

---

# **ANNUAL REPORT**

of the

**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

**1996**

---

## **INFORME ANUAL**

de la

**Comisión Interamericana del Atún Tropical**

---

**La Jolla, California  
1998**

**CONTENTS-INDICE**  
**ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES**

	Page
INTRODUCTION .....	7
COMMISSION MEETINGS .....	8
ADMINISTRATION .....	12
Budget .....	12
Financial statement.....	12
INTER-AGENCY COOPERATION.....	12
VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS.....	14
FIELD STATIONS .....	15
PUBLICATIONS .....	15
TUNA-BILLFISH PROGRAM.....	16
The fishery .....	16
Yellowfin quotas.....	21
Research .....	21
Status of the tuna and swordfish stocks in 1996 and outlook for 1997 ..	36
TUNA-DOLPHIN PROGRAM.....	76
Data collection.....	77
Gear program .....	77
Research .....	78
The International Dolphin Conservation Program .....	83

---

<b>FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS.....</b>	<b>84</b>
-------------------------------------------------	-----------

## VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION.....	207
REUNIONES DE LA COMISION.....	208
ADMINISTRACION.....	212
Prepuesto.....	212
Informe financiero .....	212
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES .....	212
CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA.....	215
OFICINAS REGIONALES .....	215
PUBLICACIONES .....	216
PROGRAM ATUN-PICUDO .....	216
La pesquería.....	216
Cuotas de aleta amarilla .....	221
La investigación .....	222
Condición de los stocks de atunes y peces espada en 1996 y perspectivas para 1997.....	238
PROGRAMA ATUN-DELFIN .....	280
Toma de datos .....	281
Programa de artes de pesca .....	282
La investigación .....	283
Programa Internacional para la Conservación de Delfines .....	287
<b>APPENDIX 1—ANEXO 1</b>	
STAFF—PERSONAL.....	289
<b>APPENDIX 2—ANEXO 2</b>	
MEXICO'S STATEMENT TO THE INTERGOVERNMENTAL MEETING— DECLARACION DE MEXICO A LA REUNION INGUBERNAMENTAL ...	294
<b>APPENDIX 3—ANEXO 3</b>	
JOINT STATEMENT BY THE GOVERNMENTS OF COLOMBIA, COSTA RICA, ECUADOR, PANAMA, VANUATU AND VENEZUELA—DECLARA- CION CONJUNTA DE LOS GOBIERNOS DE COLOMBIA, COSTA RICA, ECUADOR, PANAMA, VANUATU Y VENEZUELA .....	298
<b>APPENDIX 4—ANEXO 4</b>	
FINANCIAL STATEMENT—DECLARACION FINANCIERA .....	300
<b>APPENDIX 5—ANEXO 5</b>	
CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1996—CONTRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADOS DURANTE 1996 .....	305

**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA  
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS  
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1996**

**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 1996**

**COSTA RICA**

Virgilio Aguiluz .....	1950-1965
José L. Cardona-Cooper .....	1950-1979
Victor Nigro .....	1950-1969
Fernando Flores B. ....	1958-1977
Milton H. López G. ....	1965-1977
Eduardo Beeche T. ....	1969-1971
Francisco Terán Valls .....	1971-1977
Manuel Freer .....	1977-1979
Gabriela Myers .....	1977-1979
Rodolfo Sáenz o. ....	1977-1979
Manuel Freer Jimenez .....	1989-1990
Carlos P. Vargas .....	1989-1990
Stewart Heigold Stuart .....	1990
Herbert Nanne Echandi .....	1990-1994
Jaime Basadre Oreamuno .....	1994-
Luis París Chaverri .....	1994-
Alvaro Moreno Gomez .....	1994-1996

**UNITED STATES OF AMERICA**

Eugene D. Bennett .....	1950-1968 <sup>1</sup>
Milton C. James .....	1950-1951
Lee F. Payne .....	1950-1961 <sup>2</sup>
Gordon W. Sloan .....	1951-1957
John L. Kask .....	1952
John L. Farley .....	1953-1956
Arnie J. Suomelal .....	1957-1959
Robert L. Jones .....	1958-1965 <sup>3</sup>
J. Laurence McHugh .....	1960-1970
John G. Driscoll, Jr. ....	1962-1975 <sup>4</sup>
William H. Holmstrom .....	1966-1973
Donald P. Loker .....	1969-1976
William M. Terry .....	1970-1973 <sup>5</sup>
Robert C. Macdonald .....	1973-1994
Steven E. Schanes .....	1973-1974
Wilvan G. Van Campen .....	1974-1976
Jack Gorby .....	1975-1992
Glen H. Copeland .....	1976-1977
Wymberley Coerr .....	1977-1988
Henry R. Beasley .....	1986-1994
Mary L. Walker .....	1988-1994
Jack Bowland .....	1992
Barbara H. Britten .....	1994-
M. Austin Forman .....	1994-
James T. McCarthy .....	1994-
Michael F. Tillman .....	1994-

