $Y_t/N_t(t)$, donde $N_t(t)$ es el número inicial de reclutas. Se calculan las capturas en cada mes mediante

$$\hat{C}_t(m) = [N_t(m)F_t(m)/Z_t(m)] [1 - e^{-Z_t(m)}].$$

Para la combinación de modos de pesca observada

$$F_t(m) = q_{ot}(m)E_o(m) \text{ and}$$

$$Z_t(m) = F_t(m) + \bar{M}_t(m)$$

donde

$F_t(m)$ = mortalidad por pesca instantánea durante el mes m de peces reclutados en el momento t ,

$q_{ot}(m)$ = coeficiente de capturabilidad observado durante el mes m de peces reclutados en el momento t , y

$\bar{M}_t(m)$ = mortalidad natural instantánea media de aletas amarillas de edad $m - t + t_0$.

Para el escenario en el cual se pescan solamente peces no asociados con delfines

$$F_t(m) = q_{nt}(m)E_o(m) \text{ and}$$

$$Z_t(m) = F_t(m) + \bar{M}_t(m)$$

Las dos últimas columnas de la Tabla 8 señalan que, con el reclutamiento medio de 1980-1988, la captura media de aleta amarilla sería reducida de 213 a 153 mil toneladas.

Finalmente, un modelo de producción simétrico (Boletín de la CIAT, Vol. 1, N° 3, y Vol. 2, N° 6) puede ser ajustado a cada una de las series de tiempo de capturas siguientes: (1) las capturas reales; (2)

aquellas generadas con los coeficientes de capturabilidad del análisis de cohortes; (3) aquellas generadas en (2), pero suponiendo que todo el pescado fue capturado en asociación con delfines; y (4) aquellas generadas en (2), pero suponiendo que ninguna parte del pescado fue capturado en asociación con delfines. En la Tabla 8, Columna C se presentan las capturas de 1980-1988 usadas en la cuarta serie de datos. Aquellas de 1971-1979 (no presentadas) fueron igualmente obtenidas a partir de un análisis de cohortes, usando los coeficientes de capturabilidad trimestrales medios de 1980-1988.

Los parámetros del modelo de producción simétrico son: q , coeficiente de capturabilidad; K , capacidad de soporte del ambiente; r , tasa intrínseca de crecimiento de la población. En la Figura 23 se ilustran los residuales obtenidos tras ajustar el modelo a cada serie para rangos de valores de los parámetros. Los mínimos de la primera y segunda serie ocurren con valores similares de r y qK , la captura máxima por unidad de esfuerzo, sugiriendo que los mismos parámetros del modelo simétrico se ajustan a las capturas reales y a aquellas generadas usando las combinaciones de modos de pesca observadas. Los datos en la Tabla 9 sugieren que pescar peces asociados con delfines exclusivamente aumentaría las capturas durante los períodos en cuestión en un 10%, mientras que no pescarlos las reduciría en un 30%, aproximadamente. Esta reducción se ve reflejada en los parámetros del modelo que brindaría el mejor ajuste a los datos.

Para cualquier valor de r , es posible calcular el valor de qK que minimiza el error residual en cada una de las cuatro series. Aparece un efecto regular en el caso de la pesca de peces no asociados con delfines solamente: el mejor valor de qK en este caso es un 30 a 40% menor que aquel del caso de pesca mixta. La reducción de qK mientras r permanece constante sugiere una reducción proporcional del rendimiento con cualquier nivel de esfuerzo. Un cambio equivalente de los parámetros óptimos en el caso de pesca con delfines solamente no es claro; se debe sencillamente a la falta de sensibilidad del modelo a cambios relativamente pequeños en las capturas. Los resultados obtenidos al fijar qK y minimizar con r no sugieren ninguna tendencia; r parece ser independiente del modo de pesca.

Obviamente, la predicción de lo que serían las capturas de atún sin lances sobre delfines depende de las suposiciones usadas en el modelo. Según si se usa el método de tasas de explotación o aquel con estructura de edades, la captura media de aleta amarilla puede variar de 61% (Tabla 8, Columna B) a 84% (Tabla 8, Columna C) de la captura observada. Además, los métodos presentados aquí no proveen por los efectos posibles de reducción de esfuerzo, área de pescar, o edad promedial de peces capturados, todos de los cuales podrían reducir las capturas predictadas aun más.

Adicionalmente, se ha comenzado a elaborar un modelo que incorpora los desplazamientos del aleta amarilla y la dinámica de la flota cerquera.

Modelado de la dinámica de la flota

Los investigadores de la CIAT están modelando la dinámica de la pesquería de atunes con red de cerco en el Océano Pacífico oriental para lograr una mayor comprensión del vínculo entre el esfuerzo de pesca y la abundancia de los stocks de atunes y delfines y para pronosticar las consecuencias posibles de cambios en la forma en que opera la flota. Los procesos estudiados son principalmente reacciones a corto plazo a condiciones en la pesquería, tal como cambios en el comportamiento de búsqueda y en la preferencia por ciertas especies.

Las fuentes principales de datos son las bases de datos de bitácora y de los observadores del programa atún-delfín, que contienen información sobre las características de los barcos individuales y la distribución espacial del esfuerzo en cada viaje. Se obtendrá el resto de los datos en entrevistas con capitanes de barcos. Se realizó un análisis inicial exploratorio de las bases de datos para identificar patrones en la distribución del esfuerzo. Se usarán los resultados de este análisis, junto con información sobre las características físicas de los barcos, para investigar si existen grupos de barcos que suelen

pescar de forma similar. Esta clasificación podría facilitar la estimación de los parámetros necesarios para el modelo.

El modelo incluye barcos individuales, cada uno asignado a uno de los grupos previamente identificados. Cada barco tiene atributos específicos que determinan su comportamiento de búsqueda individual. Dichos atributos incluyen áreas preferidas, dirección del esfuerzo hacia una o más especies, la probabilidad de detectar un cardumen y realizar un lance positivo sobre el mismo, la tasa de captura mínima aceptable en una cierta área, y demás factores que podrían ser relevantes para la estrategia de pesca. Es común en la pesquería que barcos se asocian en grupos pequeños, conocidos como "grupos de código," cuyos miembros intercambian información a diario sobre las condiciones de pesca. A fin de explorar los efectos de esta cooperación entre pescadores, se incluirán en el modelo estructuras similares a estos grupos de código.

Las reglas de movimiento del modelo son sencillas, y dependen de las condiciones de pesca locales y de la información disponible de otros barcos en el grupo de código. Cada barco explora secuencialmente en su conjunto de áreas preferidas hasta que él u otro miembro de su grupo de código encuentra un buen área de pesca. Entonces comienza en ese área un período de búsqueda aleatoria, que termina cuando las tasas de captura caen por debajo de un cierto valor crítico debido al efecto de depleción local o hasta que otro miembro del grupo de código encuentra un área mucho mejor. La interacción entre artes de pesca en el modelo está incluida de forma indirecta, mediante el incremento de la depleción local debido a la pesca.

Este enfoque al modelado del esfuerzo de pesca debería mejorar las estimaciones del personal de la CIAT de la abundancia relativa de los stocks de atunes y delfines mediante la identificación de fuentes potenciales de sesgos. Puede asimismo proporcionar un método para predecir las consecuencias de cambios drásticos en la pesquería, tales como los que pudieran resultar del cese de la pesca de atunes asociados con delfines. Para eso se uniría este modelo con otros que representarían la dinámica de los stocks explotados. Una primera versión de un modelo de este tipo, desarrollado por el personal, es descrito en la página 193 del Informe Anual de la CIAT de 1990.

Biología reproductora del aleta amarilla

Un conocimiento de la biología reproductora del atún aleta amarilla es importante para la comprensión de la dinámica poblacional de esta especie. Se ignoran todavía varios aspectos de dicha biología, entre ellos la variabilidad espacial y temporal del desove, la talla y la edad de madurez sexual, y la frecuencia del desove. Es también necesario determinar si existe una diversidad con respecto a las características reproductoras de peces de distintas partes del Pacífico oriental. Es probable que la investigación de la biología reproductora del aleta amarilla contribuya a una comprensión de la dinámica del desove y el reclutamiento, y haga posible la evaluación del efecto de la pesca sobre el potencial reproductor de la población.

Desde septiembre de 1987 hasta octubre de 1989, se realizó un programa de muestreo a fin de obtener información sobre las características reproductoras del aleta amarilla específicas por talla en el Pacífico oriental entero. Los objetivos específicos son: (1) clasificar por estado reproductor los aletas amarillas de ambos sexos, por talla, estación del año, y área, a fin de definir, por talla, la duración, intensidad máxima, y lugar del desove; (2) determinar la talla y edad de maduración sexual de los aletas amarillas, y establecer ecuaciones de regresión predictoras de las proporciones de peces maduros dentro de áreas; (3) determinar la frecuencia de desove de aletas amarillas dentro de áreas; (4) determinar la fecundidad por camada (número de huevos producido por desove) de aletas amarillas de distintas tallas dentro de áreas y estimar la fecundidad anual dentro de áreas; y (5) establecer las relaciones entre estas características reproductivas y los fenómenos climáticos y oceánicos, por área.

Se han tomado tres tipos de muestras para estos estudios. Las muestras tomadas en el mar

fueron tomadas en casi todas las áreas del Océano Pacífico oriental en las cuales barcos atuneros con técnicos científicos a bordo han capturado aleta amarilla. Las muestras primarias provenientes de plantas enlatadoras, tomadas en Ensenada (Baja California) y Terminal Island (California), incluyen solamente peces capturados al norte de 17°N. Las muestras suplementarias de las enlatadoras, tomadas en Ensenada y en Mayaguez y Ponce (Puerto Rico), incluyen peces capturados en dos estratos de áreatiempo en los cuales se cree que ocurren los picos del desove del aleta amarilla. Dichas muestras suplementarias incluyeron los otolitos, que se usarán para la determinación de la edad, y también las gónadas.

En 1991 se continuó la preparación de las muestras de gónadas (ovarios y testículos) de aleta amarilla. Todas de las 15,336 muestras tomadas en el mar y conservadas en formol neutro al 10% han sido preparadas para el análisis histológico. Se examinará con microscopio cada una de las muestras para identificar la etapa de ovogénesis en las hembras y de espermatogénesis en los machos, lo cual proporcionará una evaluación exacta del estado reproductor de cada pez. Se guardaron también los ovarios de todos los peces muestreados en el mar, y durante 1991 se completó el procesamiento de los mismos para obtener índices gonosomáticos (proporción del peso de las gónadas con respecto al peso estimado del pez), mediciones del diámetro de los ovocitos, e identificación de los ovocitos hialinos residuales. Durante este procesamiento se seleccionaron ovarios para determinaciones de la fecundidad.

En 1992 se continuará la clasificación histológica, con microscopía de luz, de los tejidos de testículos y ovarios, a fin de describir la condición reproductora de peces individuales y estimar la fecundidad por camada.

Alimento de aletas amarillas juveniles

Se examinó el contenido de los estómagos de 301 atunes aleta amarilla juveniles capturados en aguas costeras de Colombia, Costa Rica, Ecuador, y Panamá por barcos cerqueros. Las muestras, provenientes de peces de talla entre 254 y 462 mm, fueron tomadas en el mar por observadores de la CIAT a bordo de barcos atuneros entre noviembre de 1987 y septiembre de 1988.

Casi todos los peces fueron capturados en cardúmenes que contenían peces de tallas muy variadas asociados con objetos flotantes. Aletas amarillas juveniles son abundantes en ciertas temporadas en estas aguas, de alta productividad primaria como resultado del afloramiento, especialmente en el Domo de Costa Rica y en la Bahía de Panamá, y el aporte de material orgánico terrestre por los ríos. Esta productividad sirve como base para una rica aglomeración de organismos micronectónicos.

El 49% de los estómagos examinados estaban vacíos. Este porcentaje de estómagos vacíos es mayor a aquel observado en estudios previos de aletas amarillas capturados con palangres y redes de cerco (Boletín de la CIAT, Vol. 7, N° 5; Informe anual de la CIAT de 1978). Los estómagos vacíos estuvieron distribuidos de forma bastante uniforme por el rango de tallas de los peces muestreados.

Se calculó un Índice de Importancia Relativa (*IIR*) para las tres categorías principales de alimento, crustáceos, cefalópodos, y peces:

$$IIR = (\%N + \%P)\%F$$

donde *N* = número de individuos, *P* = peso total, y *F* = frecuencia de ocurrencia de la categoría en cuestión. Los crustáceos fueron los más numerosos y el grupo de presas de ocurrencia más frecuente, pero los peces, principalmente peces linterna (Myctophidae), dominaron en peso (Figura 24). Los crustáceos presentaron el valor de *IIR* más elevado (70% de los *IIR* sumados), seguidos por los cefalópodos y peces (15% cada uno).

Los crustáceos dominantes en las muestras fueron estomatópodos postlarvales de la familia Squillidae. Eran también el alimento más importante, en número y frecuencia de ocurrencia, encontra-

dos en los estómagos. De los 3,030 artículos de alimento enumerados, 1,937 (64% del total) fueron estomatópodos postlarvales. A veces los aletas amarillas juveniles se saciaban de estomatópodos; el estómago de un pez contenía más de 230 postlarvas. Sin embargo, las postlarvas de estomatópodo eran pequeños, con una talla total media de unos 15 mm del pico rostral al borde del telson. A raíz de su bajo peso medio (0.05 g por individuo) y lo avanzado de la digestión, su peso total representaba solamente el 22% del peso total del alimento.

Un calamar ommastreídeo, *Dosidicus gigas*, era el cefalópodo dominante, representando el 52% del número y 73% del peso de todos los cefalópodos encontrados. Tal como se nota en otros estudios del alimento del aleta amarilla, los cefalópodos estuvieron bien representados en número y frecuencia de ocurrencia, pero su importancia en peso fue baja porque en la mayoría de los casos el tejido blando había sido digerido, y en los estómagos estaban presentes solamente los picos. De los 424 cefalópodos encontrados, solamente 17 eran especímenes enteros, principalmente *D. gigas* y *Onychoteuthis* sp.

La categoría de peces fue dominada en número, peso, y frecuencia, por peces linterna, particularmente *Myctophum aurolateratum* y *Hygophum* sp.

Estos resultados indican que los crustáceos pequeños son un componente importante de la dieta de estos aletas amarillas juveniles. Estudios anteriores, por ejemplo el Boletín de la CIAT Vol. 7, N° 5, indican que peces y crustáceos mayores (cangrejos rojos, *Pleuroncodes planipes*, y otros) eran más importantes en la dieta de los aletas amarillas más grandes.

Proyecto de balsas para agregar peces

En relación con esfuerzos por desarrollar métodos alternativos para pescar atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) la CIAT inició en 1987 un programa de investigación para estudiar la asociación de atunes aleta amarilla juveniles (de menos de 80 cm) y barrilete con objetos flotantes de varios tipos, principalmente troncos y ramas de árboles, pero también algas, animales muertos, distintos tipos de objetos antropogénicos, y demás material flotante. Esta asociación parece estar vinculada con la alimentación y la orientación. La mayoría de los objetos flotantes naturales provienen de ríos que desembocan en el océano del litoral pacífico del sur de México, América Central, Colombia, y Ecuador. La mayoría de estos objetos derivan hacia el norte a lo largo de la costa de Centroamérica, y luego son llevados hacia el oeste por las corrientes y los vientos hacia las áreas oceánicas a lo largo de 10°N, donde predomina la pesca de cardúmenes de aletas amarillas asociados con delfines. La fauna asociada con estos objetos flotantes es diversa, e incluye muchos grupos aparte de atunes (Informe Anual de la CIAT de 1989: 210-211). Los delfines no demuestran generalmente una afinidad por los objetos flotantes en el OPO, y por lo tanto esta forma de pesca no resulta en mortalidad incidental de los mismos.

La pesca de atunes asociados con balsas para agregar peces (conocidos por la sigla FAD, de *Fish-Aggregating Devices*), que aprovecha la afinidad natural de los atunes por los objetos flotantes, es común en muchas partes del mundo. Sin embargo, esta técnica no ha sido usada a escala comercial en la pesquería atunera del OPO. Existen muchos tipos de FAD, la mayoría de ellos usados en pesquerías artesanales; suelen consistir de un dispositivo de atracción sumergido (generalmente hojas de palmera o un árbol o similar, pero también peces de carnada, aparejos artificiales, y medios químicos o luces) en un cabo sujetado a una balsa o boya anclada en aguas someras. No se han realizado trabajos experimentales con balsas a la deriva en el OPO, a pesar de que muchos pescadores procuran rutinariamente aumentar el poder de atracción de objetos flotantes al agregarles sogas, malla, y/o peces muertos. Uno de los problemas principales con esta técnica de pesca en el OPO es que la mayoría de los atunes capturados en asociación con objetos flotantes son pequeños, y de valor comercial inferior a los atunes más grandes asociados con delfines. No obstante, en ciertas áreas y temporadas se capturan por lo menos algunos atunes grandes en asociación con objetos flotantes (Informe Anual de la CIAT de 1989: Figura 25).

Hacia fines de 1990 los investigadores de la CIAT, en colaboración con miembros del personal del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos, y con apoyo financiero de la empresa Bumble Bee Seafoods, Inc., iniciaron un proyecto para investigar el uso de balsas a la deriva en el OPO. El objetivo del proyecto es evaluar el potencial de las balsas para atraer y agregar atunes aleta amarilla grandes (de más de 80 cm) y patudos en áreas donde generalmente se encuentran asociados con delfines, o en áreas donde escasean los objetos flotantes de origen natural. Ya que es poco común que los delfines sean atraídos a los objetos flotantes, se espera que las balsas incrementen las oportunidades de pesca al suplementar o reemplazar las capturas de atunes asociados con delfines, y así reduzcan la mortalidad de delfines incidental a las operaciones de pesca con red de cerco.

La cooperación de todos los barcos de la flota atunera del OPO en reportar observaciones de las balsas y el éxito de la pesca cerca de los mismos es esencial para el éxito del proyecto. La información es, naturalmente, puesta a disposición de todos los barcos de la flota.

El objetivo del proyecto es determinar la eficacia y viabilidad de distintos diseños de balsas, considerando como entidades separadas la sección de superficie, que mantiene la balsa a ras de agua, y la sección subsuperficial, que incluye varios medios para atraer peces, entre ellos sogas, aparejos de plástico, luces, y medios químicos.

Experimentos preliminares

Como etapa preliminar a este proyecto, el NMFS y la CIAT adquirieron 50 *Sea Kites*, o cometas marinos, aparejos de atracción subacuáticos fabricados de varillas de fibra de vidrio y tela de nylon, y los pusieron a disposición de barcos atuneros para ser usados en la pesquería del OPO. Los resultados de estos estudios se resumen en el Informe Anual de la CIAT de 1990: los cometas a varias profundidades atrajeron tiburones, dorados (*Coryphaena* spp.), peces de carnada, y aves marinas.

A principios de 1991, el NMFS y la CIAT pusieron a la deriva en el OPO dos balsas con transmisores a satélite, a fin de evaluar la durabilidad, velocidades y patrones de deriva, y la facilidad de localizar las mismas. Las balsas fueron diseñadas y fabricadas por Coastal y Offshore Pacific Corporation, de Walnut Creek, California. Se ilustra el diseño en la Figura 25. La primera balsa fue botada al agua el 4 de enero de 1991, en 9°00' N-88°31' W. Se realizó un lance sobre la misma el día 30 del mismo mes, en 8°32' N-93°01' W, en el cual se capturaron 15 toneladas de aleta amarilla (cuya talla no fue reportada) y 10 toneladas de melvas (*Auris* spp.). También estuvieron asociados con la balsa tiburones, dorado, peces de carnada, y aves marinas. Se realizó otro lance sobre la balsa el 11 de abril de 1991, en 10°32' N-118°18' W, en el cual se capturaron 7 toneladas de aleta amarilla y barrilete de entre 2 y 4 kg (4 y 8 libras), 10 toneladas de barrilete negro, y 1 tonelada de melvas. También estuvieron asociados con la balsa tiburones, petos (*Acanthocybium solandri*), peces de carnada, y aves marinas. Derivó hacia el oeste a lo largo de 10°N durante este periodo, y en total se desplazó más de 3,000 millas náuticas (5,556 km) antes de cesar de transmitir a principios de julio en 11°54' N-137°24' W.

La segunda balsa fue botada al agua el 2 de febrero de 1991, en 11°21' N-90°35' W. La última posición transmitida fue 12°44' N-89°53' W el 4 de marzo siguiente. Se ignora si cesó de transmitir como resultado de un fallo del transmisor o a causa de la destrucción o disintegración de la balsa entera. Al principio derivó hacia el oeste, después hacia el norte, y finalmente hacia el noreste. Se dirigía al este hacia la costa de Nicaragua antes de cesar de transmitir. No se reportaron lances sobre peces asociados con esta balsa.

Experimentos en alta mar

En julio se pusieron a la deriva 30 balsas adicionales. Su puesta en uso, y el rastreo y recuperación subsiguientes forman parte de un proyecto conjunto con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la marina mexicana. Estas 30 balsas, en 10 grupos de 3 unidades cada uno, fueron

botadas al agua en el área entre 9°N y 11°N y entre 121°W y 124°W (Figura 26) por el barco *Altair* de la Marina mexicana. Estas balsas son de cuatro diseños diferentes; algunos consisten de aparejos de superficie solamente, mientras que otros son unidades de superficie con aparejos subacuáticos de hasta 50 brazas (91 m) de profundidad. En la Tabla 10 se detallan los componentes de cada balsa, y en la Figura 27 de ilustran los distintos tipos de balsas. Están dotadas de varios aparatos de rastreo y localización. Una balsa en cada grupo está equipada con un transmisor a satélite, que permite fijar su posición con una precisión de 1 km (0.6 millas); las otras dos balsas en el grupo llevan radioboyas de onda media de llamada selectiva (Sel-Call), que funcionan solamente al ser activadas por el generador de señales de un barco pesquero. Estas pueden ser detectadas por barcos a distancias de hasta 200 km (108 nm). Varias balsas llevan también reflectores de radar y/o luces intermitentes que se activan de noche. Se espera que las baterías que alimentan el equipo electrónico en las balsas duren por lo menos 10 meses.

Durante 1991 las posiciones, direcciones, y velocidad de deriva de las balsas fueron monitoreadas desde el Southwest Fisheries Science Center del NMFS en La Jolla, California. La información fue proporcionada a diario a los armadores de barcos y a las oficinas de la CIAT en América Latina, y también transmitida en español y en inglés por la emisora KHU del NMFS en San Diego (California) y por una emisora en Ensenada (México).

Se han reportado varias observaciones y lances sobre estas balsas. Se han reportado en buenas condiciones generales, a pesar de varios huracanes, y los informes indican que todas las balsas observadas han acumulado fauna en algún grado. Al fin del año se habían reportado cuatro lances, con una captura total de 18 toneladas of aleta amarilla, 14 de barrilete, 13 de barrilete negro, y 8 de melvas. En un lance reportado a mediados de agosto, el capitán avistó un cardumen de aletas amarillas de talla mediana que estimó en unas 15 toneladas, pero la mayoría de los atunes evadieron la red nadando bajo el barco antes de cerrar el fondo de la red, y se capturó menos de una tonelada. Son alentadores la acumulación de especies asociadas, que incluye dorados medianos y grandes, marlines (*Istiophoridae*), petos, tiburones, peces puerco (*Balistidae*), y peces de carnada pequeños, y observaciones recientes de atunes asociados con las balsas.

De las 10 balsas equipadas con transmisor a satélite, 9 seguían transmitiendo su posición a fines de 1991. Siete de estas 10 se desplazaron hacia el norte y este hasta aproximadamente 12°N-110°W; las tres otras derivaron al norte hasta aproximadamente 14°N y al oeste hasta 130°W. A mediados de octubre, sin embargo, todas las que se dirigían hacia el este habían cambiado de dirección, y a principios de diciembre todas las que seguían transmitiendo iban hacia el oeste entre 10°N y 15°N y entre 118°W y 150°W (Figura 28). Debido a que estas trayectorias de deriva estaban llevando a las balsas fuera de las áreas de pesca, se les pidió a los barcos recobrar cualquier balsa que encontraran. Cuatro radioboyas Sel-Call sujetadas a balsas o que formaron parte de una balsa fueron recuperadas por barcos atuneros en este año. Las partes utilizables de las balsas recuperadas, tales como los componentes electrónicos, serán usadas en la segunda fase del proyecto, prevista para 1992.

Variaciones estacionales en las cohortes del atún barrilete en el Pacífico oriental y central

Se realizaron análisis de muestras de frecuencia de talla de atunes barrilete capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO) y cerca de Hawaii para determinar: (1) si el reclutamiento muestra una relación con la temporada en una u otra área y, de ser así, (2) si existen similitudes en el reclutamiento observado en las dos áreas. El barrilete desova en todos los meses del año en el Pacífico ecuatorial central, y solamente en ciertas temporadas en el hemisferio norte alrededor de las islas de Hawaii y en el hemisferio sur alrededor de las Islas Marquesas. Se ignora si los peces capturados en estas áreas y áreas adyacentes provienen de cohortes dominantes o de cohortes de distinta fuerza que están distri-

buidas de manera más o menos uniforme durante el año. En áreas donde el desove es estacional, estos análisis permiten comparaciones con cohortes entrantes que son el producto de desoves que ocurrieron en distintas épocas del año. Por ejemplo, si la cohorte dominante de la captura coincide con el período de desove máximo local, entonces el desove de otras partes podría no contribuir de forma significativa al stock local explotable. Si ocurre lo contrario, empero, el stock explotable será probablemente menos dependiente de la actividad de desove local. Esta información debería llevar a una comprensión mejor de las relaciones posibles entre peces capturados en distintas áreas.