**PANAMA**

Miguel A. Corro .....	1953-1957
Domingo A. Díaz .....	1953-1957
Walter Myers, Jr. ....	1953-1957
Richard Eisenmann .....	1958-1960
Gabriel Galindo .....	1958-1960
Juan L. de Obarrio .....	1958-1980
Harmodio Arias, Jr. ....	1961-1962
Roberto Novey .....	1961-1962
Carlos A. López Guevara .....	1962-1974
Dora de Lanzner .....	1963-1972
Camilo Quintero .....	1963-1972
Arquimedes Franqueza .....	1972-1974
Federico Humbert, Jr. ....	1972-1974
Carolina T. de Mouritzen .....	1974-1985
Jaime Valdez .....	1974-1985
Carlos Arellano L. ....	1980-1983
Luis E. Rodríguez .....	1980-1984
Armando Martínez Valdés .....	1984-1988
Carlos E. Icaza E. ....	1985-1988
Dalva H. Arosemena M. ....	1988-1990
Jesús A. Correa G. ....	1989-1994
Jorge Lymberopulos .....	1989

Roy E. Cardoze .....	1990-1994
Carlos E. Icaza E. ....	1990-1991
José Antonio Icaza .....	1990-1991
Jorge Lymberopulos .....	1991-1994
Juan Antonio Varela .....	1991-1994
José Donoso .....	1994-1995
Ricardo A. Martáns .....	1994-
José A. Troyano .....	1994-
Armando Martínez Valdés .....	1995-

**ECUADOR**

Pedro José Arteta .....	1961-1962
Eduardo Burneo .....	1961-1965
Enrique Ponce y Cabro .....	1961-1963
César Raza .....	1961-1962
Francisco Baquerizo .....	1963
Héctor A. Chiriboga .....	1963-1966
Vicente Tamariz A. ....	1964-1965
Luis Pareja P. ....	1966-1968
Vinicio Reyes E. ....	1966-1968
Wilson Vela H. ....	1966-1968

**MEXICO**

Mauro Cárdenas F. ....	1964-1968
Hector Chapa Saldaña .....	1964-1968
Rodolfo Ramírez G. ....	1964-1966
Maria Emilia Téllez B. ....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L. ....	1967-1970
Alejandro Cervantes D. ....	1968-1978
Amin Zarur M. ....	1968-1970
Arturo Díaz R. ....	1970-1978
Joaquín Mercado F. ....	1970-1977
Pedro Mercado S. ....	1970-1975
Fernando Castro y Castro .....	1975-1977

**CANADA**

Emerson Gennis .....	1968-1969
Alfred W. H. Needler .....	1968-1972
E. Blyth Young .....	1968-1980
Leo E. Labrosse .....	1970-1972
Robert L. Payne .....	1970-1974
S. Noel Tibbo .....	1970-1977
G. Ernest Waring .....	1970-1976
James S. Beckett .....	1977-1984
Michael Hunter .....	1981-1984

**JAPAN**

Shoichi Masuda .....	1971-1985
Tomonari Matsushita .....	1971-1973
Fumihiko Suzuki .....	1971-1972
Seiya Nishida .....	1972-1974
Kunio Yonezawa .....	1973-1979
Harunori Kaya .....	1974-1976
Michio Mizoguchi .....	1976-1977
Michihiko Junihiro .....	1979-1980
Tatsuo Saito .....	1979-1983
Toshio Isogai .....	1980-1983
Susumu Akiyama .....	1984-1986
Ryuichi Tanabe .....	1984-1985
Satoshi Moriya .....	1985-1987
Yamato Ueda .....	1985-
Takehisa Nogami .....	1986-1989
Kazuo Shima .....	1987-1989
Kouji Imamura .....	1989-1992
Shigenobu Kato .....	1989-1991
Koichiro Seki .....	1991-1994
Masahiro Ishikawa .....	1992-1994
Kenro Iino .....	1994-1995
Minoru Morimoto .....	1994-
Yasuo Takase .....	1996-

#### FRANCE

Serge Garache.....	1973-1983
Robert Letacconnoux .....	1973-1983
Rene Thibaudau .....	1976-1977
Maurice Fourneyron.....	1980-1987
Dominique Piney .....	1984-1989
Daniel Silvestre.....	1990-1991
Jean François Gilon.....	1992
Patrice Corler.....	1993
Phillipe Peronne.....	1994-
Jean-Paul Rivaud.....	1994-1995
David Portal .....	1996

#### NICARAGUA

Gilberto Bergman Padilla .....	1973-1977
Antonio Flores Arana .....	1973-1976
José B. Godoy M. ....	1976-1980
Octavio Gutiérrez D. ....	1977-1980
Silvio Campos M.....	1977-1980
Jamil Urroz E. ....	1977-1985
Abelino Aróstegui Valladares.....	1985-1988
Sergio Martínez Casco.....	1988-

#### VANUATU

Richard Carpenter.....	1991-1994
Dorosday Kenneth.....	1991-1995
Julian Ala.....	1995-

#### VENEZUELA

Francisco Herrera Terán.....	1992-1994
Carlos Giménez.....	1994-1995
Roberto Ortisi.....	1994-1996
Jean-François Pulvenis.....	1994-
Alfredo Zuloaga.....	1994
Miriam R. de De Venanzi.....	1995-1996
Hugo Alsina Lagos.....	1995-
Carlos Giménez .....	1996-
María Estela Bermúdez .....	1996-

- 1 Deceased in service December 18, 1968
- 1 Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968
- 2 Deceased in service April 10, 1961
- 2 Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961
- 3 Deceased in service April 26, 1965
- 3 Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965
- 4 Deceased in service October 16, 1975
- 4 Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975
- 5 Deceased in service May 5, 1973
- 5 Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973



## **ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1996**

### **INTRODUCTION**

The Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) 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 and tuna-like species in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, Mexico in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, France and Nicaragua in 1973, Vanuatu in 1990, and Venezuela in 1992. Ecuador withdrew from the IATTC in 1968, Mexico in 1978, and Canada in 1984.

The IATTC fulfills its responsibilities with two programs, the Tuna-Billfish Program and the Tuna-Dolphin Program. The principal responsibilities of the Tuna-Billfish Program are (1) to study the biology of the tunas and tuna-like species of the eastern Pacific Ocean to estimate 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. The principal responsibilities of the Tuna-Dolphin Program are (1) to monitor the abundance of dolphins and their mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners fishing in the eastern Pacific Ocean, (2) to analyze these data and make appropriate recommendations for the conservation of dolphins, (3) to study the causes of mortality of dolphins during fishing operations and encourage fishermen to adopt fishing techniques which minimize the mortalities of dolphins, and (4) to study the effects of different modes of fishing on the various fish and other animals of the pelagic ecosystem.

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

The scientific program is now in its 46th year. The results of the IATTC staff's research are published in the IATTC's Bulletin series in English and Spanish, its two official languages, in its Special Report series, and in books, outside scientific journals, and trade journals. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in the IATTC's Annual Reports, also in the two languages.

### COMMISSION MEETINGS

The convention of the IATTC requires that it meet at least once each year. In addition, intergovernmental meetings (IGMs), involving representatives of member governments and non-member governments which are interested in the fisheries for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean, are nearly always held in conjunction with the IATTC meetings. Two permanent working groups, the International Review Panel (IRP) and the Scientific Advisory Board (SAB), were established by the Agreement for the Conservation of Dolphins adopted at the 24th IGM, held in June 1992. (That agreement is reproduced as Appendix 2 of the IATTC Annual Report for 1992.) The proceedings of the IATTC, IRP, and intergovernmental meetings held in 1996 are summarized in this section.

#### FIFTY-SEVENTH MEETING OF THE IATTC

The IATTC held its 57th meeting in La Jolla, California, USA, on October 21-23, 1996. Mr. Brian Hallman of the United States served as Chairman. Representatives of seven member governments attended the meeting, as did observers from Canada, Colombia, Ecuador, El Salvador, Mexico, the Republic of China, the Russian Federation, Spain, the European Community, the Great Lakes Fishery Commission, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, the International Whaling Commission, the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero, the American Cetacean Society, the Center for Marine Conservation, the Earth Island Institute, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza, Greenpeace International, the Humane Society International, the Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio, The Fishermen's Coalition, and the Whale and Dolphin Conservation Society.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of current tuna research
4. The 1995 fishing year
5. Status of tuna stocks
6. Review of tuna-dolphin research and extension programs
7. Review of International Dolphin Conservation Program
8. Recommendations and Resolutions for 1996
9. Recommended research program and budget for FY 1997-1998
10. Place and date of next meeting
11. Election of officers
12. Other business
  - a) The Kyoto Declaration and Plan of Action
  - b) Other issues
13. Adjournment

The IATTC meeting was temporarily adjourned on October 21, 1996, and an intergovernmental meeting, involving all the national representatives at the IATTC meeting, as either participants or observers, was convened on that date. The principal purpose of this meeting was to discuss the International Dolphin Conservation Program (established by the Agreement for the Conservation of Dolphins) and implementation of the Declaration of Panama (IATTC Annual Report for 1995: Appendix 3). Representatives of various governments and organizations read statements regarding the latter. A statement, which appears as Appendix 2 of this report, was



read by the representative of Mexico. This statement announced that Mexico was suspending its participation in the International Dolphin Conservation Program, but made it clear that suspension of participation is different from outright withdrawal, and that Mexico would continue to "act in a manner consistent with internationally accepted standards for environmental use." A joint statement read by the representative of Colombia on behalf of the governments of Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panama, Vanuatu, and Venezuela appears as Appendix 3 of this report.

After the intergovernmental meeting was adjourned, the IATTC meeting was reconvened on October 22.

The IATTC staff recommended a yellowfin catch quota of 235,000 short tons (213,188 metric tons) in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) during 1996, with the option to increase this limit, at the discretion of the Director, by up to three increments of 20,000 short tons (18,144 metric tons) each. The rationale for this recommendation is given in Background Paper 2 prepared for the meeting, which is available from the IATTC on request.

The following actions were taken:

(1) A draft resolution prepared by the IATTC staff regarding the conservation of yellowfin was approved. This resolution reads as follows:

*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 recommendations 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 1995, excepting 1987, although no conservation programs were implemented, conservation measures were 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, although the stock of yellowfin is currently at a level of abundance greater than the optimum, nevertheless it can be over-exploited,*

*Concludes that, if conditions warrant, a limitation on the catch of yellowfin tuna should be implemented during 1996.*

*The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties that a quota of 235,000 short tons be established for the 1996 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 three successive increments of 20,000 short tons each if he concludes from examination of available data that such increases will pose 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 1996.*

(2) The Commission agreed to a proposed budget of \$4,547,388 (not including assessments to pay for costs of placement of observers on fishing vessels) for the 1997-1998 fiscal year.

(3) The Commission endorsed the Kyoto Declaration and Plan of Action on the Sustainable Contribution of Fisheries to Food Security.

(4) The Commission agreed that its next meeting would be held in San Jose, Costa Rica,

in June 1997, and that a representative of Costa Rica, to be named later, would serve as Chairman for that meeting.