El primer paso en el análisis fue crear estimaciones mensuales de las frecuencias de talla de los peces capturados en cada estrato mediante la ponderación de las muestras de acuerdo con las capturas en los estratos. Para los datos de Hawaii, esto implicó ponderar las muestras de frecuencia de talla por la captura total en cada grupo de talla en cada mes del año. En el OPO se definen los estratos por cuadrángulos de cinco grados, mes, y tipo de lance cerquero (lances sobre peces asociados con objetos flotantes y lances sobre "brisas", o cardúmenes no asociados). Se ponderaron las muestras de frecuencia de talla dentro de estos estratos por las capturas correspondientes. Se estimaron tres conjuntos de frecuencias de talla mensuales para el OPO, correspondientes a las capturas realizadas al norte de 10°N, al sur de 10°N, y en el OPO entero.

El próximo paso consistió en convertir las frecuencias de talla en proporciones por edad. A raíz de las incertidumbres en la relación de talla- edad del barrilete, se definió un grupo de edad inicial de referencia con una talla media de 40 cm. Se establecieron grupos de edad mayor a partir de este grupo inicial, evitando así la necesidad de hacer suposiciones acerca de la edad real de los peces. Este método permite comparaciones directas con las tasas de crecimiento estimadas a partir de los datos de marcado. Una reparametrización de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Canad. Jour. Fish. Aquat. Sci., 37 (9): 1337-1351) fue adaptada para este propósito de esta forma

$$\mu_a = S_{first} + (S_{last} - S_{first}) \left(\frac{1 - \rho^a + \frac{(month - 1)}{12}}{1 - \rho^N} \right) + \epsilon_a$$

donde

μ_a = talla media a edad a ,

S_{first} = talla media a edad del primer grupo de edad considerado,

S_{last} = talla media a edad del último grupo de edad considerado,

ρ = coeficiente de crecimiento de Brody = e^{-K} (K = parámetro de crecimiento de von Bertalanffy),

a = edad en años,

ϵ_a = término de error [$N(0, V_a)$], y

V_a = varianza específica por edad.

El término *month* ajusta la edad en años por el incremento (o decremento) necesario para equivaler al mes de reclutamiento comprobado de la primera clase de edad (aquella con una talla media de 40 cm). Por ejemplo, si la hipótesis es que el reclutamiento de peces de 40 cm ocurre principalmente en junio, entonces las edades posibles correspondientes a la distribución de tallas de marzo sería 0.75, 1.75, y 2.75 años y se ajustaría a los datos en conformidad con esto. Se seleccionó el algoritmo de esperanza-maximización (EM) para estimar la proporción por edad, dada la distribución de tallas por edad (Amer. Fish. Soc., Trans., 116 (2): 232-243). El ajuste de estos datos al modelo fue comparado para meses individuales del año y por el rango entero de tasas de crecimiento.

Los resultados de este análisis sugieren una fuerte variación estacional del reclutamiento en las áreas consideradas. Perfiles de probabilidad (falta de ajuste) en distintas tasas de crecimiento y meses

de reclutamiento indican similitudes entre áreas dentro del OPO, pero diferencias entre los barriletes del OPO y de Hawaii (Figura 29). En promedio, el mejor ajuste de grupos de edad anuales ocurrió cuando la primera clase de edad (con una talla media de 40 cm) ingresó a la pesquería entre noviembre y febrero. En los datos de Hawaii, empero, este grupo de talla ingresó a la pesquería entre marzo y mayo. Esto lleva a la formulación de hipótesis alternativas sobre la estructura de la población de barriletes en el Pacífico oriental y central.

Para comprobar la validez del procedimiento de estimación, se simuló una población estructurada por edad con reclutamientos mensuales. El muestreo de las poblaciones simuladas siguió un procedimiento multinomial basado en la talla. Se analizaron las siguientes posibilidades:

1. reclutamiento continuo y constante durante todos los meses del año;
2. reclutamiento continuo y constante durante todos los meses del año, pero con un mes que produce 5 veces el promedio de los demás meses;
3. reclutamiento continuo y constante durante todos los meses del año, pero con un mes que produce 10 veces el promedio de los demás meses;
4. reclutamiento continuo y constante durante todos los meses del año, pero con un mes que produce 5 veces y otro que produce 10 veces el promedio de los demás meses. Estos dos meses estaban separados por un semestre.

Los resultados de esta fase del estudio demostraron que los meses con reclutamiento superior al promedio pueden ser distinguidos de los demás, aún cuando ocurren dos meses pico en cada año.

Posible misidentificación de atunes patudo en el Océano Pacífico oriental

Los atunes patudo y aleta amarilla son muy parecidos, y es por lo tanto posible que sean misidentificados de vez en cuando, lo cual produciría errores en algunos de los datos reunidos por el personal de la CIAT. Es más probable que los patudos sean identificados como aletas amarillas que lo contrario, ya que la segunda especie es mucho más abundante en las capturas. El personal de la CIAT usa por lo menos tres fuentes de información para estimar el tonelaje y la distribución de tallas del patudo capturado con arte de superficie en el Océano Pacífico oriental (OPO). Estas incluyen registros en los cuadernos de bitácora de los barcos, pesos descargados suministrados por las enlatadoras, e identificación de patudos por representantes en el muelle que toman muestras de frecuencia de talla durante la descarga de barcos pesqueros. Los empleados de la CIAT que muestrean el pescado durante la descarga no pueden examinar el hígado de los peces, la mejor manera de distinguir el patudo del aleta amarilla; tienen que usar las características externas del patudo, que incluyen la longitud relativamente mayor de las aletas pectorales, el extremo curvo hacia abajo de las mismas en especímenes frescos, y la mayor profundidad del cuerpo, en relación a la talla del pez, entre las aletas primera dorsal y pélvica. Ya que es a menudo necesario identificar a los patudos y aletas amarillas con rapidez durante la descarga, es crítica la experiencia en la detección de estas diferencias. Es importante determinar si los patudos son misidentificados como aletas amarillas y, de ser así, en cuál grado. Datos tomados como parte de otro proyecto brindaron una oportunidad única para examinar estas cuestiones.

Durante 1987-1989 observadores a bordo de barcos cerqueros estadounidenses colectaron gónadas de aletas amarillas para un estudio de la reproducción de la especie. Fueron capacitados en la identificación del patudo con base en características externas, y se les requirió verificar su identificación de los peces mediante la examinación del hígado antes de extraer las gónadas. Los registros de estos observadores señalaron capturas de 51 toneladas de patudo y 18,910 toneladas de otros atunes en lances sobre brisas y objetos flotantes entre el 7 de abril de 1987 y el 12 de septiembre de 1989. Se determinó a partir de los datos de descargue que en el mismo período cerqueros estadounidenses sin estos observadores especialmente entrenados a bordo capturaron 246.2 toneladas registradas como de patudo y 93,668.4 toneladas registradas como de otros atunes en lances sobre objetos flotantes y brisas. La proporción de patudo a otros atunes (0.0027 para los barcos con observadores y 0.0026 para aquellos sin) son casi iguales, por lo cual parece que la captura de patudo por barcos estadounidenses no es ni sobreestimada ni subestimada por los métodos de evaluación actuales.

Barcos de los Estados Unidos y de otras naciones pescan en las mismas áreas del OPO, pero el esfuerzo de los barcos estadounidenses está concentrado al norte de la línea ecuatorial en grado mucho mayor que aquel de los barcos de otras naciones. Las capturas de patudo suelen ser mayores cerca de las Islas Galápagos y al sur de la línea ecuatorial. No es por lo tanto sorprendente que la proporción de patudo a otros atunes correspondiente a los barcos de las otras naciones en los mismos estratos de tipo de lance-período, 0.0066, es aproximadamente dos veces aquella de los barcos estadounidenses. Sin embargo, ya que se usan las mismas fuentes de información para estimar las descargas de ambos segmentos de la pesquería, no hay razones por sospechar que las capturas de patudo sean subestimadas o sobreestimadas para la flota cerquera entera.

Estudios de palangre

El Dr. Hideki Nakano, del National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón), pasó la mayor parte de 1990 y los dos primeros meses de 1991 en la oficina principal de la CIAT en La Jolla, donde colaboró con investigadores de la CIAT en varios estudios.

Uno de éstos es un estudio de la pesquería palangrera japonesa en el Océano Pacífico oriental en el período de 1981-1987. Incluye análisis de las tendencias en la captura, el esfuerzo, y la abundancia, la distribución de las zonas de pesca por área y trimestre, la madurez y composición por talla de los peces, la pesquería con palangre profundo, dirigida principalmente hacia el atún patudo, y la interacción entre las pesquerías de superficie y palangrera del atún aleta amarilla. (Estudios similares del período de 1956-1980 han sido realizados previamente por científicos japoneses y de la CIAT y publicados en la serie de Boletines de la CIAT.)

El Dr. Nakano trabajó también con un investigador de la CIAT en un estudio de la estandarización de las tasas de captura con palangre de atunes patudo y aleta amarilla.

En la próxima sección se describe un tercer estudio, sobre los picudos.

Estudios de picudos

Biología general y relaciones al ambiente

Los picudos, peces de importancia particular para las pesquerías de atunes recreacional y palangrera, son capturados incidentalmente en las pesquerías atuneras con red de cerco en los Océanos Atlántico, Pacífico, e Indico. Actualmente se carece de datos básicos sobre la biología de los picudos, inclusive la información necesaria para su manejo. Ya que los picudos comparten el hábitat de los atunes y son capturados en las pesquerías superficiales y subsuperficiales de los mismos, es apropiado que la CIAT y otras organizaciones involucradas en la investigación de los atunes realicen también investigaciones sobre los picudos. Los picudos son altamente migratorios, y es por lo tanto necesario que la investigación de los picudos del Pacífico incluya el Océano Pacífico entero, y no solamente parte del mismo. Consecuentemente, en 1991 la CIAT y el National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) del Japón iniciaron un programa conjunto para investigar la biología de los picudos. Estos estudios se enfocan en la relación entre los picudos y su ambiente, y en la estimación de la condición de los stocks de marlines y peces vela en relación a la pesca. En el estudio se utilizan datos de las pesquerías recreacionales, palangreras, y cerqueras del Océano Pacífico entero.

Generalmente no se ha dispuesto de datos sobre las capturas de los picudos en la pesquería cerquera atunera del Océano Pacífico oriental (OPO) ni de datos biológicos de los peces capturados. A fines de 1988, sin embargo, el personal de la CIAT comenzó a reunir información sobre las capturas de picudos y la biología de los mismos, a través de los observadores asignados a barcos de banderas aparte de la estadounidense principalmente para tomar datos sobre delfines.

Todas las especies de picudos del Pacífico son capturadas en la pesquería atunera cerquera del OPO. Las capturas estimadas de picudos en esta pesquería durante 1989-1990 y 1991 fueron las siguientes:

Especie	1989-1990	1991
Marlín azul, <i>Makaira nigricans</i>	650	650
Marlín negro, <i>M. indica</i>	1,100	600
Marlín rayado, <i>Tetrapturus audax</i>	850	700
Marlín trompa corta, <i>T. angustirostris</i>	<100	<100
Pez vela, <i>Istiophorus platypterus</i>	1,600	1,400
Pez espada, <i>Xiphias gladius</i>	<100	<100

Los datos de 1991 son preliminares.

Los picudos aparecen en las capturas durante todo el año, pero en 1989-1990 las capturas de marlines fueron máximas durante el tercer y cuarto trimestre, y las de peces vela en el segundo. Los picudos son capturados primordialmente en aguas entre el sur de México y el norte del Ecuador, y las capturas mayores son logradas en el Golfo de Panamá (Figura 30). Muestras de frecuencia de talla (Figura 31) indican que los marlines y peces vela capturados en la pesquería con red de cerco son de talla similar a aquellos capturados con palangre (Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 5).

Genética

La CIAT subvencionó en parte estudios de la genética de los picudos realizados en el Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, EE.UU. El objetivo de la investigación fue elucidar la base genética de la estructura de la población de varias especies de picudos, usando análisis de alozimas (electroforesis de proteínas) y análisis del polimorfismo de la longitud del fragmento restrictivo (RFLP, o *restriction fragment length polymorphism*) de ADN mitocondrial (mtDNA).

El objetivo principal del estudio fue determinar la estructura de la población del marlín rayado en el Océano Pacífico. Se tomaron muestras de 40 a 50 ejemplares de la especie en Australia, Ecuador, Hawaii, y México. A fin de comparar el grado de variación interespecífica del marlín rayado, se determinaron las divergencias genéticas de otros picudos de distintas condiciones evolutivas. Se realizó ésto mediante el análisis de muestras de marlín azul, 25 del Pacífico y 25 del Atlántico, y de pez vela, 20 del Pacífico y 20 del Atlántico, y muestras más pequeñas de otras especies de picudos.

El análisis de alozimas consistió de un estudio de 44 sitios de codificación de enzimas. Se descubrió que los niveles de variación dentro de las especies eran bajos. Típicamente, cuatro o cinco sitios eran polimórficos en una especie, y las estimaciones generales de heterozigosis fueron comparables a los valores reportados para otros vertebrados pelágicos grandes. Se comprobó una separación geográfica limitada de la variación de las alozimas. Varios análisis estadísticos demostraron que el marlín rayado tiene un bajo nivel de diferenciación entre lugares de colección en el Océano Pacífico, aunque sí se descubrió una diferenciación genética mayor entre las muestras del Pacífico y del Atlántico del marlín azul y el pez vela.

A diferencia de los resultados del estudio de alozimas, el análisis de RFLP del mtDNA, que típicamente proporciona una mayor grado de resolución genética, demostró una estructuración considerable de la población del marlín rayado, el marlín azul, y el pez vela. Genotipos compuestos, basados en el análisis de mtDNA de picudos con 12 enzimas de restricción, no estuvieron distribuidos de forma homogénea en ninguna de las especies. Se descubrió una heterogeneidad espacial significativa entre peces de los cuatro puntos de muestreo de marlín rayado en el Océano Pacífico, indicando un flujo de genes limitado entre las áreas. Todavía más notorio fue el grado de diferenciación genética entre las poblaciones de marlines azules y peces vela en el Atlántico y el Pacífico. Para ambas especies, se encontró una variación genética mucho mayor en las muestras del Atlántico que en las del Pacífico. Los resultados sugieren que las poblaciones de los dos océanos estuvieron aisladas en otros tiempos, pero que recientemente ha ocurrido un flujo de genes limitado. Las diferencias genéticas marcadas descubiertas en las poblaciones atlánticas y pacíficas del marlín azul y el pez vela se contrastan marcadamente con los resultados obtenidos de estudios similares de atunes.

Estudios del ciclo vital temprano

Desde hace ya muchos años los biólogos pesqueros creen que la fuerza de una clase anual se ve determinada principalmente durante las etapas tempranas del ciclo vital (huevo, larva, y/o juvenil primario). Décadas de investigación han descubierto una cantidad considerable de información sobre las poblaciones de atunes adultos, pero se sabe relativamente poco acerca de las etapas tempranas del ciclo vital y los factores que afectan el reclutamiento de los juveniles a los stocks explotables. En el Océano Pacífico oriental los pescadores no suelen capturar atunes de talla inferior a los 30 cm, y por lo tanto no se dispone de muchas muestras de peces de ese tamaño. Estas consideraciones motivaron a la CIAT a establecer en la Bahía de Achotines, en la República de Panamá, una facilidad de investigación dedicado al estudio del ciclo vital temprano de los atunes.

La Bahía de Achotines está situada en la punta sur de la Península de Azuero en la Provincia de Los Santos, República de Panamá (Figura 32). La plataforma continental es bastante estrecha en este lugar: el contorno de 200 metros (109 brazas) se encuentra a entre 6 y 10 km (3 a 5 millas náuticas) del litoral. Este fenómeno les proporciona a los científicos del laboratorio un acceso fácil a aguas oceánicas donde desovan algunas especies de atunes en cada mes del año. El rango anual de la temperatura superficial del mar va de los 21° a los 29°C. La Bahía de Achotines brinda una fuente de agua salada adecuada para mantener atunes vivos en el laboratorio. La proximidad del laboratorio al área de estudio ofrece una alternativa menos costosa que un buque de investigación, y permite una mayor flexibilidad y espontaneidad en el muestreo.

El programa de la CIAT de investigación de las etapas tempranas del ciclo vital incluye estudios de laboratorio y de campo ideados para lograr un mayor conocimiento del procedimiento de reclutamiento y de los factores que lo afectan. Investigaciones anteriores del reclutamiento de los peces sugieren que tanto los factores abióticos (temperatura, salinidad, circulación local, etc.) como los biológicos (alimentación, predación, etc.) pueden afectar el reclutamiento. Ya que la supervivencia antes del reclutamiento es controlada probablemente por una combinación de estos factores, un programa de investigación del reclutamiento debe tomar en cuenta la interacción entre el sistema biológico y el ambiente físico. En esta sección se describen los estudios realizados en los laboratorios de Achotines y La Jolla para profundizar la información sobre la mortalidad, el crecimiento, y la influencia del ambiente físico sobre la biología de los atunes larvales y juveniles tempranos.

Gran parte del trabajo realizado en el Laboratorio de Achotines en los primeros años fue dedicado a desarrollar métodos de capturar, trasladar, y mantener vivos en cautiverio a los escómbridos. Se capturan escómbridos larvales tardíos y juveniles tempranos (de talla estándar (TE) de entre 8 y 35 mm) para los experimentos de laboratorio y otros proyectos de investigación de noche, usando una luz submarina suspendida de una lancha. La luz atrae a los peces, que se capturan con un salabre y se trasladan vivos al laboratorio. Hasta la fecha se han capturado y mantenido vivos en el laboratorio atunes aleta amarilla y/o patudo (denominados *Thunnus* spp. de ahora en adelante en esta sección); atunes barrilete negro, *Euthynnus lineatus*; melvas, *Auxis thazard* y/o *A. rochei* (denominados *Auxis* spp. de ahora en adelante en esta sección); sierras, *Scomberomorus sierra*; macarelas, *Scomber japonicus*; y bonitos del Pacífico, *Sarda orientalis*. (Es imposible en esta etapa del ciclo vital distinguir los aletas amarillas de los patudos usando caracteres morfológicos, merísticos, osteológicos, o de pigmentación; en un trabajo reciente (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. Bull., 86 (4):835-838) se describe la identificación por electroforesis. Se pueden distinguir *Auxis thazard* y *A. rochei* larvales y juveniles tempranos a partir de diferencias menores en la pigmentación, la profundidad del cuerpo, y el conteo de las branquiespinas, pero las identificaciones son ambíguas.) Las investigaciones en el laboratorio se han enfocado en el barrilete negro, *Auxis* spp., y las sierras, los escómbridos más abundantes en las aguas costeras.

Durante el primer semestre de 1991 se capturaron de noche con luz artificial cantidades de bajas a moderadas de escómbridos larvales tardíos (en etapas de flexión tardía y postflexión del notocordio) y juveniles tempranos. Por cuarto año consecutivo, estuvieron presentes densidades elevadas de atunes barrilete negro y *Auxis* spp. en las aguas del borde de la plataforma continental y de la pendiente continental al sur de la Península de Azuero durante julio y agosto. A fines de julio y principios de

agosto se capturaron grandes cantidades (varios centenares cada noche) de barriletes negros. Parece que la circulación retiene a los escómbridos larvales tardíos en las aguas de la pendiente y del litoral durante esta porción de la temporada de lluvias. Entre mediados de agosto y mediados de septiembre se capturaron cantidades de bajas a moderadas de barriletes negros, *Auxis* spp., y sierras. Las capturas de barriletes negros fueron bajas en octubre y a principios de noviembre a pesar de un esfuerzo intensivo de muestreo. A raíz del mal tiempo, seguido por la llegada de los vientos alisios terrales, se realizaron solamente dos viajes de captura nocturna entre mediados de noviembre y fines de diciembre, y no se capturaron escómbridos.

En 1991, al igual que en 1990, fueron colectadas cantidades moderadas (hasta varias docenas por noche) de *Thunnus* spp. larvales tardíos frente a la Península de Azuero entre mediados de junio y mediados de julio. Se capturaron también cantidades moderadas de *Thunnus* spp. durante septiembre. La temperatura superficial del mar durante esos períodos osciló entre 28.0° y 29.5°C (82.5° y 85.0°F). Se ignora el origen de estos pulsos de *Thunnus* spp. larvales tardíos, pero se sospecha que el desove ocurra lejos de la costa y que las larvas son transportadas hacia la costa por las corrientes.

Avances en las técnicas de cría y el añadir suplementos a la dieta de barriletes negros juveniles en el laboratorio han resultado en un crecimiento más rápido y tasas de supervivencia más elevadas. Dieciseis barriletes negros (TE 14-20 mm) capturados de mediados a fines de noviembre de 1990 crecieron a una TE 230-280 mm a fines de marzo de 1991. El traslado de los juveniles primarios a tanques de 4.6 ó 6.4 m de diámetro con de 20 a 30 otros peces del mismo tamaño y el suplemento de la dieta regular de pececillos (Poeciliidae) con hígado de buey picado parece haber mejorado la supervivencia y la eficacia de la alimentación. Algunos de estos peces alcanzaron la madurez sexual en cautiverio (ver **Maduración del barrilete negro en cautiverio**).

Los acuarios experimentales en el Laboratorio de Achotines fueron reconfigurados hacia fines de 1991 en preparación para experimentos sobre los efectos de concentración de alimento y temperatura del agua sobre el crecimiento y supervivencia de barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos. Se conectaron en grupos de tres doce tanques de fibra de vidrio de 330 litros (87 galones) de capacidad, cada uno con equipo de refrigeración y calefacción. Dos grupos reciben agua de mar calentada y dos agua de mar refrigerada. La iluminación, intercambio de agua, y aeración de los tanques será uniforme. Se comprobó el sistema y se realizó un experimento de prueba, pero las malas condiciones para la captura nocturna prohibieron el inicio de los experimentos durante 1991.

Muestreo con trampas de luz

Durante julio y principios de agosto, se realizó un programa de muestreo de campo para examinar la distribución y abundancia de escómbridos larvales tardíos y juveniles tempranos frente a la Península de Azuero. El Sr. Simon Thorrold, científico del Instituto Australiano de Ciencias Marinas (AIMS), colaboró con científicos de la CIAT en el estudio. Se usaron trampas de luz automáticas, diseñadas y fabricadas por AIMS, para estudiar la distribución vertical nocturna de escómbridos juveniles. Otro objetivo del estudio fue comparar las capturas realizadas por las trampas de luz con aquellas logradas con luz submarina.

Se ubicaron las trampas de luz en la superficie y a profundidades de 10 y 20 m (5 1/2 y 11 brazas) en 21 ocasiones. Las capturas de escómbridos larvales tardíos fueron algo bajas. En total se capturaron 32 escómbridos, 14 barriletes negro (TE 8.5 a 15.0 mm), 13 *Thunnus* spp. (TE 8.5 a 12.8 mm), y 5 *Auxis* spp. (TE 9.0 a 11.0 mm). Los escómbridos fueron capturados solamente en las trampas en la superficie. El esfuerzo aproximado a cada profundidad fue: superficie - 64.5 horas; 10 m - 34.0 horas; 20 m - 46.5 horas.

Los datos son limitados, pero parecen indicar que de noche las larvas tardías y juveniles tempranos están restringidos a los estratos superiores de la capa de mezcla. Se compararán estos resultados con los datos de distribución por profundidad de las larvas obtenidos con la red de Tucker (ver **Estudios de ictioplancton y oceanográficos**).

En siete ocasiones se usaron las trampas de luz y la luz submarina simultáneamente (Tabla 11). En cuatro ocasiones ambas artes capturaron cantidades bajas de larvas tardías, y en tres ocasiones las

capturas logradas con la luz submarina fueron mucho mayores que las de las trampas de luz. Observaciones visuales indicaron que, cuando las larvas tardías abundaban en las aguas de superficie, se acercaban a las trampas en cardúmenes pequeños, pero no entrarían en ellas en grandes cantidades. Es bien claro que los escómbridos jóvenes sienten una fuerte atracción por las trampas. Es posible que el zooplancton, también atraído a las trampas, pueda brindar un estímulo adicional al hacer que los escómbridos jóvenes entren a las trampas para comerlo. Es posible que la densidad del zooplancton durante el período de muestreo (julio y principios de agosto) haya sido insuficiente para atraer a grandes cantidades de escómbridos a las trampas. Pudiera ser posible comprobar el efecto de densidades elevadas de zooplancton sobre las capturas de escómbridos con trampas de luz durante la temporada de sequía (diciembre- abril), cuando la densidad del zooplancton suele ser mayor. En contraste, el estímulo de atracción de la luz submarina es aparentemente mayor para las larvas tardías y juveniles, debido quizá a que el área iluminada sea mayor. Las capturas mayores obtenidas con la luz submarina reflejan también la mayor vulnerabilidad de las larvas tardías a la captura con salabardo una vez observadas en el área iluminada. El método de luz submarina de la CIAT es algo subjetivo, debido a la variabilidad de las condiciones en el mar y la pericia de los operadores, pero parece resultar en un índice general relativamente bueno de la abundancia relativa de los escómbridos larvales tardíos y juveniles tempranos.