#### **ELEVENTH MEETING OF THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL**

The 11th meeting of the International Review Panel (IRP) was held in Ensenada, Mexico, on January 25-26, 1996. Lic. Carlos Camacho Gaos of Mexico presided at the meeting, which was attended by representatives of Colombia, Costa Rica, Mexico, the United States, Vanuatu, Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera of Mexico, the United States Tuna Foundation, Greenpeace International, and the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero. Members of the staff of the Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines of Mexico provided organizational support.

The agenda consisted of the following items:

1. Opening of the meeting
2. Election of Presider
3. Approval of agenda
4. Approval of minutes of the 10th Meeting of the IRP
5. A description and illustration of the new sack-up procedure
6. Information about rescue alternatives which might be used prior to backdown
7. Review of observer data
8. Proposed procedures for dealing with special problem sets
9. Action taken to improve living accommodations of observers aboard vessels
10. Analyses of mortality rates in sets on large herds of dolphins
11. Follow-up of infractions relating to interference with observers previously presented to the IRP
12. Dolphin Mortality Limits (DMLs):
  - a) Review of 1995 DMLs
  - b) DMLs for 1996
13. Status of employment conditions of observers
14. Place and date of next meeting
15. Other business
16. Adjournment

Copies of the Annual Report of the IRP for 1996, which contains details of what took place at this meeting, are available from the IATTC on request.

#### **TWELFTH MEETING OF THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL**

The 12th meeting of the IRP was held in La Jolla, California, USA, on August 28-29, 1996. Amb. Jean-François Pulvenis of Venezuela presided at the meeting, which was attended by representatives of Colombia, Costa Rica, Mexico, the United States, Vanuatu, Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera of Mexico, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza, and the Red Mexicana de Acción Frente de Libre Comercio.

The Agenda consisted of the following items:

1. Opening of the meeting
2. Election of Presider
3. Approval of agenda
4. Approval of minutes of the 11th Meeting of the IRP

5. Dolphin Mortality Limits (DMLs):
  - a. Review of 1996 DMLs
  - b. DMLs for the second semester of 1996
6. Review of observer data
7. Annual Report, 1995
8. Information about rescue alternatives which might be used prior to backdown
  - a. Analyses of mortalities with and without divers
  - b. "Línea Humana"
9. Action taken to improve living accommodations of observers aboard vessels
10. Analyses of mortality rates in sets on large herds of dolphins
11. Marine mammal mortality by species
12. Tonnage assessments
13. Status of employment conditions of observers
14. Tuna tracking
15. Jurisdiction of vessels in the program
16. Proposed procedures for dealing with special problem sets
17. Place and date of next meeting
18. Other business
19. Adjournment

Copies of the Annual Report of the IRP for 1996, which contains details of what took place at this meeting, are available from the IATTC on request.

### **THIRTEENTH MEETING OF THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL**

The 13th meeting of the IRP was held in La Jolla, California, USA, on October 19 and 21, 1996. Ms. Hilda Díaz-Soltero of the United States presided at the meeting, which was attended by representatives of Colombia, Costa Rica, Ecuador, the United States, Vanuatu, Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera of Mexico, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza, Greenpeace International, and the Red Mexicana de Acción Frente de Libre Comercio.

The Agenda consisted of the following items:

1. Opening of meeting
2. Election of Presider
3. Approval of agenda
4. Approval of minutes of the 12th Meeting of the IRP
5. Dolphin Mortality Limits (DMLs):
  - a. Review of 1996 DMLs
  - b. DMLs for 1997
6. Review of observer data
7. Procedures for dealing with special problem sets
8. Mortality rates in sets with few dolphins captured and no backdown
9. Proper techniques for releasing the bow or tza in lieu of backdown
10. Place and date of next meeting
11. Other business
12. Adjournment

Copies of the Annual Report of the IRP for 1996, which contains details of what took place at this meeting, are available from the IATTC on request.

## ADMINISTRATION

### BUDGET

At its 53rd meeting, held in Cumaná, Venezuela, on June 7-8, 1994, the Commission unanimously approved the budget for the 1995-1996 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$4,866,767. However, the final amount received from the member nations during the 1995-1996 fiscal year was \$3,227,000, a shortfall of \$1,639,767 relative to the amount which was recommended and approved for the regular budget. As a consequence, some planned research had to be curtailed. In addition to its regular budget, during the 1995-1996 fiscal year the IATTC received \$901,658 from vessel owners to pay the costs of placing observers on their vessels and \$91,444 from other sources, *e.g.* organizations which awarded contracts to the IATTC to perform various types of research.

### FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for the 1995-1996 fiscal year were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 4 of this report.

## INTER-AGENCY COOPERATION

During 1996 the scientific staff of the IATTC 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 and oceanography research throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The IATTC's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, La Jolla, California, USA, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for federal and state agencies involved in fisheries, oceanography, and related sciences. This situation provides the staff with an excellent opportunity to maintain frequent contact with scientists of those organizations. Drs. James Joseph and Richard B. Deriso are members of the faculty of SIO, and Dr. Deriso taught a course and supervised the research of some students at that institution during 1996. Mr. Michael G. Hinton and Ms. Cleridy E. Lennert were registered as graduate students at SIO during 1996.

Drs. Joseph and Deriso also serve as members of the faculty of the University of Washington, Seattle, Washington, USA, and Dr. Joseph is also a member of the faculty of the Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Mexico. Dr. Martín A. Hall serves as a member of the faculty of the University of British Columbia, Vancouver, B.C, Canada. Drs. Deriso, Hall, Michael G. Hinton, Robert J. Olson, and Michael D. Scott served on committees which supervised the research of graduate students at various universities during 1996.