Maduración del barrilete negro en cautiverio

Cinco barriletes negros capturados con luz submarina entre el 14 y el 16 de noviembre de 1990, con tallas de captura de entre 16 y 22 mm, seguían vivos a mediados de septiembre de 1991 en un tanque de 6.4 m de diámetro que contiene 30,000 L de agua de mar en el Laboratorio de Achetines. Se tuvo que vaciar el tanque, y se sacrificaron los peces para medir la temperatura de los músculos. Se descubrió que los peces, cuatro machos y una hembra, eran sexualmente maduros. La talla furcal de los mismos, entre 290 y 366 mm, es inferior a aquella de la hembra madura más pequeña (400 mm) descubierta en un estudio previo (Boletín de la CIAT Bulletin, Vol. 19, N° 2) de unos 6,000 barriletes negros capturados en el océano. En un intento de inducir fertilización, se mezclaron en frascos de laboratorio esperma de los machos y varios centenares de huevos de la hembra con agua de mar, se gaseó suavemente, y se mantuvo a dos temperaturas distintas. Aunque algunos de los huevos estaban hidratados y de 1 mm de diámetro, ninguno parecía haber sido fertilizado. La esperma contenía espermatozoos activos, y motilidad persistió casi una semana en muestras refrigeradas.

Estos peces habían pasado entre 305 y 307 días en cautiverio en el Laboratorio de Achetines. Se cree que éste representa el período de cautiverio más largo para cualquier escómbrido comenzando en una etapa temprana del ciclo vital, y el primer caso conocido en que uno de estos peces alcanzó la madurez sexual. Los juveniles tempranos fueron alimentados con plancton salvaje durante la primera semana de cautiverio, y posteriormente con pescado picado suplementado con hígado de buey y vitamina C.

Condición nutritiva de los escómbridos larvales y juveniles

Un estudio de la condición nutritiva y tasas de inanición de escómbridos larvales y juveniles tempranos colectados durante la temporada de lluvias (mayo a noviembre) de 1988, descrito en el informe Anual de la CIAT de 1990, fue casi completado en 1991. Al fin del año se estaba preparando un manuscrito sobre este trabajo.

Estudios de edad y crecimiento

Se analizaron la edad y el crecimiento de 218 atunes barrilete negro, de TE entre 5.7 y 20.3 mm, usando conteos de los incrementos de crecimiento en las ságitas (los más grandes de las tres parejas de otolitos). Todos los especímenes fueron capturados de noche con luz artificial a entre 3.5 y 6.5 millas

náuticas de la costa de Panamá cerca del Laboratorio de Achotines de la CIAT entre diciembre de 1987 y febrero de 1989. En el Informe Anual de la CIAT de 1989 se describe la metodología de la preparación de los especímenes y ságitas para el estudio.

Experimentos de inmersión realizados en 1990 demostraron que los incrementos son depositados a intervalos diarios en las ságitas de barriletes negros larvales tardíos y juveniles tempranos (Informe Anual de la CIAT de 1990). Con base en esto, se asignaron edades a los 218 peces, y se usó la relación talla-edad para estimar la tasa media de crecimiento diario (0.70 mm/d; Figura 33).

El crecimiento de las ságitas, determinado a partir de mediciones del radio del rostro (la proyección más anterior de la ságita), es directamente proporcional al crecimiento somático en talla estándar en el rango de tallas indicado (Figura 34). Esta relación estrecha sugiere que el ancho de cualquier incremento es una medida del crecimiento instantáneo. Por consiguiente, es posible determinar la historia del crecimiento de un individuo mediante el retrocálculo de la talla en edad, usando mediciones del ancho de los incrementos.

Se calcularon regresiones lineales separadas para los datos de talla-edad de los peces colectados en julio y agosto, durante la temporada de lluvias, y enero y febrero, durante la temporada de sequía (afloramiento) (Figura 35). No fue posible compararlos estadísticamente porque sus varianzas no eran homogéneas ($P < 0.005$). En el caso de la temporada de lluvias, la varianza fue significativamente mayor ($P > 0.02$) para los peces de más de 14 días de edad. Sin embargo, para los peces de entre 8 y 14 días de edad las varianzas fueron homogéneas para las dos temporadas ($P > 0.20$), y por lo tanto se ajustaron regresiones lineales a los dos subconjuntos truncados de datos (Figura 35). A pesar de que la tasa de crecimiento fue mayor durante la temporada de lluvias (0.90 ± 0.11 mm/d) que durante la temporada de sequía (0.70 ± 0.13 mm/d), la diferencia entre los coeficientes de regresión no fue significativa (ANCOVA, $F_{0.05(1),1,37} = 1.18$, $P > 0.20$). El coeficiente de regresión común fue 0.84 mm/d. Se comparó también entre las dos temporadas el crecimiento diario medio de peces de más de 14 días de edad; fue 0.82 mm/d y 0.85 mm/d en las temporadas de lluvias y de sequía, respectivamente. Estas tasas fueron asimismo similares para las dos temporadas ($t_{0.05(2),23} = 0.903$, $P > 0.20$), con un promedio común de 0.83 mm/d. La mayor variabilidad en el crecimiento de individuos de mayor edad durante la temporada de lluvias podría ser debida a un cambio en las preferencias dietéticas de los individuos mayores y/o a irregularidad o cambios en la abundancia de ciertos tipos de organismos alimenticios.

Los datos para comparaciones de crecimiento por temporada son limitados. Se analizarán más larvas, incluso aquellas tomadas durante el tercer trimestre con la red de Tucker, y juveniles para examinar diferencias posibles en el crecimiento entre las dos temporadas.

Estudios de ictioplancton y oceanográficos

En 1991 se realizaron cambios en el equipo y los procedimientos usados para muestrear el ictioplancton frente a la costa sur de la Península de Azuero. Un red de arrastre tipo Tucker, capaz de ser abierta y cerrada bajo el agua y por lo tanto muestrear a estratos discretos de profundidad, reemplazó la red de bongo usada en muestreos anteriores para obtener información sobre las diferencias entre la distribución vertical nocturna y diurna de los escómbridos larvales con respecto a la temperatura, la salinidad, el oxígeno, y la intensidad de la luz en la columna de agua.

Se fabricó una red especial con una apertura de 0.6 m^2 para permitir usarla en un barco de investigación pequeño. Fue fabricada de malla de $335 \mu\text{m}$ de color azul-verdoso, y equipada con un dispositivo que registra la temperatura del agua y la profundidad de la red durante el arrastre. Se insertó en esta red una red subsidiaria, de malla de $73 \mu\text{m}$ y de 0.014 m^2 de apertura, para coleccionar microzooplancton simultáneamente. Se estudiarán las muestras de microzooplancton para caracterizar los organismos disponibles a los escómbridos larvales como alimento.

La capacidad de búsqueda de partículas de alimento de las larvas de escómbridos se basa princi-

palmente en la detección visual. Es por lo tanto importante el nivel de luz ambiental por profundidad para la estimación de la incidencia y eficacia de alimentación de estos organismos. Se ha añadido un sensor de radiación utilizable para la fotosíntesis al CTDO (aparato que mide simultáneamente la conductividad (salinidad), temperatura, profundidad, y nivel del oxígeno del agua) para determinar el nivel de luz en la columna de agua durante los muestreos ictioplanctónicos y oceanográficos.

Durante 1991 se completaron 45 viajes de muestreo de ictioplancton con la red de Tucker. Las muestras fueron tomadas en la estación MSB (Figura 32) de día entre aproximadamente las 1000 y 1500 horas y de noche entre aproximadamente las 2100 y 0300 horas. Durante ocho de estos viajes se tomaron muestras en períodos diurnos y nocturnos consecutivos. Basado en los resultados de una fase previa del programa, se realizó el muestreo con el red de Tucker exclusivamente en la estación MSB. Se hizo el muestreo anterior con un red de bongo por lo menos una vez al mes en 14 estaciones en tres transectos que se extienden desde Punta Mala, la Bahía de Achotines, y Morro Puercos (Figura 32) y este muestreo indicó que la abundancia de escómbridos larvales fue consistentemente más elevada en la estación MSB que en las otras estaciones. También, el transecto de Punta Mala (Figura 32) fue el único donde ocurrieron todos los cinco géneros taxa de escómbridos, barrilete negro, *Auxis* spp., *Thunnus* spp., sierra, y bonito mono, en los muestreos de red, y las densidades de escómbridos en este transecto fueron un orden de magnitud mayores que aquellas de los otros dos.

El protocolo de los muestreos de ictioplancton es como sigue. Se realizan dos rastreos replicados con la red de Tucker en cinco estratos de profundidad: 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, y 60-80 m (0-3, 3-11, 11-22, 22-33, y 33-44 brazas). Se conservan las muestras obtenidas en los tres estratos más someros por dos métodos distintos, de acuerdo con la manera en que se serán utilizadas. Se conservan en fijador de Bouin las muestras que serán utilizadas en investigaciones de condición nutritiva, mientras se preservan en etanol al 95% las muestras que serán utilizadas en investigaciones de edad y crecimiento y de la ecología de alimentación. Se desarrolló un separador de copos, puesto entre la red y sus dos copos, para dividir la muestras de un solo arrastre en dos partes de tamaño más o menos igual durante el arrastre. No se dividen las muestras recogidas en los dos estratos más profundos, y se las preserva en una solución de formol al 5%, como en el caso de las muestras microzooplanctónicas de todos los estratos. Se realizan lances de CTDO a profundidades de hasta 100 m (55 brazas) inmediatamente antes y después de los arrastres. Se registra las condiciones meteorológicas, la intensidad de la luz ambiental, la claridad del agua, y el estado del mar en el momento de los lances.

Boya para agregar peces

Un boya para agregar peces, construida en el Laboratorio de Achotines, fue sembrada frente a la costa sur de la Península de Azuero el 18 de abril de 1991, en 7°20.16' N-80°10.02' W, justo al oeste de la isla Frailes del Sur. Ha estado atrayendo peces juveniles y adultos. La pesca con cebo cerca de la boya resultó en la captura de ejemplares adultos de aleta amarilla, barrilete negro, peto (*Acanthocybium solandri*), dorado (*Coryphaena hippurus*), y varias especies de Carangidae. Carángidos, salmones (*Elagatis bipinnulata*), y chopas *Abudefduf troschelli* juveniles, de talla entre 3 y 25 cm, agregados y alimentándose alrededor de la boya, fueron observados por buzos.

Programa de mágiles reproductores

Durante 1991 se continuaron esfuerzos por inducir el desove en un stock cautivo de mágiles blancos, *Mugil curema*, en el Laboratorio de Achotines. Se están criando los mágiles para producir larvas para alimentar atunes juveniles en el laboratorio. Varios centenares de mágiles, de TE entre 100 y 150 mm, fueron capturados con jábegas y redes agalleras en aguas locales y trasladados a unos estanques de agua salada para suplementar el stock de reproductores. Se hicieron los preparativos para trasladar varias docenas de mágiles hembras grandes a un tanque de 4.6 m de diámetro en el

laboratorio, donde serán sometidos a un régimen de fotoperíodo reducido para estimular el desarrollo de los ovocitos. Subsecuentemente se implantarán pelotillas de hormonas de disolución en los músculos para acelerar el desarrollo de las gónadas.

Estudios del recurso de pargo

El personal de la CIAT está realizando un proyecto cooperativo con científicos de la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) panameña para estudiar algunas especies de peces costeros de importancia comercial en la Provincia de Los Santos de la República de Panamá. El objetivo de este proyecto es obtener datos fundamentales sobre la biología y capturas potenciales 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 abril de 1986 se inició un programa de muestreo para estudiar y evaluar los recursos de pargo (familia Lutjanidae) y otras especies costeras. Biólogos de la DGRM toman datos a diario sobre la captura, el esfuerzo, la talla, y el peso. Estos datos básicos proporcionarán información sobre la composición por especie, composición por talla, factores de condición, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) usando distintas configuraciones de las artes de pesca, y variaciones estacionales de todos éstos. La especie más importante descargada por la pesquería es *Lutjanus peru*; otras especies, capturadas en cantidades menores, incluyen *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, y *Hoplopagrus güntheri*. Las tres primeras especies forman más del 90% de la captura en la Provincia de Los Santos. Un biólogo de la DGRM trabajando en el Laboratorio de Achotines está realizando un análisis de los datos y preparando un informe.

En 1991 se continuaron preparativos para iniciar un programa de marcado de los pargos capturados con mayor frecuencia en la pesquería. Se capturaron pargos y se trasladaron a cuatro depósitos de 3.7 m de diámetro en el Laboratorio de Achotines para experimentos preliminares de marcado. Dichos experimentos evaluarán si es factible usar una marca de implantación visible (IV), recién desarrollada, en experimentos de marcado a gran escala en el mar. Se medirán también las tasas de pérdida de marcas y de crecimiento. Se probaron varios puntos del cuerpo para las marcas a fin de ubicar las marcas de tal forma que fueran visibles desde fuera, que no impidieran el comportamiento y movimiento del pez, y que no se pierdan durante la captura con anzuelo. No se iniciaron los experimentos durante 1991 a raíz de problemas con la adquisición de suficientes *Lutjanus peru* para un experimento estadísticamente válido y de mortalidad causada por infecciones y posibles deficiencias nutritivas. Cambios en los procedimientos llevaron a una reducción de la mortalidad, y al fin de 1991 habían 31 *L. peru* vivos en tres depósitos en el Laboratorio de Achotines.

Oceanografía y ecología de los atunes

Eventos de El Niño en la segunda mitad del siglo XX

Durante el siglo XX han ocurrido 20 eventos de agua cálida, llamados El Niño, en el Pacífico oriental tropical (POT). Dos de éstos, los de 1925-1926 y 1982-1983, fueron muy fuertes. El de 1982-1983, el más fuerte y más extenso del siglo, duró entre 18 y 24 meses, durante los cuales las temperaturas superficiales del mar (TSM) alcanzaron un nivel más de 6°C (14.4°F) superior al normal en las aguas costeras del Ecuador y Perú. Como resultado, muchos organismos marinos fueron afectados durante más de 2 años en la mayor parte del Océano Pacífico oriental (OPO). Antes del Año Geofísico Internacional (AGI) de 1957-1958, El Niño no era ampliamente conocido (excepto en áreas tropicales) como evento ambiental frecuente, pero en ese año se desarrolló un Niño fuerte, con efectos severos sobre las aves marinas y las pesquerías en el POT, especialmente en los litorales de Ecuador y Perú. Este

episodio fue bien documentado en los datos extensos colectados durante el AGI. Desde 1955 han ocurrido ocho eventos de El Niño de distintos grados de intensidad, y todos ellos fueron mejor documentados que aquellos de la primera mitad del siglo.

Oceanografía y ecología de los atunes

Eventos de El Niño en la segunda mitad del siglo XX

Durante el siglo XX han ocurrido 20 eventos de agua cálida, llamados El Niño, en el Pacífico oriental tropical (POT). Dos de éstos, los de 1925-1926 y 1982-1983, fueron muy fuertes. El de 1982-1983, el más fuerte y más extenso del siglo, duró entre 18 y 24 meses, durante los cuales las temperaturas superficiales del mar (TSM) alcanzaron un nivel más de 6°C (14.4°F) superior al normal en las aguas costeras del Ecuador y Perú. Como resultado, muchos organismos marinos fueron afectados durante más de 2 años en la mayor parte del Océano Pacífico oriental (OPO). Antes del Año Geofísico Internacional (AGI) de 1957-1958, El Niño no era ampliamente conocido (excepto en áreas tropicales) como evento ambiental frecuente, pero en ese año se desarrolló un Niño fuerte, con efectos severos sobre las aves marinas y las pesquerías en el POT, especialmente en los litorales de Ecuador y Perú. Este episodio fue bien documentado en los datos extensos colectados durante el AGI. Desde 1955 han ocurrido ocho eventos de El Niño de distintos grados de intensidad, y todos ellos fueron mejor documentados que aquellos de la primera mitad del siglo.

Actualmente El Niño es mejor comprendido como solamente una manifestación de patrones anormales en las circulaciones atmosféricas y oceánicas globales, conduciendo en el POT a termoclinas y capas de mezcla de profundidad anormalmente grande, y a TSM y niveles del mar anormalmente elevadas. Estos fenómenos están vinculados a cambios significativos en las corrientes oceánicas, que resultan de una reducción de la fuerza de los vientos de superficie en el Pacífico tropical. El nivel del mar y la profundidad de la termoclina en el POT están correlacionados inversamente con la fuerza de los vientos de oriente sobre el Pacífico tropical. Una medida importante de la fuerza de la circulación de los vientos tropicales es el Índice de Oscilación del Sur (IOS), la diferencia entre la presión a nivel del mar (PNM) estandarizada en Darwin, Australia (12°S) y en Tahiti (17°S). Ocurre también una reducción marcada en los nutrientes en la capa de mezcla superior del mar, llevando a una depleción del alimento, y probablemente a una redistribución del alimento por las corrientes oceánicas cambiadas.

Existe actualmente en todo el mundo un interés en las condiciones atmosféricas y oceánicas globales que podrían llevar a un evento de El Niño en el OPO y en condiciones meteorológicas y oceánicas atípicas en otras regiones, y todas estas condiciones son vigiladas de forma continua. En las últimas tres o cuatro décadas se ha demostrado que datos sobre varios factores ambientales observados pueden ser útiles para detectar el comienzo de estos eventos. En la Figura 36 se ilustran las desviaciones anuales medias de los valores normales de cuatro parámetros ambientales frecuentemente vigilados que señalan el estado de las condiciones atmosféricas y oceánicas en el POT, especialmente con respecto a eventos cálidos (El Niño) o fríos (anti-El Niño) durante la mayor parte de la segunda mitad del siglo XX (1955-1991). Los datos de la figura provienen de registros climatológicos compilados por el Climate Diagnostics Center del National Weather Service de los Estados Unidos y los gobiernos de Ecuador y Perú.

En algunos años, a medida que se desarrollan las condiciones de El Niño, el IOS (Figura 36, Recuadro A) se vuelve negativo durante entre 6 meses y un año. Esto está generalmente asociado con una reducción de la fuerza de los vientos superficiales de oriente en los trópicos. Subsecuentemente, el nivel del mar y las TSM comienzan a ascender en el POT (Figura 36, Recuadros B y C). Durante un Niño la precipitación se hace a veces intensa, con una acumulación anual media de entre 50 y 75 mm más de lo normal en Guayaquil, Ecuador, por ejemplo (Figura 36, Recuadro D). En algunos años el

episodio de El Niño puede ser débil y de corta duración, como en 1969, por ejemplo, cuando las anomalías del nivel del mar y las TSM fueron pequeñas y la precipitación casi normal. En contraste, los eventos de El Niño fuertes de 1957-1958 y 1972-1973 fueron caracterizados por anomalías grandes (Figura 36). El Niño muy fuerte de 1982-1983 fue precedido por varios años de IOS negativos y niveles del mar superiores a lo normal en la costa de Ecuador y Perú. Como resultado, el episodio de El Niño se desarrolló con rapidez a partir de mediados de 1982, y las anomalías positivas de las TSM se ampliaron velozmente. Durante 1983 el nivel del mar medio fue 15.2 cm superior al normal, la TSM media fue 6°C (14.4°F) superior al normal, y la precipitación anual acumulada en Guayaquil fue 292 mm mayor que la normal.

Eventos de El Niño de principios de los años 90

Al comenzar la última década del siglo XX, terminó el anti-El Niño fuerte de 1988 y 1989, destacado por TSM casi normales en la mayor parte del POT durante el primer trimestre de 1990. Durante el segundo trimestre de 1990, sin embargo, en la región de alta mar a lo largo de la línea ecuatorial entre 90°W y 110°W, las TSM superiores a lo normal señalaron que el afloramiento era débil. Las TSM eran normales, o ligeramente por encima de lo normal, en estaciones costeras en Perú.

Durante los dos primeros trimestres de 1990 la profundidad de la capa de mezcla (PCM) y la termoclina se hicieron mayores que de costumbre, el nivel del mar ascendió en las áreas costeras de América Central y del Sur, y el IOS se volvió negativo, reflejando una circulación de los vientos de superficie más débil que de costumbre. Durante el tercer trimestre, empero, estos parámetros ambientales volvieron a casi su nivel normal y cesó el desarrollo del Niño. Al fin del año El Niño había vuelto; la termoclina estaba a una profundidad de 10 a 20 m mayor, y el nivel del mar ascendió paulatinamente a un nivel superior al normal. El IOS también se hizo negativo, al igual que al principio del año. No obstante, ocurrieron anomalías positivas de las TSM de más de 1°C solamente en unas pocas áreas en la línea ecuatorial al este de 150°W.

La tendencia de calentamiento en el POT que comenzó en 1990 continuó durante los dos primeros trimestres de 1991. Debido al calentamiento gradual y prolongado en la capa superior de mezcla en la parte ecuatorial (de 5°N a 10°S) del POT, el contenido de calor por encima de la termoclina se había hecho suficientemente grande durante el primer trimestre de 1991 para contribuir a condiciones de El Niño, siempre que el IOS permaneciera negativo durante la mayor parte de 1991. Durante el primer trimestre de 1991 el IOS medio fue -0.5 (Figura 36, Recuadro D). Las condiciones oceánicas fueron similares a aquellas del cuarto trimestre de 1990, es decir, el nivel del mar fue ligeramente superior al normal y la termoclina estuvo a una profundidad unos 20 m mayor que de costumbre en el área ecuatorial al este de 140°W. Las TSM fueron superiores que de costumbre en la mayor parte del POT. Durante el segundo trimestre de 1991 condiciones de desarrollo lento de un Niño prevalecieron al oeste de las Islas Galápagos en la parte ecuatorial del POT. Las anomalías de las TSM en junio de 1991 (Figura 37) señalan el calentamiento a mediados del año a lo largo de la línea ecuatorial entre 90°W y 130°W, donde las TSM fueron de 2° a 3°C superiores a lo normal. La rápida subida de las TSM indicó una reducción marcada en el afloramiento de agua subsuperficial más fría, generalmente más pronunciada durante el segundo y tercer trimestre del año. En la Figura 37 se puede también ver que el desarrollo de las condiciones de El Niño todavía no habían afectado la región costera de Sudamérica ni el POT al norte de 10°N. Al fin del segundo trimestre de 1991 parecía que el Niño se extendería hacia el este a la costa y alcanzar su intensidad máxima antes del fin del año.

A mediados del tercer trimestre, empero, el desarrollo del Niño pareció cesar. El IOS ascendió de -1.5 en mayo a -0.5 durante la primera mitad del tercer trimestre, indicando una leve intensificación de los vientos de superficie sobre el Pacífico tropical del sur. El nivel del mar volvió al normal en gran

parte del litoral de Sudamérica, y la termoclina ascendió hacia la superficie en aguas ecuatoriales. Durante este período el National Oceanic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos informó que polvo volcánico en la estratosfera sobre la zona tropical y subtropical, proveniente de la erupción del Monte Pinatubo en las Filipinas, había llevado a una leve reducción en la cantidad de calor solar que llega a la superficie terrestre. Esto podría ser otro factor contribuyendo a la reducción en la expansión hacia el norte y sur del Niño durante el tercer trimestre.

Durante el cuarto trimestre de 1991, las TSM fueron más de 1°C superiores al nivel normal en casi toda la región ecuatorial del POT, y a lo largo de la línea ecuatorial aparecieron varias áreas con TSM más de 2°C superiores a lo normal. El IOS descendió a -1.2 (Figura 36, Recuadro D) entre octubre y noviembre. Durante el mismo período el nivel del mar ascendió a varios centímetros por arriba de su nivel normal en Baltra, una de las Islas Galápagos, y también entre La Libertad (Ecuador) y Callao (Perú). Además, la termoclina volvió a descender a una profundidad aproximadamente 40 m (22 brazas) mayor de lo normal a lo largo de la línea ecuatorial al este de 115°W. Durante este trimestre el Niño comenzó a afectar al litoral occidental de Sudamérica entre Ecuador y el norte de Chile, donde las TSM fueron más de 1°C superiores a lo normal.

Al fin del cuarto trimestre los parámetros ambientales observados no indicaban que El Niño se dispararía durante el primer trimestre de 1992. Las anomalías de las TSM en diciembre de 1991 (Figura 38) sugieren que el Niño había arriado en la región de alta mar a lo largo de la línea ecuatorial. Al mismo tiempo la región costera de Perú y el norte de Chile ocurrieron, por primera vez en 1991, TSM de 1° a 3°C superiores a lo normal. Esto sugiere que el Niño pueda haber alcanzado su desarrollo máximo durante el verano austral de 1991-1992, especialmente en la región costera. Al fin del cuarto trimestre no existía evidencia de que este Niño se hubiera extendido al norte de 10°N. Sin embargo, queda sin resolver la cuestión de que si este episodio de agua cálida se ampliará hacia el norte, al litoral de México y América Central, antes de terminar el verano austral de 1991-1992. Si las condiciones de El Niño no se extienden hacia el norte más allá de 10°N antes de terminar el primer trimestre de 1992, es probable que la pesquería atunera en el Área Regulatoria de la Comisión de Aleta Amarilla (Figura 1) al norte de dicha latitud no se vea más afectada por este Niño en 1992 que en 1991. En los Informes Anuales de la CIAT de 1987 a 1990 se presenta información adicional acerca de los efectos de los eventos de El Niño sobre la pesca de atún en el Océano Pacífico oriental.

INVESTIGACIONES ATUN-DELFIN

Las responsabilidades de la Comisión incluyen la investigación de los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental, descritos en la página 183.

Toma de datos

En 1991 observadores de la CIAT zarparon en 237 viajes de pesca en el OPO a bordo de cerqueros de la clase 6 (capacidad > 400 toneladas cortas) con bandera de Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, los Estados Unidos, Honduras, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. En el año fueron observados 260 viajes, 23 de ellos iniciados en 1990 y completados a principios de 1991.

Observadores del National Marine Fisheries Service (NMFS) acompañaron a 26 viajes de barcos estadounidenses. El total de 286 viajes cubiertos por los dos programas, o casi el 60% de los viajes emprendidos por la flota internacional, es el mayor porcentaje de cobertura de los 13 años del programa de la CIAT. El nivel de cobertura de los viajes de la flota no estadounidense, 57%, constituyó también un nuevo récord. En la Tabla 12 se resume la cobertura de cerqueros de la Clase 6 de la flota internacional.

Durante el año la CIAT cubrió un 36% de los viajes de la flota mexicana. Hacia fines del año el

gobierno mexicano inició su propio programa nacional de observadores, para el cual la CIAT y el NMFS proporcionaron apoyo logístico. El programa nacional comenzó a muestrear la flota mexicana en diciembre, con observadores en dos barcos. México ha establecido cobertura al 100% para 1992; la CIAT continuará asignando observadores a un tercio de los viajes y el programa nacional a los otros dos tercios.

Durante el año entero Ecuador, los Estados Unidos, y Panamá mantuvieron programas de cobertura por observadores al 100%. La cobertura real de cerqueros estadounidenses de la clase 6 fue 90%, debido a que un barco carecía de un permiso oficial para pescar atunes asociados con delfines y por lo tanto no llevó observador en ninguno de sus viajes. Vanuatu amplió la cobertura de su flota al 100% en los primeros meses del año, y Venezuela hizo igual en septiembre. Un barco chipriota hizo un viaje sin observador en el Pacífico oriental, y un barco peruano hizo dos.

Certificados de pesca “sin delfines”

En 1990 la CIAT comenzó a proveer certificados de pesca “sin delfines” a aquellos barcos que llevaron un observador de la CIAT cuyos datos constarían que no se realizaron lances intencionales sobre atunes asociados con delfines. En 1991 la CIAT emitió 67 de estos certificados a barcos de Colombia, Ecuador, España, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. El NMFS estadounidense otorgó certificados similares a barcos estadounidenses que cumplieron con los requisitos.

Constancias de participación

Durante 1991 se solicitó a la CIAT emitir certificados que constaran que un barco participaba en el programa internacional de observadores al nivel de cobertura acordado por el gobierno del país de registro y la CIAT. Estas “Constancias de Participación,” emitidas a pedido de la embarcación en cuestión, puede también certificar que el barco está dotado de todo el equipo de protección de delfines recomendado por la CIAT y que técnicos de la CIAT han verificado el alineamiento correcto y condición del paño de protección de delfines en la red durante un lance de prueba. Entre septiembre de 1991 y el fin del año se emitieron 31 de estas constancias a barcos de la flota internacional.

Capacitación

Durante 1991 se impartieron cinco cursos de capacitación de observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros (Tabla 13). Los asistentes fueron instruidos en la identificación de atunes y mamíferos marinos, tortugas, y aves marinas, los requerimientos y procedimientos para la toma de datos, la estimación del tamaño de las manadas de mamíferos marinos, el equipo y las faenas de pesca, y el protocolo y la seguridad a bordo del barco.

El curso en Colombia se impartió a petición del gobierno colombiano, con el auspicio de éste y la Asociación Nacional de Industriales de Colombia. La coordinación del curso estuvo a cargo de la Dra. Martha Bernal de Mosquera, Subdirectora de Producción Pesquera del Ministerio de Agricultura.

Programa de artes de pesca

Una contribución generosa para el programa del artes de pesca se recibió de ANCIT.

Servicios

Durante 1991 el personal del programa de artes de pesca participó en alineaciones del paño de protección de delfines (PPD) y revisiones del equipo de protección de delfines en 24 barcos de la flota internacional, con banderas de Colombia, México, y Vanuatu. Un PPD normal consiste de dos paños de malla de 1 1/4 pulgadas (3.2 cm), fabricada de cordel de nylon de 24 hilos, que sustituyen parte de la malla de 4 1/4 pulgadas (10.8 cm) adyacente a la línea de corchos; la probabilidad de que los delfines se

enreden en esta malla fina es mucho menor. Para verificar la alineación del PPD, se realiza un lance de prueba, durante el cual un técnico de la CIAT observa el desempeño de la red durante el retroceso desde una balsa inflable. Transmite sus observaciones, comentarios, y sugerencias al capitán del barco por radio, y se procura resolver cualquier problema que surja. Posteriormente, se prepara un informe para el armador o administrador del barco, en el cual se resumen los comentarios del técnico de la CIAT y, en caso necesario, las recomendaciones para mejorar el equipo de protección de delfines del barco y/o la forma de usarlo.

La CIAT ofrece además otros servicios para ayudar a barcos individuales y flotas a reducir la mortalidad de delfines. En las oficinas regionales de la CIAT se pueden obtener publicaciones y cintas video sobre el tema. A petición, y siempre que se disponga de las autorizaciones necesarias, se preparan *Análisis de crucero*, informes detallados sobre viajes de pesca observados, que se envían a los armadores para permitirles evaluar el desempeño de barcos y capitanes.

Modificación del paño de protección de delfines

El armador y capitán de un barco atunero estadounidense ha estado trabajando en una modificación del PPD que podría reducir el enmallamiento de delfines debido a abultamientos o colapsos de la red en el área del canal de retroceso. Su idea es reemplazar secciones del PPD de malla de 1 1/4 pulgadas con secciones diseñadas para permitir a los delfines que entren en contacto con la malla pasar fácilmente por la pared de la red, pero al mismo tiempo formar una barrera visual suficiente para evitar que se escapen los atunes. Está trabajando en conjunto con una empresa fabricante de redes de cerco para desarrollar un prototipo que esperan poder comenzar a probar a principios de 1992. Miembros del personal de la CIAT y del Porpoise Rescue Foundation estuvieron involucrados en la discusión inicial sobre la modificación.

Seminarios

En 1991 se celebraron tres seminarios sobre la reducción de la mortalidad de los delfines (Tabla 14). Dichos seminarios están ideados no solamente para los capitanes de los barcos, encargados de las faenas de pesca, sino también para los otros tripulantes y para el personal administrativo responsable del equipo y mantenimiento del barco. Se presenta un certificado de participación a todos los pescadores que asisten a estos seminarios.

Estimación de la mortalidad

En la Tabla 15 se presentan estimaciones de la mortalidad incidental total de delfines en 1991. Representan una reducción de 48% con respecto a 1990. Dos factores controlan el nivel de mortalidad: el número de lances sobre atunes asociados con delfines y la mortalidad por lance (MPL) media. El número de lances sobre peces asociados con delfines disminuyó en un 10%, y la MPL media en un 40% con respecto a 1990. Mejoras en el desempeño de los capitanes y tripulantes fueron obviamente la causa principal de la reducción de 48% en la mortalidad total de delfines.

Hay varios factores que afectan las tasas de mortalidad. Se examinaron éstos, usando la base de datos de barcos no estadounidenses. No se combinaron los datos de los barcos de Estados Unidos con aquellos de los demás barcos a raíz de que la porción de la flota internacional formada por barcos de ese país ha disminuído en los últimos años. Algunos de los factores que afectan las tasas de mortalidad son:

Proporción de lances nocturnos: Esta proporción disminuyó de 8.0% en 1990 a 6.5% en 1991. No obstante, ya que la tasa de mortalidad en estos lances es varias veces mayor que la de los lances diurnos, casi el 17% de la mortalidad ocurrió en lances nocturnos.

Proporción de lances con colapsos de la red: Esta proporción disminuyó de 31.3% en 1990 a 26.5% en 1991. Casi la mitad de la mortalidad total ocurrió durante lances con colapsos de la red.

Proporción de lances con abultamientos de la red: Esta proporción disminuyó de 25.0% en 1990 a 18.2% en 1991. Casi el 65% de la mortalidad ocurrió durante lances con abultamientos de la red.

Número medio de delfines que permanecían en la red después del retroceso: Este número disminuyó de 2.9 en 1990 a 1.7 en 1991, que indica que procedimientos usados para liberar a los delfines de la red mejoraron.

Número medio de delfines cercados: Este número disminuyó de 582 en 1990 a 549 en 1991. Esta es otra área en la cual la flota demuestra avances. Los pescadores lograron cercar menos delfines sin reducir la captura media de atún aleta amarilla por lance sobre delfines (16.6 toneladas en 1990 *versus* 16.8 toneladas en 1991). La reducción en el número de delfines cercados resulta al menos parcialmente de la mayor pericia de los pescadores en separar a los delfines que “llevan atún” de los que no antes de comenzar el lance.

Relacion entre mortalidad y abundancia

La mejor manera de evaluar el efecto de la pesquería sobre los distintos stocks de delfines es reunir información sobre la mortalidad y abundancia de cada stock. Las estimaciones más recientes de la abundancia absoluta de los stocks de delfines afectados por la pesquería son aquellas calculadas por Paul Wade y Timothy Gerrodette, del NMFS de los Estados Unidos, remitidas recientemente a la Comisión Ballenera Internacional. En la Tabla 16 se presentan las estimaciones de ese trabajo y las cifras de mortalidad de 1991. La mortalidad incidental de todos los stocks representan menos del 1% de la población total. Ya que la estimación más conservadora de la tasa de reclutamiento neta actualmente en uso es 2%, es probable que los stocks afectados por la pesquería ya se está recuperando de las mortalidades más elevadas de años anteriores.

Estimacion de la abundancia relativa

A fin de estimar los efectos posibles de la mortalidad incidental sobre los tamaños de los stocks de delfines, se prepararon estimaciones de su abundancia, generalmente mediante la aplicación de metodología de transectos lineales a datos tomados en barcos atuneros, barcos de investigación, o ambos. En años recientes, el NMFS de los Estados Unidos ha realizado una serie de cruceros en barcos de investigación con el propósito de estimar las tendencias en la abundancia de los stocks principales de delfines. Investigadores de la CIAT analizaron datos reunidos por observadores a bordo de barcos cerqueros atuneros. Los datos de los barcos atuneros brindan una base de datos amplia sin costo adicional, con cobertura regular de una porción sustancial del área ocupada por los stocks de delfines. Sin embargo, debido al carácter de las operaciones de pesca, los supuestos necesarios para que el muestreo con transectos lineales produzca estimaciones insesgadas de abundancia absoluta se ven frecuentemente violadas. Se desarrollaron por lo tanto procedimientos para obtener estimaciones con el menor grado de sensibilidad posible a estas violaciones (ver Informe Anual de la CIAT de 1987). Sin embargo, ya que es poco probable que estos procedimientos eliminen todos los sesgos, se debe considerar a las estimaciones como estimaciones de las abundancias relativas de los stocks, y no como estimaciones de sus abundancias absolutas.

Se obtiene el índice de abundancia relativa de un stock dado de la estimación de la tasa de encuentro de manadas, una estimación del tamaño medio de las manadas, una estimación del área de distribución del stock en cuestión, y un factor de ajuste (derivado de un modelo ajustado a los datos de avistamientos) que toma en cuenta las manadas que no son detectadas. A fin de reducir los sesgos, se aplican estratificaciones geográficas separadas para la estimación de cada uno de los componentes del estimador. Se usa un procedimiento no paramétrico (de *bootstrap*) para estimar las varianzas, usando datos de viajes de pesca individuales como unidad de remuestreo.

Las tendencias subyacentes en la abundancia son estimadas mediante la suavización de la serie de estimaciones. Esta suavización reduce el efecto de las estimaciones extremas (valores atípicos) sobre la estimación de las tendencias, y mejora la precisión general al incorporar más información en la estimación del índice de cada año. Ya que es poco probable que el número de delfines varíe mucho en años sucesivos, estimaciones suavizadas que combinan información de años vecinos son un indicador mejor de cambios, y los intervalos de confianza resultantes son más precisos.

Se computan los intervalos de confianza suavizados mediante la combinación de procedimientos de suavización y de *bootstrap*. Tras obtener una estimación de *bootstrap* para un stock dado para cada año, se suavizan las estimaciones a través de años. Se repite este procedimiento 79 veces, y para cada año las seis estimaciones suavizadas más pequeñas y las seis más grandes producen límites de confianza de 85% aproximados. Se usa la secuencia de medianas de las estimaciones de *bootstrap* suavizadas como la "mejor" estimación de la tendencia. El procedimiento de suavización no produce un buen resultado en el primer y último puntos de la serie, y por lo tanto no se presentan estimaciones suavizadas para el primer y último año de la serie para cada stock. Se están realizando actualmente evaluaciones del desempeño de otros métodos de suavización.

En la Tabla 17 se detallan el número de millas náuticas de esfuerzo de búsqueda por barcos atuneros con observadores a bordo y el número de observaciones realizadas durante esos períodos de búsqueda en 1991. En la Tabla 18 se presentan los índices de abundancia relativa de 1991. En las Figuras 39-46 se ilustran las estimaciones de las tendencias subyacentes para cada uno de los stocks principales asociados con atunes en el OPO. Ya que existe incertidumbre acerca de los límites geográficos e identidad de los stocks norteño y sureño del delfín manchado de altamar, se realizaron estimaciones también tras combinar los datos de ambos stocks. Las líneas horizontales de trazos en los gráficos corresponden a los límites de confianza de 85% superior e inferior del índice de abundancia relativa de 1990. Los años para los cuales el intervalo de confianza entero yace afuera de la región entre las líneas horizontales de trazos tienen índices de abundancia relativa significativamente diferentes a aquellas de 1990.

Delfín manchado

Parece que el stock norteño del delfín manchado ha permanecido estable en los últimos años (Figura 39). La figura sugiere una ligera reducción aparente después de 1986, pero no se detectan diferencias significativas en ese período, y la estimación de 1991, parecida a la de 1990, apoya la evaluación de que la población ha mostrado poco o ningún cambio en años recientes.

En el caso del stock sureño, la estimación de 1991 es similar a aquellas de 1989 y 1990, apoyando la hipótesis de que los índices bajos obtenidos para el período de 1984-1988 no eran indicativos de una reducción real en la abundancia (Figura 40).

Una explicación posible de las tendencias recientes observadas en ambos stocks es que han ocurrido desplazamientos grandes de delfines a través del límite supuesto entre los stocks norteño y sureño. Si desplazamientos de este tipo son comunes, es posible que hayan causado aumentos simultáneos aparentes en el stock norteño y disminuciones en el sureño a mediados de los años 80. Es por lo tanto preferible evaluarlos como si fueran un solo stock. Los resultados de este análisis (Figura 41) sugieren que los dos stocks juntos no han mostrado casi ningún cambio en los últimos años.

Delfín tornillo

Los resultados para el stock oriental del delfín tornillo sugieren que ha sido estable durante los últimos años (Figura 42). Con la excepción de una estimación elevada para 1988, los índices no suavizados de los últimos cinco años caen entre 360 y 380 miles de animales, nivel similar a aquellos estimados para los fines de la década de los 70. Una comparación con estimaciones anteriores indica que existe

alguna evidencia de que la estimación suavizada de 1990 es inferior a aquella de 1976.

No han ocurrido cambios significativos en el stock panza blanca durante la última década (Figura 43). Las estimaciones suavizadas sugieren que ocurrió una ligera disminución después de 1986, aunque no estadísticamente significativa, y una reducción significativa con respecto a los niveles del período de 1976-1978. Es posible que las estimaciones para este stock estén afectadas en cierto grado por el fenómeno de El Niño; la estimación no suavizada de 1991 es inferior al índice medio de mediados de los años 80, pero similar a las estimaciones de El Niño muy fuerte de 1982-1983.

Delfín común

Existe evidencia, tras añadir la estimación de 1991, de una reducción en el stock norteño del delfín común con respecto a fines de los años 70 y principios de los 80 (Figura 44). El índice de 1990 es significativamente inferior a las estimaciones del período de 1977-1982. En particular, la estimación de 1991 es considerablemente inferior a las estimaciones de los años previos, principalmente como resultado de una tasa de encuentro muy baja (Tabla 17). Existen varias explicaciones posibles para este resultado.

La primera posibilidad es que la estimación baja de 1991 sea el resultado de una disminución importante de la población. Sin embargo, la mortalidad incidental de este stock ha sido baja con respecto al tamaño total de la población y, desde 1989, consistentemente inferior al 0.2% de la mejor estimación disponible de abundancia absoluta. Parece por lo tanto poco probable que la población haya sido afectada por una mortalidad incidental elevada.

La segunda posibilidad es que la estimación baja de 1991 resulte de un cambio en las modalidades de pesca. Si durante 1991 los pescadores dirigieron sus esfuerzos en el área hacia la pesca de atunes no asociados con delfines, sería menos probable que el observador se enterara de avistamientos de delfines, incluidos aquellos realizados en o cerca de la línea de derrota, lo cual llevaría a un sesgo negativo en los índices de abundancia relativa. Sin embargo, si se mide el esfuerzo de pesca dirigido hacia peces asociados con delfines por la proporción del número total de lances que se realizó sobre delfines, entonces parece que la pesca en asociación con delfines fue más común en el área durante 1991 que durante los años anteriores. Parece por lo tanto que existe poco apoyo a la hipótesis de que cambios en la pesquería explican la estimación baja de 1991.

Una tercera posibilidad es que ocurrió un cambio en la distribución del stock durante 1991. El área de estudio, tal como se define para estos análisis, no incluye toda el área de distribución del delfín común norteño. Delfines comunes son vistos a menudo en 35°N. Por consiguiente, desplazamientos dentro del área de distribución del stock podrían afectar los índices de abundancia relativa. Existen algunos indicios de que ocurrieron desplazamientos de este tipo durante 1991. Los resultados de un estudio aéreo y los resultados preliminares de un estudio realizado a bordo de un barco por el NMFS de los Estados Unidos a lo largo de la costa del sur de Alta California indican que la abundancia del delfín común durante 1991 fue un orden de magnitud mayor que la obtenida en un estudio previo. Todavía no se dispone de datos ambientales de 1991 con los cuales realizar un análisis comprehensivo de las condiciones del hábitat del delfín común norteño. La única información actualmente disponible es de la temperatura superficial del mar (TSM) medida por observadores en el momento del lance sobre atunes asociados con delfines. Estos datos indican que las TSM fueron unos 1.5°C (2.7°F) más altos durante 1991 que durante años previos (Tabla 19). Esto podría indicar una extensión hacia el norte de la distribución del delfín común, que prefiere aguas más frías. Si un cambio en la distribución del delfín común norteño es la razón principal de la estimación baja de 1991, sería difícil modificar los procedimientos actuales usados por los investigadores de la CIAT para tomar en cuenta esta posibilidad. Extender el área en el cual se supone ocurre el stock, tal como se hizo para ajustar por un problema similar que afectaba las estimaciones en el caso del stock sureño del delfín manchado de altamar, no

sería eficaz en este caso, ya que rara vez pescan los cerqueros atuneros en el área al norte de 30°N. Si persiste el cambio en la distribución durante más de un año, la tendencia subyacente estimada indicaría que la población está disminuyendo rápidamente, tal como pareció ocurrir en el caso del stock sureño del delfín manchado de altamar antes de 1989. La inclusión de variables ambientales en los procedimientos de estimación, actualmente en desarrollo como parte de una revisión de los métodos, mejorará probablemente los índices de abundancia relativa para este y otros stocks.

La tendencia estimada para el stock central del delfín común indica una abundancia estable desde principios de los años 80, tras una reducción a fines de la década anterior (Figura 45). El índice de 1991 es similar a aquellos de los años anteriores.

Los datos para el stock sureño son escasos, dificultando la evaluación de las tendencias en la abundancia (Figura 46). No existen diferencias significativas entre las estimaciones de la serie entera.

Efecto de viajes de pesca "sin delfines"

Se analizaron también las consecuencias posibles de cambios recientes en la pesquería. En 1990, varias empresas enlatadoras de atún en los Estados Unidos anunciaron que ya no aceptarían atún capturado en asociación con delfines; decisión que se conoce como la política "sin delfines." Simultáneamente, algunos países de la región aprobaron legislación prohibiendo cercar delfines. Se requirió que los barcos afectados por estas decisiones llevaran un observador que pudiera constatar que el atún no fue capturado en asociación con delfines. Como consecuencia, durante 1991 el nivel de cobertura de estos barcos por observadores fue mucho mayor que para la flota en general. Por consiguiente, una proporción sustancial de los datos básicos disponibles para la estimación de la abundancia provino de viajes "sin delfines." La inclusión de viajes de pesca durante los cuales no se realizaron lances sobre atunes asociados con delfines puede causar un sesgo hacia estimaciones bajas de dos formas distintas. En primer lugar, ya que los barcos no cercan delfines, el observador tiene menor probabilidad de estar al tanto de manadas de delfines observadas por la tripulación. En segundo lugar, las mejores áreas para la pesca de atunes no asociados con delfines no coinciden siempre con las áreas en las cuales se busca tradicionalmente al pescar atunes asociados con delfines. Un cambio en la distribución del esfuerzo hacia las mejores áreas de pesca no asociada con delfines puede causar un cambio en el sesgo con respecto a años anteriores, especialmente para los stocks para los cuales es imposible una estratificación espacial (stock sureño del delfín manchado de altamar y los stocks norteño y sureño del delfín común).

A fin de evaluar la importancia de este efecto, se eliminaron de la base de datos todos los viajes sin lances en asociación con delfines, y se obtuvieron nuevas estimaciones de la abundancia de los distintos stocks de la base de datos reducida (Tabla 20). Se realizó un prueba de *t* emparejada sobre el logaritmo de las estimaciones de abundancia antes y después de eliminar los datos de los viajes "sin delfines." El resultado indica que no existe evidencia de un sesgo ocasionado por la inclusión de viajes "sin delfines" ($t_5 = -1.30$; $P > 0.22$).

Edad y madurez de delfines

Biólogos participando en un proyecto conjunto patrocinado por la CIAT, el NMFS, y la Sociedad Zoológica de Chicago han descubierto cambios en la formación de las capas en los dientes de delfines que parecen estar correlacionados con la maduración sexual. Este proyecto es parte de un estudio que se ha estado realizando a través de los últimos 21 años con delfines *Tursiops truncatus* salvajes en Sarasota, Florida (EE.UU.). Se conoce la historia reproductiva de estos delfines gracias a estudios observacionales que han registrado el nacimiento de cachorros a hembras marcadas y estudios de captura y marcado que han medido los niveles de hormonas reproductivas en muestras de sangre.

Tras extraer los dientes de los delfines, se cortan en secciones finas, se descalcifican, y se tiñen

con hematoxilina para hacer destacar las capas. El área con las capas modificadas, denominada la zona de transición, es formada a lo largo de un período de 2 ó 3 años. Incluye generalmente las características siguientes: (1) una capa de tinte oscuro más notoria que la anterior y la posterior; (2) un adelgazamiento de las capas, y (3) un cambio en la coloración de las capas teñidas. La zona de transición suele comenzar a la edad de 8 a 10 años. A edades menores ambos sexos tienen niveles de hormonas reproductivas bajas y no se han registrado hembras con cachorros. Durante y después del período de formación de la zona de transición, los niveles de hormonas reproductivas son más elevadas y algunas hembras han sido registradas con su primer cachorro.

Otros investigadores han sugerido que esta configuración de capas está correlacionada con el parto. Esta hipótesis no se ve confirmada por este estudio, ya que (1) se observó el cambio en las capas en machos y hembras, (2) no se observó en los dientes de hembras de mayor edad a edades a las cuales se sabía que habían dado a luz.

Esta técnica podría ser de valor en el estudio de tendencias en el ciclo vital de los delfines del Pacífico oriental. Por ejemplo, podría ser posible examinar los dientes de animales de mayor edad que maduraron durante los primeros años de la pesquería con red de cerco, antes del comienzo de la toma de datos del ciclo vital a mediados de los años 70. Si es que ha ocurrido una reacción dependiente de la densidad a la explotación, es posible que sea expuesta mediante una comparación de la edad media de madurez sexual calculada de animales que maduraron en los años 60 con los que maduraron más recientemente. Este método brinda la ventaja adicional de que no requiere muestras tan grandes como las que requieren las técnicas que no involucren la examinación de los dientes.

La maduración sexual de los delfines *Tursiops*, estimada a partir de observaciones de los primeros cachorros y la ocurrencia de zonas de transición, ocurre típicamente de 7 a 10 años. Las estimaciones de la edad media de maduración sexual de delfines manchados capturados incidentalmente en la pesquería cerquera son más elevadas (de 10 a 12 años), contrario a lo que se esperaba, ya que la longevidad de los *Tursiops* es mayor que la de los delfines manchados. Estos resultados inesperados podrían ser debidos a sesgos introducidos por el uso de este método o en la toma de muestras de delfines manchados de la pesquería cerquera, o es posible que las expectativas se basen en suposiciones erróneas acerca de la dinámica de las poblaciones de delfines.

CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1990 Y PERSPECTIVAS PARA 1991

El Convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical manifiesta que las responsabilidades principales de la Comisión son estudiar la biología de los atunes y especies afines del Océano Pacífico oriental (OPO) para determinar los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre la abundancia de los mismos y, con base en estos estudios, recomendar medidas apropiadas de conservación para mantener a los stocks de peces a niveles que permitan capturas máximas sostenidas. Para cumplir con esta obligación, el personal de la Comisión realiza un amplio programa de investigación que abarca estudios biológicos y oceanográficos y la toma y análisis de estadísticas detalladas de captura y esfuerzo de los barcos que pescan en el Pacífico oriental. De acuerdo con estas responsabilidades, se preparan documentos informativos para informar a los Comisionados de la evaluación actual del personal de la Comisión de la condición de los recursos atuneros en el OPO. En el presente Informe Anual se reproduce la información en dichos documentos, con cambios menores, para ponerlo al alcance del público en general.

ALETA AMARILLA

El aleta amarilla es la especie más importante capturada por la pesquería atunera de superficie en el OPO. El personal de la CIAT ha usado varios modelos con estructura de edades y de producción

para evaluar el efecto de la pesca sobre la abundancia del aleta amarilla en el OPO y determinar la condición actual del recurso.

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 de frecuencia de talla y de los otolitos de los peces en la captura, complementados con datos de marcas devueltas y demás datos de varios tipos. Los investigadores de la CIAT han recopilado datos sobre la composición de tallas de aletas amarillas capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO) desde 1954, y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante el período 1951-1954. Los otolitos fueron coleccionados entre 1977 y 1979, y se realizaron los análisis a principios de los años 80. La gran mayoría del marcado fue llevada a cabo entre 1955 y 1981, y se continúa el análisis de los datos resultantes.