The cordial and productive relationships which the IATTC has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), the Convention for the Conservation of Southern Bluefin Tuna (CCSBT), 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 organizations have continued for many years. Mr. Alejandro A. Anganuzzi was granted a leave of absence, which extended throughout 1996, to coordinate the work of the Indo-Pacific Tuna Development and Management Programme (IPTP) (which became

the Indian Ocean Tuna Commission (IOTC) in late 1996) in Colombo, Sri Lanka. To help achieve the objectives of its Expert Consultation on Interactions of Pacific Ocean Tuna Fisheries, FAO has provided funding for two computer simulation studies which are being conducted by the IATTC staff. FAO also provided funds for a world workshop on bigeye tuna which was held at the IATTC headquarters in La Jolla in November 1996. Dr. Deriso served as an advisor for the CCSBT and ICCAT during 1996.

Also during 1996, the IATTC staff maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, and with similar institutions in many non-member countries in various parts of the world. Mr. Forrest R. Miller's studies of the effects of environmental conditions on the surface fishery for tunas, described in the subsection entitled ***Oceanography and tuna ecology***, are funded mostly by the U.S. National Marine Fisheries Service. Dr. James Joseph was a member of the Committee on Fisheries of the Ocean Studies Board of the U.S. National Academy of Sciences, Dr. Richard B. Deriso was co-chairman of the Committee on Fish Stock Assessment Methods of the National Research Council of the United States, a member of the Scientific and Statistical Committee of the Western Pacific Fishery Management Council of the United States, a member of the Review Committee for California Sea Grant, and an advisor on stock assessment of school sharks to the Australian Fisheries and Management Authority. Dr. William H. Bayliff and Mr. Patrick K. Tomlinson were members of the editorial board of *Investigaciones Marinas CICIMAR*, published by the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Mexico, Dr. Ashley J. Mullen was Associate Editor of *Natural Resource Modeling*, a journal published by the Rocky Mountain Mathematics Consortium in association with the Resource Modeling Association, and Dr. Michael D. Scott was an Associate Editor of the journal *Marine Mammal Science*. Dr. Scott was also a member of the Pacific Scientific Review Group, which has the responsibility of monitoring U.S. marine mammal management policies and research in the Pacific Ocean. Mr. Kurt M. Schaefer participated in the Hawaii Tuna Tagging Program, funded by the Pelagic Fisheries Research Program at the Joint Institute of Marine and Atmospheric Research, School of Ocean and Earth Sciences and Technology, University of Hawaii at Manoa. Mr. Felipe Galván-Magaña of CICIMAR and Dr. Robert J. Olson of the IATTC continued their joint study of the trophic interactions of yellowfin tuna, dolphins, and associated predators in the eastern Pacific Ocean described on pages 27-28 of the IATTC Annual Report for 1995. Mr. Vernon P. Scholey spent 6 weeks in Japan, where he studied methods of culturing larval, juvenile, and adult tunas and related topics at the Japan Sea-Farming Association's (JASFA) Yaeyama Station on Ishigaki Island, Okinawa Prefecture, JASFA's Amami Station, Kagoshima Prefecture, the Oshima Branch station of Kinki University in Wakayama Prefecture, Shimonoseki University, Yamaguchi Prefecture, and the National Research Institute of Aquaculture near Shima Osobe, Mie Prefecture. His expenses were paid by an Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) scholarship. The IATTC's involvement in a joint research project with the OFCF and the government of Panama is described in the section entitled ***Early life history studies***.

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. In addition, these observers have collected stomach contents and samples of gonads and other tissues of yellowfin tuna, recorded data on the incidental catches of species other than tunas and dolphins, recorded information on floating objects and the fauna and flora associated with them, etc. Government organizations, educational institutions, and industry representatives from the various countries involved have cooperated fully in the training and placement of these observers. Data collected by the observer programs of Mexico and the United States were furnished to the

IATTC staff for analysis. (In February 1996 the United States terminated its observer program, and after that IATTC observers accompanied U.S. vessels capable of fishing for dolphin-associated tunas on all their trips.)

Over the years, scientists and students from many countries have spent several weeks or months at the IATTC's headquarters in La Jolla and at its Achotines Laboratory learning new research methods and conducting research utilizing IATTC facilities and data. 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 and 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. At the request of several Costa Rican organizations, Dr. Martín A. Hall conducted a course on the tuna-dolphin problem in San José, Costa Rica, in March 1996. Dr. Richard B. Deriso served as one of four instructors for a course in fisheries modeling, sponsored by the American Institute of Fisheries Research Biologists, held at California State University at San Marcos in May 1996.

The establishment by the IATTC of a research facility at Achotines Bay, Panama, described in the section entitled **FIELD STATIONS**, gave the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. IATTC personnel have assisted local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, *e.g.* snappers (Lutjanidae), discussed in the section entitled *Snapper resource studies*.

Late in 1993, an agreement was reached by the OFCF of Japan, the government of the Republic of Panama, and the IATTC to undertake a joint five-year project, funded mostly by the OFCF, at the Achotines Laboratory. The project, which entered its initial stage in 1994, encompasses research on the feasibility of culturing adult yellowfin tuna, snappers, and corvina-like fishes (Sciaenidae) to supply larvae for research, and the production of food organisms for their larvae and juveniles. This project is described in the section entitled *Early life history studies*.