Análisis de la biomasa

Los estudios de la biomasa con estructura de edades realizados por los investigadores de la CIAT han producido información sobre la abundancia y mortalidad de peces de cohortes individuales muy útil para la evaluación del stock. (Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo: por ejemplo, los peces de la cohorte X73 alcanzaron una talla de unos 30 cm en noviembre de 1973, ingresaron inicialmente a la pesquería en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1974, y contribuyeron a ella de forma significativa por primera vez durante el segundo semestre de ese año; la cohorte Y73, que alcanzó los 30 cm en mayo de 1973, ingresó a la pesquería por primera vez en pequeñas cantidades en el segundo semestre del mismo año, y contribuyó significativamente a la pesquería por primera vez en el primer semestre de 1974.) El primer paso consiste en asignar a los peces a la cohorte adecuada. A continuación se calculan estimaciones del número de peces en cada cohorte al momento de reclutamiento y a varios intervalos subsiguientes, y también del número que es capturado y que muere durante cada intervalo. La información necesaria para realizar estos cálculos incluye 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 para peces de distintas edades), y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca correspondiente a por lo menos uno de los intervalos de captura de cada cohorte. Estas se denominan tasas "de inicio" de la mortalidad por pesca. Todas estas estimaciones se obtienen de los análisis de las estadísticas de captura, y de los datos de la frecuencia de talla, peso-talla, y proporción de sexos. Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada porque, aunque es fácil distinguir los peces de una cohorte cuando son jóvenes, esto se hace más y más difícil a medida que envejecen, y por consecuencia es probable que se asignen a menudo a cohortes incorrectas. Por lo tanto no sólo son menos precisas de lo deseable las estimaciones de las capturas de los peces de cada cohorte, sino que las estimaciones de las tasas de mortalidad son algo imprecisas. Específicamente, se usa una tasa anual instantánea de mortalidad natural (M) de 0.8 para machos de cualquier edad. Para las hembras, se supone que M es 0.8 para los primeros 30 meses en la pesquería, y que subsecuentemente aumenta de forma lineal hasta llegar a 6.5 a los 80 meses. (En realidad, varía bastante entre cohortes.) Además, la capturabilidad de los peces varía con la edad, área, temporada del año, condiciones meteorológicas, y otras circunstancias, y las tasas de crecimiento y el momento de reclutamiento también varían. Todo esto crea interferencia y produce también posiblemente un sesgo en los cálculos.

En la Tabla 21 se presentan las poblaciones medias estimadas de las distintas cohortes, expresadas en número de peces. En el caso de la cohorte X68, por ejemplo, el número medio de peces de edad 0 en el último trimestre del 1968 fue 23,667,000, y la población de la cohorte durante el primer, segundo,

tercer, y cuarto trimestre de 1969 fue en promedio 19.38, 15.76, 12.53, y 9.40 millones de peces, respectivamente (filas de 1969, columna I). En 1970, el promedio de la población de peces de 2 años de edad de la misma cohorte del primer al cuarto trimestre fue 6.30, 3.76, 2.84, y 2.15 millones de peces, respectivamente (filas de 1970, columna II), y así sucesivamente. El promedio del número de peces de 0, 1, 2, 3, 4, 5, y 6 años de edad de las siete cohortes X (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1964, y 1962) durante el último trimestre de 1968 fue de 23.67, 9.18, 2.26, 0.61, 0.13, 0.06, y 0.02 millones, respectivamente (1968, última fila). Se presentan los valores para las cohortes Y de igual forma, excepto que éstas aparecen por primera vez durante el segundo trimestre del año.

En la Tabla 22 se presentan las estimaciones del número de reclutas de cada cohorte en el período 1967-1991. Las estimaciones de 1991 son preliminares y están sujetas a cambios, debido a que los reclutas han estado expuestos a la pesca menos de un año, y si su vulnerabilidad a la captura fue superior o inferior al promedio, entonces el reclutamiento habría sido sobreestimado o subestimado. Ocurre lo mismo, si bien en grado menor, con las estimaciones de 1990. Los promedios de los reclutamientos iniciales (columnas 2-4) son 39 millones para la cohorte X y 47 millones para la cohorte Y; el promedio de la población media durante el mes de reclutamiento (columnas 5-7) es 37 millones para la cohorte X y 45 millones para la cohorte Y. La variabilidad (el cociente de la estimación más grande a la más pequeña) entre años es aproximadamente igual para la cohorte X (3.10) y la cohorte Y (3.00), y aquella de los datos combinados (2.68) indica una relación inversa (no necesariamente significativa) para las dos cohortes. El reclutamiento ha sido variable, pero el promedio de 1978-1991 ha superado aquel de 1967-1977. Parece que fue ascendente la tendencia en el reclutamiento en los 20 últimos años, con un reclutamiento inicial medio de unos 64, 73, y 99 millones de peces durante los períodos de 1967-1975, 1976-1982, y 1983-1991, respectivamente (Figura 47). Se podría sin embargo postular que ésto se debe a una variación aleatoria, especialmente en el período 1973-1991, cuando el reclutamiento inicial medio fue unos 86 millones de peces.

Los números de peces en la Tabla 21 fueron convertidos a pesos, usando los datos del peso promedio de los peces de distintas tallas (Tabla 23), para calcular la biomasa anual media estimada (peso total promediado sobre cuatro trimestres) de cada cohorte. Se estimaron tasas de mortalidad por pesca de inicio distintas para los meses en los cuales se explotaron por última vez las distintas cohortes, de acuerdo con las fluctuaciones del esfuerzo de temporada a temporada. Además, para permitir una comparación, se hicieron los cálculos para todas las cohortes con tasas de inicio superiores o inferiores a aquellas que se consideran ser las mejores estimaciones. Se ajustaron estas tasas para lograr una comparación mejor de las estimaciones de la biomasa de las cohortes (Figura 57, recuadro inferior) con las demás tendencias estimadas de la abundancia (Figura 57, recuadros superior y central). Se calcularon las estimaciones de la biomasa (Figura 48) usando valores mensuales. En esta figura es fácil ver la fuerza relativa de las varias cohortes. Por ejemplo, el reclutamiento de las cohortes X84 y Y84 combinadas fue más o menos normal (Tabla 22) y su biomasa (Figura 48, sombreado doble) alcanzó su máximo a la edad de 2 años. Estas cohortes no fueron explotadas de forma intensiva hasta 1987, cuando tenían 2 años de edad (Figura 49). En cambio, el reclutamiento inicial de las cohortes X72 y Y72 combinadas (Figura 48, rayas diagonales) fue inferior al promedio (Tabla 22), y después de la pesca intensiva de los peces de la cohorte Y a la edad de 1 año en 1973 (Figura 49), su biomasa fue relativamente baja (Figura 48) en los años subsiguientes.

En la Figura 50 se presentan las estimaciones de la biomasa anual media correspondientes al período de 1967-1991, correspondientes a todos los peces de todas edades y a "peces grandes" (todos los peces de ambas cohortes presentes en la pesquería durante más de 17 meses). El promedio de la biomasa total en el período 1967-1971 fue de unas 365 mil toneladas cortas. Consistía de una gran proporción de peces más viejos, procedentes del reclutamiento de 1965-1967 y 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 más viejos de 1969 a 1973. Permaneció baja hasta 1974, mientras que la abundancia de peces más pequeños aumentó en ese año a raíz de una generación anual extremadamente numerosa en 1973, la cual produjo la mayor parte del aumento en la biomasa de peces grandes en 1975 y 1976. La mayor captura anual de aleta amarilla en la historia de la pesquería antes de 1986 fue la de 1976. El reclutamiento inferior al promedio de 1975 y 1976, junto con la explotación fuerte 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 en años recientes. Aunque el reclutamiento de 1977 fue bien superior al promedio (fue superado solamente por aquellos de 1973, 1987, y 1988), la captura de estos peces (y de aquellos del reclutamiento de 1978) a 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 inferior al promedio desde 1979 hasta 1982, aproximadamente normal de 1983 a 1985, y superior al promedio desde 1986 hasta 1991. La biomasa aumentó en 1983, debido principalmente a la disminución del esfuerzo de pesca en ese año, y se incrementó mucho en 1984 y 1985 gracias al aumento del reclutamiento y a la reducción de la pesca de peces jóvenes. Desde entonces ha aumentado paulatinamente.

En las Figuras 49 y 51 se presentan las capturas anuales de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante el período 1967-1991. En la Figura 49 cada recuadro incluye las capturas de peces de una sola cohorte en diferentes años, mientras que en la Figura 51 cada recuadro incluye las capturas de peces de distintas cohortes en un solo año.

Los cambios ocurridos en la composición por edad de la población y la captura se ven bien claros si se comparan las Figuras 48 (estimaciones anuales de la biomasa de las cohortes X e Y), 50 (estimaciones anuales de la biomasa total y de peces grandes), y 51 (capturas anuales, clasificadas por edad). En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era elevado, sobrevivían cada vez menos peces hasta alcanzar un tamaño grande. La reducción en el esfuerzo en 1982, 1983, y 1984 permitió el desarrollo de muchos peces que anteriormente hubieran sido capturados de jóvenes. La contribución total de las cohortes X e Y combinadas en el período de 1967-1986 (Figura 49) fluctúan de las 148 mil toneladas de la cohorte de 1976 a las 374 mil toneladas de la de 1973, con un promedio de 219 mil toneladas para los 20 grupos. De no haber sido explotada tan intensamente la cohorte Y73 durante su primer año, las capturas correspondientes hubieran sido todavía mayores. Al dividir las capturas de estas cohortes combinadas por las estimaciones del reclutamiento iniciales correspondientes (Tabla 22) se producen estimaciones del rendimiento por recluta para cada cohorte combinada (Figura 52) que oscilan entre 2.2 y 3.4 kg (4.8 y 7.5 libras). El reclutamiento inicial varió entre 49 y 120 millones de peces (Tabla 22), con un promedio de 72 millones, y produjo un rendimiento por recluta medio de 2.8 kg (6.1 libras).

Análisis de rendimiento por recluta

Además de los análisis de la biomasa con estructura de edades, se usa también el modelo de rendimiento por recluta. Cuando los peces de una cohorte son jóvenes, el peso total aumenta debido al rápido crecimiento en peso de los peces individuales, 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 alcancen la edad o talla a la cual la pérdida en el peso total ocasionada por la mortalidad natural compensa exactamente la ganancia debida al crecimiento ("edad crítica" o "talla crítica"). Esto es

factible en el caso de algunos moluscos, como las ostras y las almejas, que quedan expuestos al bajar la marea 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 la talla crítica, se está ejerciendo un esfuerzo pesquero infinito sobre los organismos que han alcanzado dicha talla. Es obvio que esto no es factible para la mayoría de las especies marinas.

Si tampoco es factible esta segunda alternativa, entonces la intuición nos sugiere que la pesca debería comenzar por aquellos peces que todavía no han alcanzado la talla crítica. Esta es la tercera alternativa, y es la única factible para la mayoría de las especies de peces. Se supone, por ahora, que la talla de ingreso (es decir, la talla de los peces más pequeños capturados) puede ser controlada eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es intenso, se seleccionaría una talla de ingreso sólo ligeramente inferior a la talla crítica, la mayoría de los peces capturados serían de edad y talla cercanas a nivel crítico, y el rendimiento sería casi tan elevado como con la segunda alternativa. Si el esfuerzo de pesca es menos intenso, se seleccionaría una talla de ingreso muy inferior a la crítica, el rango de talla y edad de los peces capturados sería más amplio, y el rendimiento sería bien inferior a lo que se podría lograr con la segunda opción (pero continuaría representando el máximo posible sin incremento del esfuerzo).

No obstante, es posible que no se pueda controlar la talla de ingreso eficazmente. En tal caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control del esfuerzo. Si la talla de ingreso es superior a la talla crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si es inferior, limitar el 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 hayan 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 rendimiento por recluta máximo no producirá necesariamente un rendimiento máximo. Si la forma de pescar influye en el reclutamiento futuro, se logrará el rendimiento máximo mediante un control de la pesca que optimice la magnitud de la cohorte y el rendimiento por recluta en forma simultánea; esta posibilidad será analizada 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 éste sí forma parte de los modelos de producción, analizados más adelante.

Cabe señalar además 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 talla inferior a la crítica 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, esto modificará la talla y la edad críticas de manera correspondiente. El modelo de rendimiento por recluta aquí descrito no toma en cuenta esta dificultad, pero se compensa en forma automática en los modelos de producción.

En el caso del aleta amarilla del OPO, las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural obtenidas por los investigadores de la CIAT serían idealmente más confiables, pero se estima la talla crítica en aproximadamente 119 cm (34 kg o 75 libras). La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son bastante más pequeños. 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 con red de cerco, se incrementó la talla promedio de los peces capturados: muchos de ellos eran de talla igual o superior a la

crítica. La captura anual media lograda por las artes de superficie también aumentó de forma marcada después de la conversión a la pesca cerquera, cifrándose en unas 105 mil toneladas entre 1961 y 1970, en comparación con unas 84 mil toneladas en 1951-1960. La expansión de la pesquería hacia alta mar a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante en este incremento de las capturas, pero también influyó el aumento en la talla promedio de los peces capturados.

El objetivo de la administración estipulado en el convenio de la CIAT es 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 53 se presentan las estimaciones del rendimiento por recluta que resultan de varias combinaciones de talla de ingreso y esfuerzo de pesca, correspondientes a dos épocas diferentes. (El esfuerzo de pesca se analizará más detalladamente 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, señaladas por las líneas curvas. Los cálculos se basan en los datos de crecimiento en peso señalados en la Tabla 23, los coeficientes de mortalidad por pesca obtenidos del análisis de la biomasa descrito en la subsección titulada *Análisis de la biomasa*, y las estimaciones de los coeficientes de mortalidad natural presentadas en esa subsección. Durante el período 1978-1982 el esfuerzo de pesca se aplicó en casi igual proporción a peces pequeños, medianos, y grandes, mientras que durante el período de 1985-1987 el esfuerzo de pesca se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños. Durante 1988 la distribución de tallas fue similar a las de 1978-1982, comprendiendo una mezcla de peces grandes, medianos, y pequeños, pero durante el período de 1989-1991 la pesca enfocó de nuevo en los peces más grandes. Los efectos de este cambio pueden observarse en los histogramas de frecuencia de edad en la Figura 51. Los valores en las escalas horizontales de la Figura 53 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 correspondientes. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo, la talla de ingreso óptima sería 34 kg (75 libras) (la talla crítica), y el rendimiento por recluta 4.6 kg (10.1 libras). Las tallas de ingreso que producirían los rendimientos máximos por recluta para diversos múltiplos del esfuerzo de pesca, señaladas por líneas curvas en la Figura 53, se denominan curvas pesqueras eumétricas. Para el período 1978-1982, se puede ver en el primer recuadro de la Figura 53 que si el esfuerzo aumentara a un nivel 1.5 veces superior al de 1978-1982 y la talla de ingreso a unas 35 libras (15.9 kg), el rendimiento por recluta ascendería de unas 4.8 libras (2.2 kg) a unas 8.7 libras (3.9 kg). Para el período 1985-1989 (Figura 53, recuadro inferior), el rendimiento por recluta aumentaría de aproximadamente 6.7 libras (3.0 kg) a 9.0 libras (4.1 kg).

La descripción anterior supone, por implicación, que la alteración de la talla de ingreso no modifica la distribución por área del esfuerzo de pesca, suposición que se vería justificada si la pesquería operara como se señala a continuación. Al principio, cuando la talla de ingreso es baja, los barcos encontrarían algunos cardúmenes de peces pequeños y otros de peces grandes, y realizarían lances sobre ambos tipos. Posteriormente, cuando la talla de ingreso es mayor, los barcos realizarían lances solamente 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, es probable que si la talla de ingreso del aleta amarilla aumentara por algún motivo, los pescadores tenderían a disminuir la búsqueda en estratos de tiempo-área con preponderancia de peces pequeños y la intensificarían en aquellos en que predominaran los peces grandes, aumentando probablemente el esfuerzo de pesca aplicado a peces grandes. En general, ésto tendería a incrementar el rendimiento por recluta en mayor medida que lo indicado en la Figura 53, y parece que ésto es lo que ha ocurrido en los últimos años.

El rendimiento total es el producto de las estimaciones del rendimiento por recluta y el reclutamiento. Por ejemplo, el rendimiento por recluta (con una mortalidad por pesca equivalente a un multi-

plicador de 1), determinado a partir del extremo inferior de la Figura 53, es aproximadamente 2.2 kg (4.8 libras) en 1978-1982 y 3.0 kg (6.7 libras) en 1985-1989. A partir de los análisis de la biomasa (páginas 231-233), se estableció que el rendimiento por recluta anual medio fue 2.8 kg (6.2 libras) en el período de 1967-1991 (Figura 52, tercer recuadro). Los rendimientos obtenibles con estos rendimientos por recluta y un reclutamiento inicial de 89 millones de peces, el promedio de 1977-1991, son como sigue:

Período	Rendimiento por recluta (libras)	Reclutamiento (millones de peces)	Rendimiento (miles de toneladas cortas)
1978-1982	4.8	89	214
1985-1989	6.7	89	298
1967-1991	6.3	89	280

El rendimiento con la mortalidad por pesca específica por talla de 1985-1989 es un 39% mayor que con aquella de 1978-1982. En Informes Anuales de la CIAT 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. Ocurrió un cambio de ese tipo, y resultó en un aumento en las capturas en 1985, 1986, y 1987. Sin embargo, en 1988 se capturaron más peces de menor talla, y en 1989, 1990, y 1991 volvió a capturar peces más grandes (Figura 15). Tal como se puede ver en el tercer recuadro de la Figura 52, el rendimiento por recluta disminuyó en 1988 y luego aumentó en 1989, 1990, y 1991. El rendimiento por recluta en un año (Figura 52, tercer recuadro) está altamente correlacionado con el peso medio capturado (Figura 54) en ese año (Figura 55).

Modelos de producción

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, se basan en datos de la totalidad de la población y no de especímenes individuales. Una población de peces que no ha sido expuesta a la pesca está a la magnitud máxima permitida por las condiciones ambientales; su mayor desarrollo se ve impedido por los predadores, 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 magnitud de la población sea superior al promedio en años de condiciones ambientales particularmente favorables, e inferior al mismo 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 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 iguales a lo que eran 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 hubieran

pocos barcos explotando el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubieran muchos, la población se reduciría considerablemente y la CPUE sería mucho menor.

La captura total sería el producto de la CPUE y el esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, un incremento moderado del esfuerzo compensaría de sobra la reducción correspondiente de la CPUE y produciría capturas mayores, pero esto no sucedería si el nivel de esfuerzo fuera más elevado. En algún 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, el esfuerzo debería ser algo menor (suponiendo un precio constante), 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 al óptimo, se afirma que la población está sobreexplotada.

Es más fácil analizar la interrelación entre el esfuerzo, la captura, y la CPUE en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que rara vez se presentan estas condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca de su punto máximo y súbitamente se incrementa el esfuerzo, la CPUE disminuirá paulatinamente durante un tiempo hasta alcanzar 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 equilibrio a un nivel bajo y el esfuerzo disminuye repentinamente, la CPUE aumentará gradualmente durante un tiempo antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE mayor. Durante el período de transición las capturas serán menores a las que se lograrán en el nuevo punto de equilibrio.

Es oportuno examinar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción para el atún aleta amarilla del OPO. El análisis anterior examinó "una población de peces". Los modelos de producción no son aplicables a menos de que haya poco intercambio entre los peces del área de interés y las áreas adyacentes. Se ha estudiado el grado de intercambio de aleta amarilla entre el ARCAA y la zona que lo rodea (Figura 56), y se analizaron los resultados en Informes Anuales anteriores de la CIAT. Antes de 1990 se realizó el modelado de producción solamente para el ARCAA, pero (tal como se explica en la página 233 del Informe Anual de la CIAT de 1989) se decidió realizar análisis basados en la suposición de que las capturas realizadas en el OPO (al este de 150°W) provienen de un solo stock. Datos limitados indican que no ocurre una mezcla amplia de peces entre el OPO y el área al este de 150°W.

Suponiendo que los modelos de producción sean aplicables, este hecho puede advertirse sólo si: (1) existen datos de captura, esfuerzo, y CPUE de un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca, que de preferencia incluyan períodos de subexplotación y 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 un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca. Los efectos de las condiciones ambientales también se analizaron en Informes Anuales de la CIAT 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.

Se ha hecho referencia al esfuerzo de pesca sin especificar que existen distintos tipos de esfuerzo, concretamente, 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 distintos 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 no reducidos por los factores apropiados. El esfuerzo total estandarizado se deriva de la suma de los datos no reducidos del esfuerzo del arte estándar y los datos estandarizados del esfuerzo 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 esta sección 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 57, segundo recuadro), analizado en el próximo párrafo.

En el recuadro superior de la Figura 57 se señalan los valores de la CPDP correspondientes al período de 1967-1991. En el segundo recuadro de la figura se presenta un índice de la abundancia para 1970-1991 basado en el modelo de "tiempo de búsqueda" (Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3), similar al modelo de CPDP. En el recuadro inferior se presentan los índices de la biomasa de la abundancia del aleta amarilla, derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente. Las tendencias de los tres índices son similares, aunque el índice de cohortes indica una abundancia relativa a 1970 mayor que los demás. Dos de los índices señalan que la población aumentó en 1985 y 1986, disminuyó en 1986 y 1987, y permaneció a ese nivel; el tercero indica que aumentó súbitamente en 1984 y 1985 y más lentamente desde 1985 hasta 1991.

Los datos de CPDP señalados en la Tabla 24 y el recuadro superior de la Figura 57 indican que la abundancia del aleta amarilla en 1986 fue la más alta del período de 1967-1986, y que desde entonces ha permanecido estable a un nivel ligeramente inferior a aquel de 1986. En vista de las escasas capturas en 1982, 1983, y 1984, que permitieron el aumento de la población, este incremento de la abundancia era de esperar, como también lo era la disminución de 1986 a 1987, ocasionada por las grandes capturas durante 1986 y 1987. Sin embargo, las CPDP de 1984-1991 han sido más altas que lo previsto, lo cual se debe probablemente a (1) un reclutamiento superior al promedio, (2) una reducción del esfuerzo en las zonas de mayor abundancia de barrilete, a raíz de la disminución de la demanda de barrilete y atún aleta amarillo pequeño, y (3) la mayor talla 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 57, segundo recuadro) incluye un ajuste para el efecto producido por la pesca en las zonas de mayor abundancia de barrilete.

El modelo simétrico de producción, descrito a continuación, se aplicó primero con los datos de captura, esfuerzo, y CPUE de los barcos de carnada en el Area A1 (Figura 56) en el período de 1934-1955, que abarcaban un amplio rango de esfuerzo al lado de la curva correspondiente a la subexplotación. Dichos datos indicaban que, dentro del rango de esfuerzo de pesca incluido, la población se conformaba 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 OPO cercana a la costa, y alrededor de algunas islas y bancos de altamar. A mediados y fines de esa década comenzó a incrementarse la flota pesquera, y el esfuerzo de pesca se extendió a una distancia mucho mayor de la costa. En la Figura 56 se ilustran tres áreas, denominadas A1, A2, y A3, que representan respectivamente la extensión original de la pesquería, el resto del ARCAA, y el resto del Océano Pacífico oriental. Si el

intercambio de peces entre estas tres áreas es instantáneo, el RPMS de las tres zonas combinadas sería igual al del Area A1 solamente, pero si no hay intercambio, el RPMS de las tres áreas combinadas sería la suma de los RPMS individuales de las tres áreas. Estudios descritos detalladamente en Informes Anuales anteriores de la CIAT indican que el intercambio de peces entre las tres áreas es relativamente lento; por lo tanto, el RPMS de A1, A2, y A3 combinadas es superior al del Area A1, pero inferior a la suma de los RPMS individuales de A1, A2, y A3. En los Informes Anuales anteriores de la CIAT se describieron estos estudios en mayor detalle.

Tal como se mencionó anteriormente, es necesario contar con datos que abarquen un amplio rango 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 para el Area A1 no era aplicable al ARCAA entero, los Comisionados autorizaron a los investigadores a emprender un programa experimental de sobrepesca con el objeto de obtener, lo antes posible, una estimación del RPMS del ARCAA. Esto fue necesario puesto que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los escasos años transcurridos desde la extensión de la pesca hacia alta mar. 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 hubiera 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 técnicas de regresión para obtener estimaciones de los parámetros de los modelos de producción, usando datos de 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 primer año, y las demás estimaciones de los parámetros, y así sucesivamente en los demás años. Se usa el mismo método para estimar la biomasa anual media 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 (debido al crecimiento de peces individuales y al reclutamiento), pérdidas naturales, y captura. La captura es un parámetro fijo en un año dado, y por lo tanto la magnitud 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 la magnitud predicha, 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 una magnitud que prevenga este riesgo. Esta situación resulta del procedimiento secuencial utilizado por el personal de la CIAT, y parece que ocurrió en el período de 1984-1991.

En años anteriores a 1987 se llevó a cabo la estimación sin ajustes para compensar por el carácter secuencial del procedimiento de estimación pero, tal como se explica en el párrafo anterior, pareció entonces necesario incluir algún tipo de ajuste. Se logró el ajuste usado para calcular las estimaciones

de 1987 interrumpiendo la serie de estimaciones de la población en 1985 y estimando de nuevo la biomasa, dividiendo la CPUE observada en 1985 por la estimación del coeficiente de capturabilidad. Esto parecía ser un ajuste razonable, ya que los tres estimadores presentados en la Figura 57 fueron elevados en 1985. Este nuevo procedimiento casi no afectó las estimaciones de los parámetros, pero sí afectó mucho la estimación de la magnitud de la población de 1987. En años recientes se han estimado dos ajustes, uno para el período de 1968-1983 y el otro para el período que va desde 1984 hasta el último año para el cual se dispone de datos.