Over the years, IATTC employees have collected tissue samples of tunas and billfishes for use in genetic studies conducted by scientists of other organizations. In 1996 samples of tissues of various species of tuna and tuna-like fishes were collected for the Division of Fisheries, Commonwealth Scientific and Industrial Organization, Hobart, Australia, the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF), Shimizu, Japan, the FISHTEC Genetics Laboratory, University of South Carolina, Columbia, South Carolina, USA, the Rowett Research Institute, Aberdeen, Scotland, and the Virginia Institute of Marine Sciences (VIMS), College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, USA. (The IATTC also contributes financial support to some of the studies conducted at VIMS.)

### VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS

Dr. Kathryn Dickson of California State University at Fullerton spent most of January at the Achotines Laboratory, where she continued a study of the respirometry of tunas which she had begun during 1995. Mr. Koji Uosaki of the NRIFSF, Shimizu, Japan, completed a 1-year assignment at the IATTC's headquarters in La Jolla in May 1996. During this period, he worked with IATTC staff members on an analysis of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean during the 1988-1992 period and on various other aspects of bigeye tuna and billfish biology. Dr. Alain Fonteneau, an employee of the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) of France, spent most of 1996 at the IATTC headquarters in La Jolla, carrying out a comparative study of the important biological

parameters of the tropical tunas of various parts of the world. Mr. Naozumi Miyabe of the NRIFS spent 2 weeks at the IATTC headquarters, where he worked on bigeye tuna with several IATTC staff members. Dr. François Marsac of ORSTOM spent 2 weeks at the IATTC headquarters, where he worked with Dr. Fonteneau on preparations for the ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas) 25th Anniversary Tuna Symposium, which was held in the Azores, Portugal, on June 10-18, 1996. Dr. Pilar Pallarés of the Instituto Español de Oceanografía spent most of the second half of 1996 at the IATTC headquarters, where she worked with Dr. Fonteneau on (1) interactions among fisheries for yellowfin tuna and evaluation of changes in fishing power of purse-seine vessels in the Atlantic Ocean during the last 10 years, and (2) a synopsis of information on Atlantic bigeye tuna for the world workshop on bigeye tuna which was held in La Jolla in November 1996. Also, she worked with IATTC staff members on standardization of indices of abundance of tropical tunas in the Atlantic Ocean. Ms. Zoraida Guerrero, a student at the University of Panama, spent 5 weeks at the Achotines Laboratory in 1996, where she worked primarily with culture of algae and rotifers. Dr. Masato Iizawa of Fisheries and Aquaculture International Co., Ltd., Tokyo, Japan, spent 6 weeks at the Achotines Laboratory in 1996. Information on the purpose of his visit appears in the section entitled ***Early life history studies***.

### FIELD STATIONS

The IATTC maintains field offices in Manta, Ecuador; Ensenada and Mazatlán, Mexico; Panama, Republic of Panama; Mayaguez, Puerto Rico, USA; and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings data, 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 IATTC'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 regularly by IATTC employees.

In addition, the IATTC 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 reduce the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The enlargement of the laboratory facilities to accommodate the previously-described project involving the Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan, the government of Panama, and the IATTC was nearly completed during 1996. The work conducted at the Achotines Laboratory is described in the section entitled ***Early life history studies***.

### PUBLICATIONS

The prompt and complete publication of research results is one of the most important elements of the IATTC'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 and enlisting the interest of other scientists in the IATTC's research. By the end of 1996 IATTC staff members had published 141 Bulletins, 45 Annual

Reports, 8 Special Reports, 8 Data Reports, 8 books, and 463 chapters, papers, and articles in books and outside journals. The contributions by staff members published during 1996 are listed in Appendix 5 of this report.

## TUNA-BILLFISH PROGRAM

### THE FISHERY

The IATTC staff is concerned principally with the eastern Pacific Ocean (EPO; Figure 1), currently defined, for purposes of catch and effort statistics, as the area between the mainland of North, Central, and South America and 150°W.

#### *The eastern Pacific tuna fleet*

The IATTC staff maintains records of gear, flag, and fish-carrying capacity for most of the vessels which fish at the surface for yellowfin, skipjack, bigeye, or bluefin tuna in EPO. Records are not maintained for Far East-flag longline vessels, nor for sport-fishing vessels and small craft such as canoes and launches. The fleet described here includes vessels which have fished all or part of the year in the EPO for yellowfin, skipjack, bigeye, or bluefin tuna.

The owner's or builder's estimates of 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 short tons (ST) (46 metric tons (MT)); class 2, 51-100 ST (46-91 MT); class 3, 101-200 ST (92-181 MT); class 4, 201-300 ST (182-272 MT); class 5, 301-400 ST (273-363 MT); and class 6, more than 400 ST (363 MT). Except for longliners and the 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 95 to 20, where it has since remained, and their total capacity decreased from about 9 to 2 thousand metric tons. During the same period the number of purse seiners increased from 125 to 152, and their capacity increased from 27 to 106 thousand metric tons. The peak in numbers and capacity of purse seiners occurred from the mid-1970s to the early 1980s, when the maximum number of vessels, 282, and the maximum capacity, 168 thousand metric tons, were reached (Table 1).

The construction of new and larger purse seiners, which began during the mid-1960s, resulted in an increase in the total fleet capacity from 42 thousand metric tons in 1966 to 167 thousand metric tons in 1976. During the 1977-1981 period the fleet capacity remained fairly stable. 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. A major El Niño event began in mid-1982 and persisted until late 1983. The catch rates in the EPO has been low during the 1978-1981 period due to concentration of fishing effort on small fish, and the situation was exacerbated by the El Niño episode, which made the fish less vulnerable to capture. In 1982 the fleet capacity declined by 16 thousand metric 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 further, and the fleet capacity declined by 48 thousand metric tons during 1983 and 1984. The fleet capacity in 1984, about 107 thousand metric 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 120 thousand metric tons, but in 1986 it decreased slightly to about 114 thousand metric tons. During 1987, several new vessels were added to the fleet, and others returned to the EPO fishery from the western Pacific, causing the fleet capacity to increase to 132 thousand metric tons. This trend continued in 1988, resulting in a fleet capacity of 137 thousand metric tons. This was the greatest fleet capacity since 1982. In the spring of 1990, the U.S. tuna-canning industry adopted a policy of not purchasing tunas caught during trips during which sets on tunas associated with dolphins were made. This caused many of the U.S.-flag vessels fishing in the EPO to leave that fishery and enter the fisheries of the Atlantic or western Pacific. The U.S. canners have continued their "dolphin-safe" policy, resulting in further decreases in the number of U.S.-flag vessels fishing in the EPO, and a consequent reduction in the EPO fleet to 101 thousand metric tons in 1992. With increases in participation of non-U.S.-flag vessels in the fishery, the capacity has increased steadily since 1992, and the 1996 capacity was about 116 thousand metric tons.

The 1995 and preliminary 1996 data for numbers and carrying capacities of surface-gear vessels of the EPO tuna fleet are shown in Tables 2a and 2b. The EPO tuna fleet was dominated by vessels operating under the Mexican and Venezuelan flags during 1996. The Mexican fleet has been the largest fleet since 1987, with about 35 percent of the total capacity during 1996, while Venezuelan-flag vessels comprised about 17 percent of the total capacity. In 1990 the U.S. fleet included 29 large purse seiners, with a total capacity of about 27 thousand metric tons, but following adoption of the U.S. canners' dolphin-safe policy, this number decreased to 13 in 1991. During the 1992-1996 period it has ranged from 5 to 9 vessels. At the end of 1996, seven large U.S.-flag seiners, with a total of about 8 thousand metric tons of capacity, were operating in the EPO. The U.S. canners' dolphin-safe policy has not had a significant effect on the sizes of the other fleets operating in the EPO, but in recent years the number of sets made on dolphin-associated fish has decreased moderately (see the section entitled *Catches* and Table 5).

The majority of the total capacity of the EPO tuna fleet consists of purse seiners with capacities of more than 363 metric tons. This group of vessels comprised about 87 percent of the total fishing capacity operating in the EPO in 1996.

The average, minimum, and maximum metric tons of fleet capacity at sea (CAS) by month for the EPO during 1981-1995, and the 1996 values, are shown in Figure 2. These monthly values are the averages of the CAS estimates given in weekly reports prepared by the IATTC staff. The values for the 1981-1995 period were chosen for comparison with those of 1996 because the earlier years, when regulations were in effect, had somewhat different temporal distributions of effort due to restriction of yellowfin fishing in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA; Figure 1). Overall, the 1996 CAS values are similar to the 1981-1995 averages. During the 1981-1995 period an average of 51 percent of the surface fleet capacity was at sea during each month; in 1996 the average was about 53 percent. Thus, while the total capacity of the fleet in 1996 was near historical lows for the period following introduction of large purse-seine vessels, the ratio of the CAS to the total fleet capacity was greater than the average observed during the preceding 15-year period. The extremes in the average monthly CAS were observed in 1983-1984, during and following the 1982-1983 El Niño event, when the average monthly CAS was about 38 percent, and in 1989, when the average monthly CAS was about 61 percent.

### **Catches**

Annual estimates of the catches of the various species of tunas and other fishes landed by vessels of the EPO fleet which fish for tunas with surface gear are shown in Table 3. The sub-

surface (longline) catches of yellowfin, bigeye, and bluefin in the EPO are shown in Tables 12, 13, and 25, respectively. The catch data for skipjack are essentially complete except for insignificant catches made by the longline, sport, and artisanal fisheries. Recreational catches landed in California are included in the landings. In the case of bluefin, these landings have become an increasingly important component of the catch in recent years (Table 25).

There were no restrictions on fishing for tunas in the EPO during the 1981-1996 period, although regulations placed on purse-seine vessels directing their effort at tunas associated with dolphins have probably affected the way these vessels operate, especially during the late 1980s and the 1990s. Studies which may provide measures of this effect are currently in progress, but useful results are not yet available, so the statistics for 1996 are compared to those for 1981-1995. As mentioned in the previous subsection, there was a major El Niño event during 1982-1983 which made the fish less vulnerable to capture and reduced the numbers of vessels in the EPO. The fishing effort remained relatively low during 1984-1986.

The average annual yellowfin catch in the CYRA during the 1981-1995 period was 195 thousand metric tons (range: 82 to 267 thousand). The preliminary estimate of the 1996 yellowfin catch in the CYRA is 220 thousand metric tons. During the 1981-1995 period, the annual yellowfin catch from the area between the CYRA boundary and 150°W averaged 25 thousand metric tons (range: 12 to 47 thousand). The preliminary estimate of the yellowfin catch from this area for 1996 is 29 thousand metric tons. The estimated 1996 yellowfin catch from the EPO, 249 thousand metric tons, is well below the maximum of 289 thousand metric tons taken in 1989, but about 13 percent greater than the 1981-1995 average of 220 thousand metric tons.