En los Informes Anuales de la CIAT de 1986, 1987, y 1988 se presentaron dos análisis para el ARCAA basados en los modelos de producción. Uno de ellos empleó el modelo logístico (o simétrico), en el cual se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPUE es lineal. El otro emplea el modelo generalizado de producción del stock, para el cual dicha relación no necesita ser lineal. En ambos análisis se usaron solamente datos del esfuerzo estimados mediante la división de la captura total por la CPDP de los barcos de la clase 6 de arqueo. En ambos ajustes se fijó el coeficiente de capturabilidad q igual a 0.000039, estimación obtenida anteriormente con datos de 1968-1982, 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 (x 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 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, y *viceversa*.

A partir de los análisis del modelo de producción basados en datos del período 1968-1985, en el Informe Anual de la CIAT 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, se fijó la cuota máxima para 1986 en 205 mil toneladas. La captura en el ARCAA en 1986 alcanzó 253 mil toneladas, pero los índices de abundancia no disminuyeron durante ese año. Anteriormente se demostró que este aumento inesperado de la producción se debía a un incremento del reclutamiento y del rendimiento por reclutamiento. Las fluctuaciones en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca específica por edad siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados del análisis del modelo de producción. Como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período 1983-1989 fue elevado, y el de 1990 y 1991 probablemente también, y estos altos niveles de reclutamiento, junto con los cambios en la mortalidad por pesca específica por edad, hacen que sean poco confiables a corto plazo las predicciones hechas a partir de los análisis de los modelos de producción. Por ejemplo, agregando los datos de 1986 y 1987 a la base de datos del período 1961-1985 y calculando nuevamente los parámetros del modelo de producción cambió muy poco las estimaciones del RPMS y el esfuerzo óptimo, y a la larga ambos modelos, el simétrico y el asimétrico, con el ajuste arriba descrito, describieron adecuadamente la producción potencial media del stock. Sin embargo, al agregar los datos de 1988 se vio bien clara la necesidad de una explicación diferente. La captura de 1988 fue tan grande que el modelo predijo un colapso de la población y unas CPUE extremadamente bajas a principios de 1989. Obviamente, esto no sucedió.

Durante los tres períodos descritos en la página 232 el reclutamiento inicial estimado, peso promedio, rendimiento por recluta, rendimiento potencial, y capturas anuales fueron los siguientes:

Período	Reclutamiento inicial (millones de peces)	Peso promedio lb (kg)	Rendimiento por recluta (lb)	Rendimiento potencial (1000 tons.)	Captura observada (1000 tons.)
1967-1975	64	24.4 (11.1)	6.8	218	184
1976-1982	73	14.7 (6.7)	5.3	193	212
1983-1991	98	24.1 (10.9)	6.5	318	269

Ya que las capturas observadas en los dos primeros períodos fueron similares (si bien por distintas razones), se realizó el ajuste de los modelos de producción a los datos de esfuerzo y captura de 1968-1984 sin complicaciones. No obstante, ya que aumentaron el reclutamiento y el rendimiento por recluta durante el tercer período, se hace imposible explicar la relación entre captura y esfuerzo a partir de la suposición de que los parámetros de la población permanecen constantes. Por consiguiente se ajustaron los datos con dos conjuntos de parámetros diferentes, uno para los datos de 1968-1983, y el otro para los datos de 1984-1991 (Figuras 58 y 59, recuadros superiores). Los resultados son los siguientes:

Años	m	q	Rendimiento máximo sostenible en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados (x 10 ⁻⁹)
1968-1983	2.0	0.000027	211	1.7680
1968-1983	0.8	0.000027	200	1.9000
1984-1991	2.0	0.000039	322	0.3943
1984-1991	0.8	0.000039	328	0.3891

Los rendimientos predichos para el período de 1984-1991 parecen ser demasiado elevados, según el modelo de rendimiento por recluta, pero se dispone de solamente ocho años de datos, y únicamente los siete últimos contribuyen al ajuste. El modelo simétrico ($m = 2.0$) parece producir un ajuste mejor (Figura 58), pero el modelo asimétrico con $m = 0.8$ (Figura 59) produce una suma de cuadrados más baja para el último período. El modelo de rendimiento por recluta indica que el modelo asimétrico debería ser más adecuado.

En los recuadros inferiores de las Figuras 58 y 59 se comparan las CPDP observadas con las CPDP esperadas calculadas del modelo mismo, usando valores de m de 2.0 y 0.8 y datos de dos períodos distintos. Se puede ver que generalmente corresponden bastante bien a lo largo de los años presentados. Sin embargo, en años específicos ocurren divergencias amplias, especialmente para $m = 0.8$. Esto se debe a que los modelos de producción sean esencialmente modelos de regresión que suponen condiciones normales, y no pueden reflejar los efectos de cambios grandes a corto plazo en el reclutamiento o la mortalidad específica por edad.

Condición del stock en 1991 y consideraciones para 1992

Los análisis de cohortes producen estimaciones del número y peso de los peces de cada grupo de edad en la pesquería al principio de 1992 y, si se cumplen ciertas suposiciones acerca del número de peces reclutados, el esfuerzo de pesca, y la mortalidad por pesca específica por edad durante 1992, también proporcionan una base para la estimación de la captura en dicho año. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1991 y 1992 fue superior a lo normal, y que el esfuerzo de pesca y la mortalidad por pesca específica por edad en 1992 serán iguales a aquellos de 1991. Cabe destacar que el nivel de esfuerzo en 1991 fue sustancialmente inferior a aquel de 1987-1990 (Figuras 58 y 59). Los resultados indican que la captura de 1992 será aproximadamente igual a la de 1991, es decir,

unas 272 mil toneladas. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor talla, tal como ocurrió en el período 1978-1982 y, en menor grado, en 1988, la captura de 1992, con el esfuerzo al nivel de 1991, disminuirá. Claro que si el reclutamiento de 1991 y 1992 resulta ser igual o inferior al promedio, la captura de 1992 será inferior a lo predicho.

Los análisis del rendimiento por recluta han demostrado que dicho rendimiento es un 34% mayor cuando los barcos dirigen su esfuerzo hacia peces grandes, tal como hicieron en 1985-1989, que cuando lo concentran en peces pequeños, tal como ocurrió en 1978-1982. En la Figura 60 se ilustran los rendimientos por recluta correspondientes a dos pautas diferentes de mortalidad por pesca específica por edad. Las curvas continua y de trazos fueron calculadas a partir de las mortalidades por pesca específicas por edad observadas durante 1978-1982 y 1985-1989, respectivamente.

En la Figura 61 se presentan los efectos de dos niveles distintos de reclutamiento, de 1985-1989 ("elevado") y de 1967-1989 ("promedio"), combinados con la mortalidad por pesca específica por edad de 1985-1989. El rendimiento con un reclutamiento elevado es un 26% mayor que con reclutamiento promedio.

En la Figura 62 se presentan los efectos combinados de reclutamiento elevado y mortalidad por pesca específica por edad similar a aquella de 1985-1989 *versus* reclutamiento normal y mortalidad por pesca específica por edad similar a aquella de 1978-1982. En este caso el rendimiento de la primera combinación supera a aquel de la segunda por un 60% con multiplicadores del esfuerzo de pesca superiores al 0.50.

Los modelos de producción para los cuales se estimaron los parámetros con los datos de 1968-1983 predicen que el stock de aleta amarilla se reduciría a cero a principios de 1990, a raíz de las capturas grandes logradas durante 1985-1989. Estos modelos permiten una captura casi nula en 1990, 1991, o 1992. Obviamente estas estimaciones no son representativas de las condiciones en la pesquería. Tal como se indica arriba, los análisis con estructura de edades demuestran que han ocurrido cambios mayores en la mortalidad por pesca específica por edad y el reclutamiento en los últimos años, y que éstos han causado que la producción del stock sea mucho mayor que lo predicho por los parámetros del modelo de 1968-1983. Si se supone que los datos de los años más recientes representan las condiciones actuales en la pesquería, y se estiman de nuevo los parámetros del modelo de producción de la forma descrita anteriormente, entonces las capturas esperadas corresponden mucho mejor a las observadas (recuadros inferiores de las Figuras 58 y 59). Los parámetros nuevamente estimados del modelo predicen que la captura de equilibrio de 1992, con el nivel de esfuerzo reducido de 1991, sería aproximadamente 300 mil toneladas. Ya que se predice que la magnitud del stock será algo mayor al nivel óptimo, la captura de 1992 podría superar las 300 mil toneladas sin reducir el stock a un nivel inferior al óptimo. Con este nivel de esfuerzo reducido, la CPDP sería unas 16 toneladas.

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 pesca observados (Figura 63). 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 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 obtendrá información útil en el futuro inmediato. Tal como se señaló en el Informe Anual de la CIAT de 1985, las fluctuaciones en el reclutamiento parecen estar vinculadas con cambios importantes en el medio oceánico. Las estimaciones del reclutamiento derivadas de los análisis de las cohortes y presentadas en la Tabla 22 indican que existieron anomalías positivas en el reclutamiento de 1970, 1973, y 1977. Estos incrementos del reclutamiento fueron precedidos por condiciones de El Niño en 1969, 1972, y 1976. A partir de esta correlación se esperaba un incremento del reclutamiento después del Niño

fuerte de 1982-1983, y, efectivamente, así fue. En 1986-1987 ocurrió otro Niño, de menor intensidad y extensión; las aguas del OPO fueron por lo tanto más cálidas que de costumbre desde 1982 hasta 1987. El reclutamiento del período 1983-1989 fue el mayor jamás registrado en un período de 7 años. Durante 1988 y 1989 prevalecieron en el OPO condiciones fuertes del llamado "anti-El Niño," pero el reclutamiento fue superior a lo normal en 1989, y probablemente en 1990 y 1991 también. Hay por lo tanto ahora menos evidencia que en 1990 para apoyar la hipótesis de que los eventos de El Niño sean al menos parcialmente responsables de los reclutamientos anormalmente elevados.

En resumen, la evaluación del efecto de la pesca sobre la abundancia y rendimiento del aleta amarilla en el OPO presenta dificultades. El uso exclusivo de los modelos de producción arroja resultados tenuous, 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, y se prosigue por lo tanto la exploración de técnicas analíticas alternas para llegar a las mejores estimaciones posibles de productividad del stock de aleta amarilla.

La abundancia del aleta amarilla se ve determinada por tres factores: el reclutamiento, la composición de la captura, y la captura total (una función del esfuerzo).

Con respecto al primer factor, parece actualmente que el reclutamiento es determinado exclusivamente por factores naturales, aunque es posible que en el futuro se demuestre que pudiera ser reducido por una mortalidad por pesca muy elevada u otros factores, tal como una contaminación severa.

En cuanto al segundo factor, es posible modificar la composición de talla de la captura, al menos teóricamente. Se ha hecho hincapié en esta posibilidad en múltiples ocasiones, pero no se han formulado recomendaciones para la protección de los peces de menor talla. Sin embargo, y como se señaló anteriormente, las capturas de peces pequeños fueron relativamente bajas durante 1985-1987 y 1989-1991. Esta modificación de la composición de talla de la captura se debe, al menos parcialmente, a la reducción de la demanda de peces pequeños, pero es imposible prever la duración de esta situación. De hecho, la restricción de la captura de atunes asociados con delfines pudiera resultar en un gran aumento en la captura de peces pequeños. Tal como se mencionó anteriormente, la captura de peces pequeños fue mayor en 1988 que en 1985-1987 o 1989-1991. Hay varias maneras de reducir la captura de peces pequeños: 1) reducir el esfuerzo de pesca; 2) fijar una talla mínima; 3) limitar la pesca en las zonas y las temporadas en que predominan los peces pequeños; 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 de abundancia máxima de peces pequeños en la captura.

En cuanto a la primera opción, se ha señalado que la reducción de la pesca durante el período 1982-1984 produjo un incremento en la talla 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, a menos de que la composición de talla del stock fuera modificado de forma importante por la pesca intensiva de peces pequeños.

En cuanto a la segunda opción, los análisis de los datos de composición de talla indican que, por lo general, las capturas suelen consistir 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 aletas amarillas grandes y barriletes. 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 eliminación de la pesca de atunes en áreas de mayor abundancia del aleta amarilla pequeño serviría quizás para incrementar el rendimiento por recluta de esta

especie, siempre que la flota pudiera pescar con buen éxito en áreas donde hay peces de mayor talla, 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 amarillos pequeños en mayor cantidad.

En cuanto a la cuarta opción, no parece que la modificación de la fecha de apertura de la temporada produzca el beneficio deseado. 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 0.7 a 2.0 kg (1.5 a 4.5 libras) en el segundo semestre del año. Se creyó que esto 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.

En cuanto al tercer factor, el personal de la CIAT ha recomendado solamente cuotas de captura (Tabla 24) para reglamentar la pesquería. Las cuotas rigieron en el ARCAA, o parte del mismo. Una vez alcanzada la cuota de aleta amarilla, o cuando parecía que sería alcanzada por barcos en el mar antes de la fecha de clausura, se permitía a aquellas embarcaciones que estaban sujetas a la cuota pescar otras especies, y descargar aletas amarillas capturados incidentalmente hasta un límite del 15% de su captura total de atunes. Por consiguiente, la captura de barrilete no fue reducida por las cuotas de aleta amarilla.

Los análisis precedentes demuestran que el tamaño del stock de aleta amarilla en el OPO es algo mayor al óptimo. Si se dirige el esfuerzo principalmente hacia peces asociados con delfines, tal como ocurrió en 1989-1991, y el esfuerzo permanece alrededor del nivel de 1991, la CPUE durante 1992 debería ser unas 16 toneladas diarias, al igual que en 1991. Si la pesca es dirigida exclusivamente hacia peces pequeños durante el segundo semestre de 1992, el peso promedio de los peces en la captura disminuirá, provocando una reducción sustancial en el rendimiento por recluta. Dividiendo la captura estimada de 1992 en el OPO (272 mil toneladas) por el reclutamiento medio de 1983-1991 (98 millones de peces) produce un rendimiento por reclutamiento de 2.5 kg (5.6 libras). El peso promedio de los peces capturados sin pesca dirigida hacia peces asociados con delfines sería unos 4.5 kg o 10 libras (Figura 64). El rendimiento por reclutamiento para peces de este peso es unos 2.0 kg (4.4 libras) (Figura 55). Con 98 millones de reclutas en el OPO y un rendimiento por reclutamiento de 2.0 kg, la captura sería unas 209 mil toneladas. Ya que la flota ha pescado principalmente atunes asociados con delfines durante el primer semestre de 1992, la captura del año entero, sin esfuerzo dirigido hacia peces asociados con delfines entre julio y diciembre, sería unas 244 mil toneladas. No obstante, si se elimina la pesca de atunes asociados con delfines, el área de pesca se verá probablemente reducida de forma sustancial. Durante el período de 1976-1982, en el cual se redujo la pesca de atunes asociados con delfines, el reclutamiento medio fue 73 millones de peces, el 74% de los 98 millones estimados para el período de 1983-1991. Si ni se pescaran atunes asociados con delfines durante el segundo semestre de 1992, la captura sería aproximadamente 202 mil toneladas en el OPO entero. Es posible que la realidad caiga entre estos dos extremos, es decir que la pesca de atunes asociados con delfines será reducida durante el segundo semestre del año, pero no eliminada. Por consiguiente, al nivel de esfuerzo de 1991, la captura en el OPO en 1992 caerá entre 202 y 272 mil toneladas, según la proporción del esfuerzo dirigido hacia peces asociados con delfines.

Si se usan los modelos de producción para estimar la condición del stock y predecir las capturas

futuras, se puede deducir a partir de las Figuras 58 y 59 que la producción podría permanecer alrededor de las 250 a 300 mil toneladas si el esfuerzo continúa al nivel de 1991 y si se continúa dirigiendo la mayoría del esfuerzo hacia peces asociados con delfines. Sin embargo, si la flota dirigiera una mayor porción del esfuerzo hacia peces no asociados con delfines, la captura del OPO según el modelo de producción, se reduciría a unas 150 a 200 mil toneladas. Esta reducción pudiera tardar unos 2 años en manifestarse completamente. (Cabe destacar, sin embargo, que los modelos de producción no han sido aplicados a una serie de datos de una pesquería que no incluye lances sobre delfines.)

Se deben tomar en cuenta dos puntos importantes acerca de la recomendación de una cuota de captura para el aleta amarilla. En primer lugar, el área abarcada por la cuota sería el ARCAA, pese a que los peces del ARCAA y una porción del OPO fuera del ARCAA parecen ahora pertenecer a un solo stock y, en segundo, la cantidad dependerá mucho de la composición de talla de los peces en la captura.

Con respecto al primer punto, en la porción del OPO fuera del ARCAA la talla promedio de los peces en la captura es cercana a la crítica, y por lo tanto óptima en cuanto a la maximización del rendimiento por recluta. No es por lo tanto necesario limitar la captura en dicha área.

En cuanto al segundo punto, se ignora en cuál grado se limitará la pesca de peces asociados con delfines. En vista de esto, cualquier cuota que se imponga debería ser suficientemente baja como para acomodar la posibilidad que se reduzca o abandone la pesca de atunes asociados con delfines en el segundo semestre de 1992, y también permitir incrementos compatibles con la posibilidad de que dicho tipo de pesca continúe al igual que en el período correspondiente en 1991. Durante la quincuagésima Reunión de la Comisión, celebrada en junio de 1992, se presentaron recomendaciones específicas para la reglamentación de la pesca.

BARRILETE

Las capturas mundiales del barrilete han superado las de las otras especies de atunes desde hace muchos años. La proporción de barrilete en las capturas mundiales de las especies de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, y aleta azul del norte y del sur) fue 45%, 44%, 49%, 45%, y 45% en 1986, 1987, 1988, 1989, y 1990, respectivamente. En el Océano Pacífico el barrilete formó un 51%, 47%, 54%, 48% y 49% de la captura en 1986, 1987, 1988, 1989, y 1990, respectivamente. En la Figura 65 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 1961 hasta 1991, con excepción del incremento en el período 1975-1981; en cambio las capturas de otras zonas han aumentado marcadamente.

Existen pesquerías sustanciales de barrilete en el Océano Pacífico nordeste cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo, y la Isla Clipperton, y en el Océano Pacífico sudeste cerca de América Central, el norte 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. La pesca de barrilete en el OPO tiene lugar 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 Hawái y la Polinesia Francesa (las Islas Marquesas, Tuamotu, y Sociedad). Hacia el oeste, cerca de Fiji, las Filipinas, Indonesia, Japón, Papua Nueva Guinea, Nueva Zelandia, las Islas Salomón, *etc.*, se explota el barrilete en forma más significativa.

La captura de barrilete en el OPO varía considerablemente de un año a otro (Figura 66). A fines de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de 5°S, y desde

entonces hasta principios de los años setenta se lograron grandes capturas de la 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 del 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 1991 se lograron capturas sustanciales frente al norte de Sudamérica (Figura 5).

En la Figura 18 se ilustra la composición de talla de las muestras de barrilete tomadas en el OPO entre 1986 y 1991. Son evidentes las diferencias entre los años; los peces fueron más pequeños en 1988 y 1991 que en los otros años.

Estructura de la población

Es de importancia fundamental establecer si el barrilete que en el Océano Pacífico forma parte de una sola subpoblación o de varias subpoblaciones, y en este último caso, determinar en cuáles áreas ocurren las distintas subpoblaciones e investigar las variaciones de la distribución con el tiempo y la edad. Se han usado varios métodos para estudiar este problema, entre ellos 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. 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 hibridación de dos peces dados es una función inversa de la distancia entre los dos. En la reunión de trabajo se concluyó que la información disponible no permite decidir a favor de una u otra de las dos hipótesis.

El Informe Anual de la CIAT de 1984 contiene un análisis de la estructura de población del barrilete en el OPO, y su relación con las poblaciones en el resto del Pacífico. El marcado ha demostrado que ocurre poca mezcla de peces entre la zona del norte de México y la del norte de Sudamérica-Centroamérica. Existe una correlación moderada entre las capturas de barrilete de la zona nordeste y sudeste, sin embargo, pero en ocasiones, como sucedió en 1970, la captura es superior al promedio en una zona e inferior al promedio en la otra (Figura 66). Un examen de los datos disponibles lleva a la conclusión que 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.

Hacia fines de los años 70 y a comienzo de los 80 el personal de la CIAT realizó investigaciones de la composición química de las vértebras de los atunes, usando espectroscopia de emisión de rayos X inducida por protones para estimar la cantidad de mezcla entre peces de distintas áreas. Se han publicado los resultados de este estudio en Informes Anuales de la CIAT y en el Volumen Colectivo de Trabajos Científicos de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, Vol. 24. El uso de esta técnica se basa en el hecho de que las distintas áreas del océano muestran características químicas, físicas, y biológicas que afectan la composición química de las partes duras de los peces. Desgraciadamente, el análisis de la estructura de los stocks con este método es caro y presenta dificultades técnicas. La interpretación de los datos es asimismo difícil, debido a que no se entienden bien los procesos que rigen la composición elemental de las partes duras.

En colaboración con científicos de la Universidad de Washington, la CIAT realizó un estudio de un método alternativo de detectar marcas naturales en las partes duras de los atunes. El método investigado, que usa un detector de rayos X dispersores de energía (*energy-dispersing X-ray detector*, o EDS) unido a un microscopio electrónico de barrida, no destruye la muestra, y es por lo tanto adecuado para el estudio de la composición elemental en distintas etapas del crecimiento del pez. La técnica es barata, y ha dado bastante éxito con otras especies de peces. Tras unos experimentos preliminares con aletas amarillas, se realizó un estudio de los microconstituyentes del barrilete, usando otolitos de peces de varias tallas capturados frente a Baja California, Hawaii, y Fiji. Se encontraron concentraciones de estroncio y calcio en distribuciones regulares en los peces de todas las áreas. Estas distribuciones coincidieron con zonas específicas del otolito asociadas con el crecimiento temprano (foco), de media vida (región media), y más reciente (extremo exterior).

Análisis de función discriminante de las concentraciones elementales en la zona de crecimiento temprano señalaron que (1) los peces de Baja California y Hawaii eran similares y (2) que los peces de Fiji eran diferentes de los de Baja California y Hawaii. Los resultados de los peces de Baja California y Hawaii pueden ser interpretados de dos maneras. Dichos peces podrían haber (1) originado todos en el mismo área de desove o (2) originado en distintas áreas, pero el método no tiene la potencia necesaria para distinguir las diferencias que pudieran existir. Un aumento en el tamaño de la muestra mejoraría la probabilidad de detectar diferencias entre las dos áreas, si es que existen. Los resultados generales son consistentes con aquellos obtenidos de estudios genéticos, que han demostrado similitudes entre peces del Pacífico oriental y central y diferencias entre estos peces y peces del Pacífico occidental.

Se investigó el reclutamiento del barrilete en el OPO y cerca de Hawaii, usando datos de frecuencia de talla de peces capturados en esas áreas. Se desarrollaron modelos para examinar la variación estacional en el reclutamiento entre áreas a una talla estándar. Se compararon peces de Hawaii y del norte y del sur del OPO (al norte y al sur de 10°N) a fin de determinar si fueron criados al mismo tiempo. Los resultados indican que el desove que contribuye a la pesquería del sur del OPO ocurre de 1 a 2 meses antes de aquel que contribuye a la pesquería del norte del OPO y de 5 a 6 meses antes de aquel que contribuye a la pesquería de Hawaii. Se sabe que el barrilete desova en períodos de varios meses, y hasta durante el año entero en algunas áreas, y por lo tanto las distribuciones aquí observadas sugieren por lo menos dos hipótesis sobre la estructura de la población de barrilete en el OPO y Hawaii. La hipótesis de poblaciones separadas mantiene que los barriletes en estas tres áreas desovan en distintas épocas del año y no se mezclan extensivamente en otras épocas. Las hipótesis panmícticas afirman que el barrilete capturado en estas áreas resultan de un desplazamiento de norte a sur de una sola población que desova durante un período extendido. Los resultados de estudios de los desplazamientos de peces marcados, genéticos, y de microconstituyentes de otolitos apoyan esta segunda hipótesis.

Abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, se publicó un examen de los efectos de las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura del barrilete en el OPO. En uno de estos estudios se analiza la relación entre la abundancia aparente de barrilete en su segundo año de vida en el OPO y (1) el promedio de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en la parte del Océano Pacífico comprendida entre los 135°E 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, aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano) en esta zona.

Se efectuó el primer análisis en vista de la alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de larvas de barrilete capturadas en redes de zooplancton de arrastre, lo cual permite pensar que puede ocurrir un mayor desove o supervivencia de huevos y/o 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. Investigaciones realizadas en el South-west Fisheries Science Center del NMFS en 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. La mezcla deshace los estratos y dispersan los organismos alimenticios, de modo que muchas de las larvas no pueden obtener alimento suficiente para sobrevivir. Aparentemente, las generaciones fuertes de anchoas adultas están asociadas con vientos débiles 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 el OPO en su segundo año de vida.

Se han realizado además investigaciones para determinar si existe una relación entre la abundancia aparente del barrilete en el OPO en su segundo año de vida 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 la cantidad de peces jóvenes transportados al OPO sería mayor cuando la corriente es más fuerte y menor 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 ser resuelto si se pudieran realizar estudios biológicos y estadísticos de toda la unidad (o de todas las unidades si hay más de una) de la población que contribuye a la pesca en el OPO, en lugar de analizar tan sólo la parte que habita el OPO durante parte de su ciclo vital. Se cuenta con datos utilizables sobre la captura, el esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para tan sólo 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(n) a la pesca en el OPO de aquella(s) que no contribuye(n) constituye un problema adicional.

Modelos con estructura de edades

En una sección anterior de este informe se analizó el concepto de rendimiento por recluta aplicado a modelos con estructura de edades para el aleta amarilla. Sin embargo, las poblaciones de barrilete y aleta amarilla del OPO 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 de frecuencia de talla y del marcado, se calcula que la tasa anual combinada de mortalidad natural y emigración del barrilete es de aproximadamente 75 a 90%, en comparación con el 55% de la mortalidad natural del aleta amarilla.

Se han usado los datos de frecuencia de 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 para esta especie que para el aleta amarilla, ya que la talla 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 distintas tallas varía considerablemente de un mes a otro en el OPO. Los datos del marcado son también útiles en este respecto, aunque su valor se ve limitado por el hecho de que la mayoría de los peces recapturados permanecieron poco tiempo en libertad. Dos estudios recién completados (Boletín de la CIAT, Vol. 19, Nos. 4 y 6) proporcionan estimaciones de las tasas lineales de crecimiento y de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, y éstas están probando ser útiles en los estudios de modelos con estructura de edades.

En la Figura 67 se presentan los rendimientos por recluta del barrilete correspondientes a varias combinaciones de agotamiento natural (la mortalidad natural más la emigración), esfuerzo de pesca, y talla 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:

Crecimiento en talla	Ecuación	Fuente
Crecimiento en talla	24 cm/año	Boletín de la CIAT: Vol. 19, N° 6
Relación peso-talla	$\log w = 3.336 \log l - 8.250$	Boletín de la CIAT: Vol. 4, N° 2

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. Distintas combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de ingreso rinden rendimientos por recluta distintos, indicados por líneas en curvas. Por ejemplo, si se fija la talla de ingreso en 40 cm (unos 1.2 kg/2.7 libras) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es aproximadamente 0.72 kg (1.58 libras) en el recuadro superior y 0.39 kg (0.85 libras) en el inferior. En el recuadro superior se produciría el rendimiento por recluta máximo con una talla de ingreso de unos 40 cm con un multiplicador de 1, y de unos 48 cm con un multiplicador de 2 a 3. En el recuadro inferior son máximos los rendimientos por recluta a una talla de ingreso de 30 cm 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 pescar por exceso 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 midan menos de 50 cm y estén supuestamente creciendo con rapidez.

Modelos de producción

En una sección anterior de este informe se describieron los modelos de producción, basados en los índices de abundancia de los peces, en relación al aleta amarilla. Se señaló que los 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 OPO) y aquellos de otras zonas en las que se explota la especie en cuestión, o los índices de intercambio entre las subpoblaciones de la cual sean conocidas. No se satisface ninguno de estos requisitos, ya que el mercado ha demostrado que existe intercambio de peces del Océano Pacífico oriental, central, y occidental (Figura 68), pero se ignoran las tasas de intercambio. La mayor parte de la captura de barrilete en el OPO es realizada 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 abastecer a las regiones de alta mar del OPO, central, y occidental. En consecuencia, es posible que la captura en el OPO esté determinada por la abundancia de los juveniles nacidos en el Pacífico central y/o occidental, o por la abundancia de los juveniles en esa zona o zonas que migran al OPO. A falta de una definición de la población explotada, el modelado de producción tiene poco o hasta ningún valor para el barrilete pescado en el OPO.

Consideraciones para 1992

El modelo de rendimiento por recluta no señala que sea necesario controlar la pesca del barri-

lete. 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 OPO mediante la pesca intensiva de ejemplares de más de 30 cm. 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 subexplotado en el OPO, 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 OPO, lo cual sería muy valioso para la industria pesquera. En segundo lugar, es posible que un 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.

ALETA AZUL DEL NORTE

El aleta azul del norte ocurre en el Océano Atlántico y en el Pacífico. Las capturas mundiales y del Pacífico son mucho menores que las del barrilete, aleta amarilla, patudo, y albacora; sin embargo, la pesquería es de valor económico considerable. En la Figura 69 se presentan las capturas anuales del atún aleta azul en el Océano Pacífico durante el período de 1951-1991. Las artes de superficie obtienen la mayoría de las capturas tanto en el Océano Pacífico oriental (OPO) como en el occidental. Las capturas en el Pacífico occidental fueron bien superiores al promedio durante 1978-1983, medias durante 1984-1987, e inferiores al promedio durante 1988-1990; las del OPO fueron pobres durante 1980-1984, ligeramente inferiores al promedio en 1985 y 1986, y pobres durante 1987-1991.

En el OPO casi toda la captura es lograda por barcos cerqueros que pescan bastante cerca de la costa de Alta y Baja California. La temporada de pesca se extiende típicamente desde fines de mayo hasta mediados de octubre, aunque también se efectúan capturas esporádicas en otros meses. La captura en 1991, unas 462 toneladas, fue la más baja desde los principios de los años 30. En 1991 se capturaron aletas azules entre 26°N y 27°N en junio y entre 27°N y 33°N en julio y agosto. No se capturó ninguno entre enero y mayo y entre septiembre y diciembre.

El personal de la CIAT estudia el atún aleta azul en modesta escala desde 1973. Antes de 1979, se obtenían datos de bitácora y se medían muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el OPO para determinar la composición de talla, pero a partir de ese año se intensificaron los estudios. En 1979, se preparó un análisis de los datos referentes a la evaluación de los stocks de esta especie (Informe Interno 12 de la CIAT). Asimismo, en 1982, los datos sobre la captura de superficie de aleta azul en el OPO por área, fecha, clase de arqueo, tamaño del cardumen, tipo del mismo, *etc.*, fueron recopilados, analizados, y publicados en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, N° 2. Un investigador del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) (ahora el National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF)) en Shimizu (Japón) trabajó en la oficina principal de la CIAT desde septiembre de 1988 hasta enero de 1989, colaborando con científicos de la Comisión en estudios del aleta azul. Algunos de los resultados de estos estudios fueron publicados en 1991 en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1. En mayo de 1990 se celebró en La Jolla, California, un taller sobre el aleta azul, patrocinado conjuntamente por la CIAT y el Australian Fisheries Service. El objetivo de la reunión era comentar e informar sobre los puntos fuertes y débiles de las técnicas de evaluación de stocks usadas para los stocks de aletas azules de los Océanos Pacífico, Índico, y Atlántico, y el Mar Mediterráneo. Las actas del taller fueron publicadas como el Informe Especial Né 7 de la CIAT.

En la Figura 19 se presentan histogramas de la frecuencia de talla del aleta azul capturado en el OPO en 1986-1991. Entre octubre y diciembre de 1986, 1988, y 1989 se capturaron peces de tamaño extraordinariamente grande (pesando entre 105 y 460 kg/230 y 1010 libras). El peso total de estas capturas no fue muy grande, pero los peces poseían gran valor económico, ya que inmediatamente después de su captura se les transportó por avión al Japón, donde se pagan precios muy altos por aleta azul fresco.

Aletas azules fueron marcados en el OPO por la CIAT en 1958 y 1979-1980 y por el Bureau of Commercial Fisheries (ahora el National Marine Fisheries Service) de los Estados Unidos, el California Department of Fish and Game (CDFG), y el Mission Bay Research Foundation en 1962-1968. Aletas azules en el Pacífico occidental fueron marcados por científicos de la CIAT trabajando en el Japón en 1980-1982 y del FSFRL entre 1980 y 1988. En las Tablas 25 y 26 se resumen los datos de liberación y recaptura, y en el Boletín de la CIAT Vol. 20, N° 1, se discuten los resultados de los experimentos.

Análisis de los datos de los peces liberados y recapturados en el OPO indican desplazamientos estacionales de norte al sur, alcanzando los peces su punto más norteño en julio-octubre y más sureño durante mayo y junio. Se han obtenido diez devoluciones de peces liberados en el OPO y recapturados en el Pacífico occidental, todas de los cuales permanecieron más de 22 meses en libertad.

Los peces marcados y liberados en el Pacífico occidental, al igual que aquellos en el OPO, solían desplazarse hacia el norte el la primavera y verano y hacia el sur en el otoño e invierno. Las migraciones del Pacífico occidental al oriental son de interés especial. Algunas clases anuales, por ejemplo aquellas de 1983 y 1984, produjeron grandes cantidades de migrantes, y otras no. Las mejores capturas de la década de los 80 en el OPO fueron logradas en 1985 y 1986, y consistieron principalmente de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984. (En el presente informe se refiere a los peces en su primer año de vida como de 0 años de edad o de edad 0, aquellos en su segundo año de vida como de 1 año de edad o de edad 1, y así sucesivamente.)

El ciclo vital y la relación entre peces del Pacífico occidental y oriental

La información presentada en esta sección es fundamental a la comprensión de la sección siguiente sobre la evaluación del stock.

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 migran al OPO, principalmente o quizás exclusivamente durante el primer o segundo año de vida. 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 OPO en el otoño o invierno. Los que se desplazan en el segundo año de vida se encuentran además expuestos a la pesca de arrastre invernal y demás formas de pesca que se practican en las inmediaciones del Japón, antes de comenzar su viaje al OPO en la primavera, el verano, o el otoño. Después de atravesar el océano, los peces migrantes son pescados por barcos cerqueros frente a Alta y Baja California.

No está ni confirmada ni refutada la hipótesis que peces de talla inferior a unos 100 cm, que forman la mayor parte de la captura del OPO, abandonen el Pacífico occidental cada otoño o invierno. Es poco común capturar un aleta azul de ese tamaño en el OPO entre noviembre y abril, lo cual pudiera indicar que hayan abandonado la región. Sin embargo, es poco probable que recorran la distancia entera al Pacífico occidental, ya que el período mínimo de libertad observado para un pez marcado liberado en el OPO y recapturado en el Pacífico occidental es de 674 días; si la mayoría de ellos migrara al Pacífico occidental cada otoño o invierno, y regresara al OPO cada primavera, entonces sería probable que se hubiera recapturado algunos de ellos en el Pacífico occidental en el invierno o primavera al cabo de menos de unos 100 o 150 días en libertad. Además, los gastos energéticos de realizar una

migración tan larga son tan elevados que probablemente no sería factible para un pez efectuar dos migraciones tales por año durante varios años seguidos.

Tras una estadía en el OPO, que pudiera o no ser interrumpida por visitas al Pacífico central u occidental, los sobrevivientes regresan al Pacífico occidental, donde presuntamente desovan eventualmente. No se sabe cuánto tiempo permanecen en el OPO, pero los resultados de estudios recientes de la composición por edades parecen indicar que la mayoría de los peces regresa al al Pacífico occidental antes de alcanzar los tres años de edad. Sin embargo, es casi seguro que algunos peces permanecen en el OPO al menos 2 años, ya que peces marcados en el OPO han sido recapturados allí mismo después de haber estado hasta 2 años en libertad. En el OPO se capturan peces de por lo menos 6 ó 7 grupos de edad, y es por consiguiente posible que algunos peces permanezcan allí por lo menos 5 ó 6 años.

De vez en cuando se capturan peces grandes en el OPO, especialmente cerca de la Isla Guadalupe (México) y las Islas Channel (Alta California). Los más grandes tienen casi seguramente más de 10 años de edad, pero no han vivido necesariamente en el OPO desde alcanzar la edad de año y medio o dos años, aproximadamente. Es posible que hayan llegado allí por primera vez poco antes de ser capturados, o que hayan cruzado el Pacífico en ambas direcciones más de una vez. Parece sin embargo poco probable que todos los peces grandes pudieran desovar en el Pacífico occidental cada año, ya que se han capturado algunos en el OPO durante la temporada de desove.

Evaluación del stock

La escasa captura de aleta azul en el OPO y occidental en algunos años preocupa a los investigadores de la CIAT, y se ha prestado especial atención a las escasas capturas en el OPO durante 1980-1984 y 1987-1991. Estas pudieran ser debidas a (1) una disminución en la abundancia total de peces de más de unos 60 cm de talla, causada por la fuerte explotación de peces en el primer año de vida cerca del Japón, (2) una reducción del esfuerzo pesquero en el OPO, (3) una disminución en la vulnerabilidad a la captura de aquellos peces que migraron al OPO, y/o (4) una reducción en la disponibilidad del aleta azul en el OPO (es decir, una reducción en la proporción de la población que migró al OPO o una estadía más corta en dicha zona de aquellos peces que sí realizaron la migración).

Con respecto a la primera posibilidad, datos compilados por el NRIFSF sobre la composición por edad de la captura de aletas azules lograda por barcos japoneses durante 1966-1986 (Tabla 27) indican que no ha ocurrido una reducción en las capturas de peces mayores de edad 0, ni tampoco un aumento en la proporción de peces de edad 0 a la de peces mayores, lo cual parece eliminar esta hipótesis.

En cuanto a la segunda posibilidad, a partir de fines de los años 70 se ha ido reduciendo la cantidad de barcos cerqueros menores, que anteriormente habían sido responsables de la mayoría de las capturas de aletas azules en el OPO. Se deberían estudiar los datos de esfuerzo y captura de una forma que permitiera determinar hasta cual punto la reducción en las capturas se debe a la disminución del esfuerzo de barcos de varias capacidades. Por lo tanto se entablaron los siguientes datos correspondientes a la zona al norte de 23°N y el período de mayo a octubre para 1975 a 1987: (a) tonelaje de aleta azul capturado; (b) número de lances cerqueros; (c) porción de los lances que capturó aleta azul; (d) tonelaje de aleta azul capturado por lance positivo; y (e) porcentaje de aleta azul capturado frente a México y los Estados Unidos. Se logran casi todas las capturas de aleta azul al norte de 23°N, y la gran mayoría de ellas entre mayo y octubre. El período de 1975 a 1987 incluye años con capturas normales y subnormales. En la Figura 70 se presentan algunos de los resultados obtenidos. La mayor disminución ocurrió en las capturas (con la excepción de los barcos de en las clases de arqueado 2 y 3). (Las clases de arqueado de los barcos, basadas en su capacidad de acarreo, son las siguientes: 1, menos de 51 toneladas; 2, 51-100 toneladas; 3, 101-200 toneladas; 4, 201-300 toneladas; 5, 301-400 toneladas; 6, más de 400 toneladas.) El número de lances realizados por barcos de las clases 3, 4, y 5 disminuyó en un 50%,

mientras que la captura media por lance positivo sobre aletas azules permaneció más o menos igual. La proporción de lances que capturó aletas azules fue mayor en 1985 y 1986 que en los otros años con capturas de aleta azul medias o superiores al promedio, 1975-1979. La proporción de las capturas lograda frente a México y los Estados Unidos permaneció más o menos igual para cada clase de arqueo durante el período en cuestión. En resumen, la cantidad de aleta azul capturado por lance positivo permaneció más o menos igual, pero el número de lances sobre la especie disminuyó. Estos datos indican que la mayor parte de la disminución en las capturas de aleta azul se debe a una reducción del esfuerzo y/o de la vulnerabilidad a la captura (tercera posibilidad, abajo) o disponibilidad (cuarta posibilidad, abajo) de esta especie.

En cuanto a la tercera posibilidad, la distribución del aleta azul en el OPO parece haber cambiado en este siglo. Antes de 1930 eran capturados solamente frente a Alta California. Entre 1930 y 1947 fueron capturados frente a Alta y Baja California, pero en la mayoría de los años las capturas frente a Alta California fueron mayores. Desde 1948 se ha logrado la mayoría de la captura frente a Baja California. Los pescadores basados en los Estados Unidos parecen dirigir una mayor proporción de su esfuerzo de pesca hacia el aleta azul que aquellos basados en México, y por lo tanto el cambio en la distribución parece haber reducido la vulnerabilidad de la especie a la captura. Sin embargo, el cambio tuvo lugar mucho antes de la década de los 80, por lo cual no parece que sea la causa de las capturas pobres en esa década.

Pasando finalmente a la cuarta posibilidad, el personal de la NRIFSF y la CIAT han reunido datos de composición por edad (Tabla 27). Se calcularon coeficientes de correlación para 10 parejas de datos (Tabla 28, recuadro superior), usando los datos en la Tabla 27. Tres de éstos fueron significativos al nivel de 5%. El número de peces de edad 2 en el Pacífico oriental y occidental está correlacionado negativamente (Prueba 6), lo cual indica que las capturas pobres en el OPO podrían ser debidas, al menos parcialmente, a que una proporción de la población total mayor a lo normal no migrara del Pacífico occidental al oriental. Las capturas de peces de edad 1 y 2 en el OPO están correlacionadas positivamente (Prueba 7), lo cual indica que la captura de peces de edad 2 en el OPO puede ser predicha, aunque no muy bien, a partir de la captura de peces de edad 1 en el OPO un año antes. Las capturas de peces de edad 0 y 1 en el Pacífico occidental están altamente correlacionadas (Prueba 8), lo cual indica que la captura de peces de edad 1 en el Pacífico occidental puede ser predicha a partir de la captura de peces de edad 0 en el Pacífico occidental un año antes.

El coeficiente de correlación de las capturas de peces de edad 0 en el Pacífico occidental y las capturas de peces de edad 2 en el OPO dos años después es 0.386 (Tabla 28, Prueba 2). A pesar de que esta relación no es significativa al nivel de 5%, es posible que indique que la captura de peces de edad 2 en el OPO esté vinculada al reclutamiento de dos años antes, suponiendo que la captura de peces de edad 0 en el Pacífico occidental sea un índice válido del reclutamiento. Ya que la captura de peces de edad 2 en el OPO parece estar relacionado con el reclutamiento de dos años antes (Prueba 2) y la captura de peces de edad 2 en el Pacífico occidental en el mismo año (Prueba 6), se calculó un coeficiente de correlación múltiple (Prueba 11). El coeficiente de determinación múltiple resultante fue altamente significativo, indicando que un 55.6% ($0.746^2 \times 100$) de la variación de las capturas de peces de edad 2 en el OPO es explicado por (1) una relación positiva al reclutamiento en el Pacífico occidental y (2) una relación negativa a la captura en el Pacífico occidental. Ya que la mayor parte de la captura en peso del OPO en la mayoría de los años consiste de peces de edad 2, el reclutamiento y la emigración del Pacífico occidental parecen ejercer influencias importantes sobre las capturas totales en el OPO.

En general, los resultados del análisis de edad de captura tienden a apoyar la conclusión tentativa de los estudios de datos de marcado que las variaciones en las porciones de peces que migran del Pacífico occidental al OPO son por lo menos parcialmente responsables de las variaciones en las capturas en el OPO.

Se ha llevado a cabo un análisis de rendimiento por recluta, usando los datos en la Tabla 29. Se usaron los siguientes supuestos: (1) los peces fueron criados el 16 de mayo; (2) fueron reclutados a la pesquería el 1 de julio del mismo año a una talla de 15 cm; (3) alcanzan una talla de 223 cm al cumplir los 15 años, en cual momento desaparecen de la pesquería. El valor de 223 cm se basa en una estimación de la talla asintótica publicada en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, Tabla 5. Se fijó el coeficiente anual de mortalidad natural en 0.2 y 0.3 y los coeficientes anuales de mortalidad por pesca en 1.0 para períodos de capturas importantes, 0.0 para períodos de capturas nulas o muy bajas, y 0.5 para períodos de transición. Se supuso que los peces comienzan una migración de oeste a este en su primer año de vida y luego una de este a oeste en su tercer año (Opción 1), o sino que comienzan una migración de oeste a este en su segundo año de vida y luego una de este a oeste en su tercer año (Opción 2). En la Figura 71 se presentan gráficos que demuestran los rendimientos por recluta posibles con distintas edades de ingreso a la pesquería, y con tres multiplicadores del vector de esfuerzo de pesca. Ya que los valores de mortalidad natural y por pesca, y especialmente el segundo, son esencialmente conjeturas, no se deberían tomar literalmente los resultados de estos análisis. No obstante, parece que un aumento de la edad de ingreso a la pesquería a unos 2.5 años (90-100 cm) maximizaría el rendimiento total (es decir, las capturas en el Pacífico occidental y oriental) de los peces que migran al OPO.

Esta información sugiere al menos tres temas de investigación de alta prioridad. El primero es más estudios de la estructura de las poblaciones. Hace falta una investigación más a fondo de la conclusión tentativa que existe una sola población principal de la cual porciones variables migran al OPO en diferentes años (Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, página 87). Si se confirma esta conclusión, se deberían hacer esfuerzos para determinar cuáles condiciones oceanográficas influyen sobre la migración de peces del Pacífico occidental al oriental. Sería también de interés saber si los aletas azules criados en el Mar del Japón son genéticamente distintos de los que se crían al sur del Japón. Se obtendría posiblemente mayor información de estudios genéticos bioquímicos, pero éstos serían probablemente caros y de larga duración. El segundo es un análisis químico para los micro-componentes de los otolitos de aleta azul. La exposición razonada por este acercamiento es que diferentes áreas oceánicas tienen características físicas, químicas, y biológicas diferentes que influyen la composición química de los otolitos. Por lo tanto, análisis de los otolitos de un pez individual podría revelar cuales áreas oceánicas donde el pez había ocupado en las varias etapas de su vida, y análisis de los otolitos de muestreos de peces recogidos cada año en el Océano Pacífico occidental y oriental podría dar mucha más información sobre migración trans-Pacífico que puede dar datos de marcación. El tercer es mayor estudio de los datos de captura, frecuencia de talla, y edad de las pesquerías del Pacífico occidental y oriental, y un análisis de éstos enfocado en el Pacífico entero. Tal como se comenta más arriba, científicos del NRIFSF han recopilado recientemente datos sobre la composición por edades de aletas azules capturados en el Pacífico occidental entre 1966 y 1986. El personal de la CIAT está trabajando actualmente en un análisis similar del OPO. Posteriormente, si se dispone del tiempo y los medios financieros necesarios, científicos del NRIFSF y la CIAT colaborarán en un estudio de los datos del Pacífico entero.

PATUDO

En la Tabla 30 se presentan datos sobre las capturas de patudo en el Océano Pacífico. Las capturas de esta especie en el Océano Pacífico oriental (OPO) logradas por todas artes en años recientes fueron muy parecidas a las de barrilete, pero marcadamente inferiores a las de aleta amarilla (Tabla 1). Se captura el patudo principalmente con palangre. Al principio de los años 50 se practicaba muy poca pesca con palangre en el OPO, y las capturas eran por consiguiente bajas. Sin embargo, a mediados de la misma década, barcos japoneses comenzaron a pescar en esta zona, y las capturas de

patudo aumentaron, y por lo tanto los investigadores de la CIAT han prestado mayor atención a la especie. Entre 1963 y 1991 cinco científicos japoneses del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; antes el Far Seas Fisheries Research Laboratory) han venido a La Jolla a colaborar con científicos de la CIAT en estudios de la pesca palangrera japonesa del patudo y especies afines en el OPO.

Las capturas estimadas de patudo por las artes epipelágicas en el OPO aumentaron hacia fines de los años 60 y en los años 70, y disminuyeron a partir de 1981 (Tabla 30). 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 OPO 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 recogidas después del medio de los años 60 son más precisas. Se paga el mismo precio a los pescadores por el patudo y el aleta amarilla capturados con artes de superficie, y por lo tanto las capturas de patudo han sido registradas frecuentemente como capturas 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 descargues por parte de los empleados de la CIAT, quienes estiman las proporciones de las dos especies en descargues mixtos. Una investigación reciente (páginas 212-213) indica que no se identificaron erróneamente los patudos como aleta amarilla durante el período entre 1987 y 1989.

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 toma de datos de frecuencia de talla en las plantas 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 72 se presentan las distribuciones de la captura de superficie de patudo en el OPO, promediadas para el período de 1981 a 1987. La información proviene de datos de bitácora recopilados por el personal de la CIAT. Las capturas mayores fueron logradas frente al norte de Sudamérica y en alta mar al oeste de Centro y Sudamérica. Durante el tercer trimestre se capturó patudo frente a Baja y Alta California.

En la Figura 20 se presentan datos de frecuencia de talla de patudos capturados por barcos cerqueros en el OPO entre 1986 y 1991 y medidos por empleados de la CIAT. Aproximadamente la mitad de la captura, por peso, consiste de peces de talla inferior a los 100 cm.

Los investigadores del NRIFSF y la CIAT terminaron recientemente un análisis de la pesca epipelágica de patudo en el OPO. Se descubrió que existe una sobreposición considerable en las tallas de patudos capturados por la pesca palangrera y de superficie. Un 64% de la captura de patudo se obtiene en cardúmenes no asociados, un 29% en cardúmenes asociados con objetos flotantes, y el resto en cardúmenes asociados con ballenas, tiburones, y delfines. Durante el período de 1971 a 1986, el promedio de captura de patudo por lance positivo fue de 23 toneladas (22 y 28 toneladas, respectivamente, en cardúmenes no asociados y en cardúmenes asociados con objetos flotantes). Se capturó un 76% del patudo capturado en cardúmenes puros (que no están mezclados con otras especies de importancia comercial) en cardúmenes no asociados, y un 28% en cardúmenes asociados con objetos flotantes.

En la Figura 73 se presentan las distribuciones de la captura de patudo por unidad de esfuerzo lograda por palangreros japoneses en el OPO, promediadas para el período de 1981 a 1987. Las tasas de captura por anzuelo (número de peces capturados por 100 anzuelos) fueron elevadas en la mayor parte del OPO, excepto en la zona al norte de 5°N y al este de 125°W. Las tasas de captura más elevadas

fueron registradas (1) entre 120°W y el Ecuador desde 10°S hasta 5°N durante todo el año, (2) al nordeste de Hawaii entre 20°N y 33°N desde 122°W hasta 140°W durante el primer y cuarto trimestre, y (3) frente al sur del Perú y el norte de Chile entre 18°S y 25°S desde 80°W hasta 90°W durante el tercer y cuarto trimestre.

En la región ecuatorial del norte, entre la línea ecuatorial y 8°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 relativamente elevadas en la parte occidental de la región durante todo el año.

La distribución del esfuerzo no coincide bien 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, es aparente una fuerte concentración de esfuerzo en aguas ecuatoriales (8°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 al sur del Perú y el norte de Chile, no se aplicó mucho esfuerzo en esas zonas. Puede ser que esto se deba a que en la región ecuatorial se pudo capturar el patudo durante todo el año y los peces fueron generalmente grandes, mientras que más al norte y más al sur la presencia del patudo fue más estacional, y los peces solían ser más pequeños.

Durante 1991 casi se completó un estudio usando modelos lineales generalizados para estandarizar las tasas de captura de patudo en el OPO. Se consideraron año, temporada, área, y profundidad de pesca, y se descubrió que todos tenían un efecto significativo sobre la tasa de captura.

Se presentan en la Figura 75 los datos de frecuencia de talla del patudo capturado con palangre durante 1981-1987 en la zona delineada en la Figura 74. La mayoría de los peces capturados medían entre unos 90 y 170 cm. La composición de talla varía considerablemente de año a año. Las proporciones de peces más pequeños alcanzaron un máximo durante 1982 y 1986, y aquellas de peces más grandes durante 1983 y 1984.

En general, se usan dos métodos para analizar los efectos de la pesca sobre una población de peces: el modelo con estructura de edades, y el modelo de producción. Estos modelos son descritos en detalle en la sección del presente informe sobre el aleta amarilla.

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 talla 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 talla de ingreso. Los datos sobre la talla a la edad se obtuvieron según una ecuación de crecimiento de patudo presentada en el Boletín de la CIAT (Vol. 11, N° 2). Se usaron valores anuales experimentales del coeficiente de mortalidad natural (M) de 0.4 y 0.6. El valor de 0.4 es aproximadamente igual a la estimación de 0.361 publicado en el Informe del Laboratorio Regional de Nankai de Investigaciones Pesqueras, N° 25, páginas 175-192. En la Figura 76 se presentan los resultados, con tallas de ingreso de 40 cm (2 kg o 4 libras), 60 cm (5 kg o 12 libras), 90 cm (17 kg o 38 libras), 120 cm (40 kg o 87 libras), y 150 cm (76 kg o 167 libras) y valores de F de 0.0 a 1.6. En cada caso, el rendimiento por recluta fue mínimo a una talla de ingreso de 150 cm, así que el estudio se limitará a los otros cuatro valores, 40, 60, 90, y 120 cm. Según las Figuras 20 y 75, parece que la mayoría del patudo capturado por cerqueros y palangreros se recluta a una talla de unos 60 a 90 cm y 90 a 120 cm, respectivamente. Sin embargo, en 1980 y 1982-1984 se capturaron en la pesca cerquera grandes canti-

dades de patudo entre los 40 y 60 cm. Con un valor de M de 0.4, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual para todas las tallas 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 talla de ingreso de 40 cm, y a valores de F de 0.8 o más es menor para una talla de ingreso de 60 cm. Con un valor de M de 0.6, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual a todos valores de F para tallas de ingreso de 60, 90 y 120 cm. Es asimismo aproximadamente igual para una talla de ingreso de 40 cm con valores de F hasta 0.6, pero con valores mayores de F el rendimiento por recluta es menor. En general, se obtienen los rendimientos por recluta mayores con tallas de ingreso intermedias (90 y 120 cm). Esto significa que la talla de ingreso promedio para la pesca de superficie es inferior a aquella que lograría un rendimiento por recluta máximo, y que aquella de la pesca palangrera es superior a esa talla. Sin embargo, se recalca que estas estimaciones se basan en datos inadecuados, así que son poco confiables.

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 OPO si hay relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de las zonas más al oeste. En la Tabla 31 se detallan los movimientos de patudos marcados por varias organizaciones que permanecieron en libertad durante períodos largos. Las distancias recorridas son inferiores a aquellas registradas para las otras especies de atunes de importancia comercial, pero no se debe exagerar el significado de esto, dada la escasez de las devoluciones.

En la Figura 77 se presentan los datos del esfuerzo, la captura y la captura por unidad de esfuerzo (cantidad de peces capturados por cien anzuelos) correspondientes a 1954-1987, en la parte del OPO delineada en la Figura 74. 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 1985 el esfuerzo fluctuó entre 50 y 130 millones de anzuelos, y la captura entre 0.4 y 1.3 millones de peces, pero la CPUE permaneció aproximadamente constante, cerca de 1 pez por 100 anzuelos. El esfuerzo aumentó a unos 145 millones de anzuelos en 1986 y 170 millones en 1987, mientras que la CPUE permaneció alrededor 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 rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS), como se informa en la sección sobre el avalúo de stock del aleta amarilla en el presente informe). 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 RPMS. No obstante, puede resultar significativo el hecho de que las capturas se hayan más que triplicado en el período 1965-1987, mientras que las CPUE permanecieron casi iguales. Una explicación posible sería que aquellos individuos especialmente vulnerables a las artes palangreras hayan sido extraídos selectivamente de la población durante los primeros años de la pesquería, reduciendo así las tasas de captura más que la abundancia de los peces. Otra posibilidad es que, debido al precio elevado del patudo, los pescadores dirigieron su esfuerzo más hacia esa especie en los últimos años. 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 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.

BARRILETE NEGRO

El barrilete negro forma solamente una muy pequeña parte de los descargues de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental, pero tiene bastante 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.

Los conocimientos actuales del barrilete negro provienen 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 larvas (orientados principalmente a otras especies), de datos de recaptura de barriletes negros marcados incidentalmente cuando se marca aleta amarilla o barrilete, y de estudios actuales en el Laboratorio de la CIAT en Achotines.

En la Tabla 1 se presentan los datos sobre los descargues de barrilete negro por barcos atuneros de 1961 a 1991. 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. Las estimaciones de cantidades de barriletes negros devueltos al mar por barcos cerqueros durante el período entre 1986 y 1991 se extienden de aproximadamente 6 hasta 11 miles de toneladas por año. Además, esta especie es capturada por pequeños barcos con base en Latinoamérica, de los cuales no se obtienen datos. Las capturas reales son así superiores a las indicadas en la tabla. En la Figura 78 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-talla 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 fue publicado en una revista científica en 1984. En total han sido marcados 1,502 barriletes negros, 107 de los cuales han sido recapturados. En el Informe Anual de la CIAT de 1982 se presentan datos sobre los desplazamientos y crecimiento del barrilete negro, determinados a partir de estos datos.

Se publicaron recientemente en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 2, datos sobre las áreas y la duración del desove, la talla de madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad, y la frecuencia del desove. El cálculo del potencial reproductivo es de importancia primordial con respecto 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. Además, se han capturado 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.

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.

Actualmente se están realizando estudios extensivos del barrilete negro en el laboratorio de la CIAT en Achotines (Panamá) y en La Jolla. Se resumen dichos estudios en la sección del presente informe titulada *Estudios del ciclo vital temprano*.

**APPENDIX 1 – ANEXO 1
STAFF* – PERSONAL***

DIRECTOR

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)

SCIENTIFIC – CIENTIFICO**Chief Scientists – Científicos Dirigentes**

Richard B. Deriso, Ph.D. (University of Washington)
Tuna-billfish Program – Programa Atún-picudo

Martín A. Hall, Ph.D. (University of Washington)
Tuna-dolphin Program – Programa Atún-delfín

Senior Scientists – Científicos Principales

Pablo R. Arenas, Ph.D. (University of Washington)
Biology – Biología

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington)
Biology – Biología

David A. Bratten, B.S. (San Diego State University)
Biology – Biología

Michael G. Hinton, M.S. (University of Washington)
Biology: statistics – Biología: estadística

Daniel Margulies, Ph.D. (University of Maryland)
Biology – Biología

Robert J. Olson, Ph.D. (University of Wisconsin)
Biology – Biología

Michael D. Scott, Ph.D. (University of California at Los Angeles)
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.A. (San Jose State University)
Biology: statistics – Biología: estadística

Terry J. Foreman, M.S. (San Diego State University) Biology	– Biología
Marco A. García, Lic. (Universidad de Oriente) Biology: mathematics	– Biología: matemática
Robert R. Lauth, M.S. (University of Washington) Biology (to October 15)	– Biología (Achetines, Panamá) – hasta el 15 de octubre)
Cleridy E. Lennert, M.S. (University of California at San Diego) Biology: mathematics (from August 1)	– Biología: matemática – desde 1 de agosto)
Richard J. Lindsay, B.S. (Long Island 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: matemática
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 (Achetines, Panamá)
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	– Biología
Armando Enrique Carrasco Arevalo, B.S. (University of West Florida) Biology: statistics	– Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Adrián Celaya Ortega, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California Sur) Biology: statistics	– Biología: estadística (Mazatlán, México)
Richard K. Childers, B.S. (Humboldt State University) Biology: statistics (to June 12)	– Biología: estadística (Manta, Ecuador) – hasta el 12 de junio)

Alvin Delgado Martínez, Lic. (Universidad de Oriente) Biology: statistics	– Biología: estadística (Cumaná, Venezuela)
Leonardo García, Lic. (Universidad de Guayaquil) Biology: statistics	– Biología: estadística (Manta, Ecuador)
Pablo X. Guerrero Verduga, Lic. (Universidad de Guayaquil) Biology: statistics	– Biología: estadística (Manta, Ecuador)
Craig F. Heberer, B.S. (Humboldt State University) Biology: statistics	– Biología: estadística (Mayaguez, Puerto Rico)
Alberto Morales Yañez, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California) Biology	– Biología (Ensenada, México)
Hideki Nakano, Ph.D. (Hokkaido University) Biology (to February 28)	– Biología – hasta el 28 de febrero)
Elizabeth A. Palmer, B.S. (California State Polytechnic University) Biology: statistics	– Biología: estadística (San Pedro, California)
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
Oswaldo 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.)
John H. Stadler, M.S. (University of Washington) Biology (from September 30)	– Biología (Achofines, R.P.) – desde el 30 de septiembre)
Enrique Ureña Portales, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California) Biology: statistics	– Biología: estadística
Nicholas W. Vogel, B.A. (University of California at Santa Barbara) Biology	– Biología

Jeanne B. Wexler, B.S. (Humboldt State University)
Biology — Biología

TECHNICAL — TECNICO

Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico)
Waterfront contact: laboratory technician — Representante en el muelle:
técnico de laboratorio

Sharon A. Booker
Data secretary — Secretaria de datos

Joanne E. Boster
Statistical technician — Técnica en estadística

Laura J. Bowling
Data secretary — Secretario de datos

Jesús Mario Budria Gracia
Maintenance supervisor Supervisor de mantenimiento
(Achetines, Panamá)

Julio Carranza
Waterfront contact: laboratory technician — Representante en el muelle:
técnico de laboratorio
(Coishco, Perú)

Nannette Y. Clark
Statistical technician — Técnica en estadística

Yolanda Covington
Data assistant — Asistente de datos
(from September 23 — desde el 23 de septiembre)

Juan A. Gracia, J.D. (Universidad Católica de Puerto Rico)
Waterfront contact: laboratory technician — Representante en el muelle:
técnico de laboratorio
(Mayaguez, Puerto Rico)

Julio Cesar Guevara Quintana
Waterfront contact: laboratory technician — Representante en el muelle:
técnico de laboratorio
(Panamá, R.P.)

Kenton J. Heldoorn, B.S. (University of California at San Diego)
Laboratory technician — Técnico de laboratorio

Manuel R. Inelan
Waterfront contact: laboratory technician — Representante en el muelle:
técnico de laboratorio
(Ensenada, México)

Ronald E. Keefe
 Draftsman
 (to December 13) — Dibujante técnico
 — hasta 13 de diciembre)

Janet E. Vallette, B.A. (San Diego State University)
 Data assistant
 (to September 30) Asistente de datos
 — hasta el 30 de septiembre)

ADMINISTRATIVE — ADMINISTRATIVO

Lydia M. Avila
 Bilingual secretary
 (to August 31) — Secretaria bilingüe
 — hasta el 31 de agosto)

Marisa Chocano
 Bilingual secretary
 (from September 23) — Secretaria bilingüe
 — desde el 23 de septiembre)

Berta N. Juárez
 Bilingual secretary to the Director — Secretaria bilingüe del Director

Daniel R. Lilly, B.S. (Marquette University)
 Administrative assistant — Ayudante administrativo

Nicholas J. Webb, B.A. (University of York)
 Translator — Traductor

*All staff members at La Jolla unless otherwise noted

*Todos en La Jolla, a menos que se indique lo contrario

APPENDIX 2 – ANEXO 2
INTERGOVERNMENTAL RESOLUTION

The Governments participating in the intergovernmental meeting in La Jolla, California on January 16-18, 1991:

RECALLING the resolution of the intergovernmental meeting held in San Jose, Costa Rica in September 1990;

FURTHER RECALLING the agreement at that meeting to develop a program which includes 100% observer coverage, the maximum reduction of the incidental mortality of dolphins, and the implementation of research programs;

NOTING the commitment of the United States representative to use best efforts to seek amendment of the embargo provisions of the Marine Mammal Protection Act;

EXPRESS THEIR WILLINGNESS to use best efforts to achieve the following objectives:

1. Each purse seine vessel greater than 400 short tons carrying capacity fishing for yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean should have on board a qualified observer from an international organization.
2. Each country should contribute or ensure that each vessel in its fleet contributes the sum of \$10 per vessel ton carrying capacity per annum to the IATTC for the purpose of implementing the international observer program.
3. In order to implement enhanced research efforts to develop alternative fishing techniques and to improve existing techniques, the IATTC should invite the tuna processing and marketing industry, and governmental and nongovernmental entities including environmental organizations, to participate in the research program and the financing thereof. The IATTC will maintain contacts with international organizations conducting research in tuna fisheries in the eastern Pacific.
4. The observer program shall be fully funded by May 1 and fully implemented by July 1, 1991.
5. Each country should support research programs that identify, develop and transfer alternative techniques that do not involve intentional setting on dolphins, while fully utilizing the yellowfin tuna resources in the eastern tropical Pacific Ocean. To this end, they shall pursue national and international research programs including but not limited to the following investigations:
 - Attraction of large yellowfin tuna to floating objects and location of tuna schools by electronic and acoustical devices; and
 - Capture of large yellowfin tuna through an understanding of the association of tuna and dolphin in order to separate them or to capture the tuna when they are naturally disassociated from dolphin.
6. Each country should implement a program having the objective of reducing dolphin mortalities by its flag vessels in 1991 to a level approximately 50 percent below the 1989 level of dolphin mortality.

The countries shall pursue national and international programs including research and training to improve existing fishing technology to reduce dolphin mortality.

7. The governments will continue their consultations and negotiations to develop and implement a dolphin conservation program for 1992 and thereafter, including an equitable program to reduce dolphin mortality associated with purse seine fisheries to insignificant levels approaching zero.

RESOLUCION INTERGUBERNAMENTAL

Los gobiernos participantes en la reunión intergubernamental celebrada en La Jolla, California, del 16 al 18 de enero de 1991:

TENIENDO EN CUENTA la resolución de la reunión intergubernamental celebrada en San José, Costa Rica, en septiembre de 1990:

TENIENDO EN CUENTA TAMBIEN que en dicha reunión se acordó desarrollar un programa que incluiría cobertura por observadores al 100%, la reducción máxima de la mortalidad incidental de los delfines, y la ejecución de programas de investigación;

NOTANDO el compromiso del representante de los Estados Unidos de América de hacer lo posible por lograr enmiendas relacionadas con las medidas de embargo establecidas en la Ley de Protección de Mamíferos Marinos;

EXPRESAN SU BUENA VOLUNTAD por hacer los mejores esfuerzos posibles por lograr los objetivos siguientes:

1. Cada embarcación cerquera de capacidad de acarreo mayor de 400 toneladas cortas pescando atunes aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental tropical deberá llevar a bordo un observador calificado de una organización internacional durante cada viaje.
2. Cada país deberá contribuir o asegurar que cada embarcación en su flota contribuya con la cantidad de \$ US 10 por tonelada de acarreo del barco por año a la CIAT con el propósito de instrumentar el programa internacional de observadores.
3. Para la ejecución de los esfuerzos ampliados de investigación para desarrollar técnicas alternativas de pesca y perfeccionar las técnicas actuales, la CIAT deberá invitar a la industria procesadora y vendedora del atún, así como a las entidades gubernamentales y no gubernamentales, incluyendo las organizaciones ambientalistas y otras, a participar en el financiamiento del programa de investigación. La CIAT mantendrá contactos con otros organismos internacionales que investiguen la pesca del atún en el Océano Pacífico oriental.
4. El programa de observadores deberá ser completamente financiado antes del 1 de mayo de 1991 y plenamente ejecutado antes del 1 de julio de 1991.
5. Cada país apoyará programas de investigación para identificar, desarrollar, y transferir técnicas de pesca alternativas que no impliquen lances intencionales sobre delfines, pero que al mismo tiempo aprovechen plenamente el recurso de atún del Océano Pacífico oriental tropical. Con estos propósitos, proseguirán programas de investigación nacionales e internacionales que incluyan pero que no estén limitados a las investigaciones siguientes:
 - La atracción de los atunes aleta amarilla grandes a los objetos flotantes y la ubicación de los atunes con aparatos electrónicos y acústicos; y
 - La captura de los atunes aleta amarilla grandes mediante la adecuada comprensión de la asociación entre estos atunes y los delfines a fin de separarlos, o cuando los atunes se encuentren separados en forma natural de los delfines.
6. Cada país deberá ejecutar un programa con el objetivo de reducir la mortalidad de delfines ocasionada por su flota nacional en 1991 a un nivel aproximado del 50% por debajo del nivel de mortalidad de delfines del año 1989.

Los países buscarán establecer programas nacionales e internacionales que incluyan investiga-

ción y capacitación para mejorar las tecnologías pesqueras existentes para reducir la mortalidad de delfines.

7. Los gobiernos continuarán sus consultas y negociaciones con el objeto de desarrollar e instrumentar un programa para la conservación del delfín para el año 1992 y años subsiguientes, incluyendo un programa equitativo para reducir la mortalidad de delfines asociada a la pesquería de los barcos cerqueros a niveles insignificantes que se aproximen a cero.

APPENDIX 3 – ANEXO 3

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION – COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
 Balance Sheet, September 30, 1991 –
 Balance General, 30 de Septiembre de 1991

<i>Assets – Activo</i>	
Current assets – Activo circulante	
Cash – Efectivo	\$784,047
Accounts receivable – Cuentas por cobrar	19,203
Employee advances – Anticipos a los empleados	154,604
Deposits and other assets – Depósitos y otro activo	<u>1,619</u>
Total current assets – Activo total circulante	959,473
Real property, at cost – Propiedad raíz, al costo	<u>325,775</u>
	1,285,248
 <i>Liabilities and fund balances – Pasivo y balance de los fondos</i>	
Current liabilities – Pasivo circulante	
Accounts payable – Cuentas por pagar	67,058
Accrued expenses – Gastos acumulados	<u>280,684</u>
Total current liabilities – Pasivo total circulante	347,742
Fund balance – Balance de los fondos	
General fund – Fondo general	520,325
Real property fund – Fondo propiedad raíz	325,775
Restricted fund – Fondo restringido	<u>91,406</u>
Total fund balance – Balance total de los fondos	937,506
	<u>\$1,285,248</u>

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

Statement of Revenue and Expenses for the Year Ended September 30, 1991 –

Declaración de Ingresos y Gastos Correspondiente al

Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1991

268

Revenue – Ingresos

Government contributions for joint expenses – Contribuciones de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America – Estados Unidos de América	\$2,958,000
Japan – Japón	138,551
France – Francia	107,331
Panama – Panamá	1,000
Costa Rica	-
Nicaragua	-
Vanuatu	-
	<hr/>
Total contributions – Contribuciones totales	3,204,882
Contract revenue – Ingresos por contrato	1,001,582
Interest income – Ingresos por interés	42,357
Other revenue – Otros ingresos	31,409
	<hr/>
Total revenue – Ingreso total	4,280,230

Expenses – Gastos

Salaries – Sueldos	1,709,583
Observer costs – Gastos para los observadores	439,602
Contract expenditures – Gastos para los contratos	418,719
Employee benefits – Beneficios laborales	287,804
Materials and supplies – Materiales y suministros	237,150
Travel – Viajes	219,685
Rent and utilities – Alquiler y servicios públicos	88,182
Printing and postage – Imprenta y franqueo	84,651
Insurance and taxes – Seguros e impuestos	23,518
Legal and professional – Legales y profesionales	19,254
Miscellaneous-Miscelánea	23,958
	<hr/>
Total expenses – Gastos totales	3,552,106
Excess of revenue over expenses – Exceso de gastos sobre ingresos	<u>\$ 728,124</u>

TUNA COMMISSION

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION – COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statements of Changes in Fund Balances for the Year Ended September 30, 1991 –
Declaración de Cambios en el Balance de los Fondos Correspondiente al
Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1991

	<u>General fund – Fondo general</u>	<u>Real property fund – Fondo propiedad raíz</u>	<u>Restricted fund – Fondo restringido</u>	<u>Total</u>
Balance at September 30, 1989 Balance hasta el 30 de septiembre de 1989	\$ 55,270	325,775	-	381,045
Excess of expenditures over revenues Exceso de gastos sobre ingresos	<u>(171,633)</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>(171,663)</u>
Balance (deficiency) at September 30, 1990 Balance (déficit) hasta el 30 de septiembre de 1990	(116,393)	325,775	-	209,382
Excess of expenditures over revenues Exceso de impresos sobre gastos	<u>636,718</u>	<u>-</u>	<u>91,406</u>	<u>728,124</u>
Balance at September 30, 1991 Balance hasta el 30 de septiembre de 1991	<u>\$ 520,325</u>	<u>325,775</u>	<u>91,406</u>	<u>937,506</u>

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION – COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL
Statements of Cash Flows for the Year Ended September 30, 1991 –
Declaración de Actividad de Efectivos Correspondiente al
Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1991

270

Excess of revenues over expenditures – Exceso de ingresos sobre gastos	\$ 728,124
Adjustments to reconcile excess of revenues over expenditures to net cash provided by operating activities – Ajustes para reconciliar exceso de ingresos sobre gastos con efectivo neto proveido por actividades de operación:	
Increase in accounts receivable – Aumento de cuentas por cobrar	(9,710)
Increase in employee advances – Aumento en anticipos a los empleados	(29,911)
Decrease in deposits – Reducción de los depósitos	30
Increase in accounts payable – Aumento en cuentas por pagar	10,430
Increase in accrued expenses and other liabilities – Aumento de gastos acumulados y otro pasivo	<u>22,537</u>
Total adjustments – Ajustes totales	(6,624)
Net cash provided by operating activities – Efectivo neto proveido por actividades de operación	721,500
Cash and cash equivalents at beginning of year – Efectivo y equivalentes al principio del año	<u>62,547</u>
Cash and cash equivalents at end of year – Efectivo y equivalentes al fin del año	<u>\$784,047</u>

TUNA COMMISSION

APPENDIX 4 – ANEXO 4
CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1991
CONTRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADOS DURANTE 1991

Annual report – Informe anual

1989

Bulletins – Boletines

Bayliff, William H., Yoshio Ishizuka, and Richard B. Deriso. Growth, movement, and attrition of northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean, as determined by tagging – Crecimiento, movimientos, y agotamiento del atún aleta azul del norte, *Thunnus thynnus*, en el Océano Pacífico, determinado a partir del marcado, Vol. 20, No. 1.

Punsly, Richard G., and Richard B. Deriso. Estimation of the abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, by age groups and regions within the eastern Pacific Ocean – Estimación de abundancia del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, por grupos de edad y regiones en el Océano Pacífico oriental, Vol. 20, No. 2.

Special Report – Informe especial

Deriso, Richard B., and William H. Bayliff (editors). World meeting on stock assessment of bluefin tunas: strengths and weaknesses, No. 7.

Outside journals and books – Revistas externas y libros

Schaefer, Kurt M. 1991. Geographic variation in morphometric characters and gill-raker counts of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from the Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 89 (2): 289-297.

Scott, Michael D., and Wayne L. Perryman. 1991. Using aerial photogrammetry to study dolphin school structure. In Pryor, Karen, and Kenneth S. Norris (editors), *Dolphin Societies: Discoveries and Puzzles*, University of California Press, Berkeley: 227-241.

Joseph, James. 1991. The conservation ethic and its impact on tuna fisheries. Tuna 91 Bali (Papers of the Second World Tuna Trade Conference, Bali, Indonesia, May 13-15, 1991): 12-18.

Deriso, Richard B., Richard G. Punsly, and William H. Bayliff. 1991. A Markov movement model of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean and some analyses for international management. Fish. Res., 11 (3-4): 375-395.

Rensink, Gary M., and Forrest R. Miller. 1991. Summary of the 1990 North Pacific albacore fisheries data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep., LJ- 91-21: iii, 33 pp.

Anganuzzi, A. A., S. T. Buckland, and K. L. Cattanach. 1991. Relative abundance of dolphins associated with tuna in the eastern tropical Pacific, estimated from tuna vessel sightings data for 1988 and 1989. Inter. Whaling Comm., Rep. Comm., 41: 497-506.

Hall, M. A., and S. D. Boyer. 1991. Incidental mortality of dolphins in the tuna purse-seine fishery in the eastern Pacific Ocean during 1989. Inter. Whaling Comm., Rep. Comm., 41: 507-509.

Schaefer, M.B. 1991. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bull. Math. Biol., 53 (1-2): 253-279 (reprint of IATTC Bulletin, 1 (2)).