During the 1981-1995 period, the annual catch of skipjack in the EPO averaged 81 thousand metric tons (range: 49 to 139 thousand). The preliminary estimate of the skipjack catch in the EPO in 1996, 108 thousand metric tons, is nearly 35 percent greater than the average of the annual catches for the last 15 years, exceeding those in all years except 1981 (120 thousand metric tons) and 1995 (139 thousand metric tons).

Prior to 1994 the average catch of bigeye in the EPO by surface gear was about 4 thousand metric tons (range: <1 to 15 thousand) (Table 3). Since 1993 the catches have increased to 29 thousand metric tons in 1994, 37 thousand metric tons in 1995, and 52 thousand metric tons in 1996. These increasing catches of bigeye resulted from the discovery, made during the early 1990s, that bigeye associated with floating objects, but well below the surface, can be detected with sonar and caught with purse seines. Many of these floating objects are fish-aggregating devices (FADs) placed in the water by the fishermen.

While yellowfin, skipjack, and bigeye comprise the most significant portion of the catch made in the EPO, bluefin, albacore, black skipjack, bonito, and other species contribute to the overall harvest in this area. The total catch of these other species in the EPO was about 9 thousand metric tons in 1996, the same as the 1981-1995 average (range: 2 to 17 thousand).

The 1995 catches in the EPO, by flag, and the landings of tunas caught by surface gear in the EPO, by country, are given in Table 4a, and preliminary estimates of the 1996 catches and landings are given in Table 4b. The estimated catch of all species in the EPO in 1996 was about 419 thousand metric tons, which exceeds the previous record total catch of 409 thousand metric tons, taken in 1995. Mexican-, Ecuadorian-, Venezuelan-, and Vanuatu-flag vessels harvested 35, 17, 16, and 8 percent, respectively, of the total EPO catch. 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. Preliminary landings data (Table 4b) indicate that, of the 421 thousand metric tons of tunas landed in 1996, 141 thousand metric tons (34 percent) was landed

in Ecuador. The landings in Mexico (120 thousand metric tons; 29 percent) and Colombia (54 thousand metric tons; 13 percent) were next in terms of magnitude. Other countries with significant landings of tunas caught in the EPO included Costa Rica (8 percent), the United States (5 percent), and Venezuela (5 percent). 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.

Tunas are caught in three types of schools by surface gear, those in which the fish are associated with dolphins, those in which the fish are associated with floating objects, such as logs, and those in which the fish are associated only with other fish. Data on the logged purse-seine sets of each type, the catches of yellowfin, skipjack, and bigeye tuna in these sets, and the total catches of these species by purse seines are listed in Table 5. The greatest numbers of sets on schools associated with floating objects and on schools of tuna associated only with other fish were made during the period from the mid-1970s to the early 1980s. Despite opposition to fishing for tunas associated with dolphins and the refusal of U.S. canners to accept tunas caught during trips during which sets were made on dolphin-associated fish, the numbers of sets made on fish associated with dolphins have decreased only moderately. The logged catches of tunas in these sets peaked at about 175 thousand metric tons in 1989, and then decreased to about 106 thousand metric tons in 1993. Since then, the logged catches taken in dolphin sets have increased, averaging about 122 thousand metric tons during 1994-1996.

The average annual distribution of logged catches of yellowfin by purse seiners in the EPO during the 1981-1995 period is shown in Figure 3, and a preliminary estimate for 1996 is shown in Figure 4. In 1996 the catches were relatively greater south of the equator and west of about 100°W. As fishing conditions change throughout the year, the areas of greatest catches vary. The catch of yellowfin during the first quarter of 1996 was generally restricted to regions inside the CYRA, primarily in nearshore areas along the coast of North and Central America, in the vicinity of the Costa Rica Dome, and between about 10°N and 18°N from about 100°W to 105°W. In addition, good fishing occurred offshore in the southern hemisphere between about 10°S and 18°S from about 80°W to 90°W. During the second quarter, catches continued to be made nearshore, with high catches being made between about 5°N and 23°N. An area of high catches evident in the southern Gulf of California during the first quarter extended well into the Gulf during the second quarter. During the second quarter the catches increased in the offshore area between about 5°N and 15°N from about 110°W to 125°W, along the confluence of the North Pacific Current and the westward-flowing North Equatorial Current. The catches near the Costa Rica Dome, which had been relatively high during the first quarter, decreased somewhat. During the third quarter, regions of relatively high catches occurred (1) in the area off Baja California between about 24°N and 27°N and in the southern part of the Gulf of California, (2) in the region of the Costa Rica Dome, (3) in the nearshore region off Ecuador and southern Colombia, and (4) in the offshore region between about 8°N and 16°N from about 115°W to 130°W. During the fourth quarter, fishing continued throughout most of the EPO, with areas of high catches scattered over the region. Somewhat concentrated areas of higher catches were located between about 8°N and 18°N from about 115°W to 125°W and in the area north of the Galapagos Islands. Also, the catches remained high in the area around the tip of Baja California.

The average annual distribution of logged catches of skipjack by purse seiners in the EPO during the 1981-1995 period is shown in Figure 5, and a preliminary estimate for 1996 is shown in Figure 6. In 1996 the catches were relatively greater south of the equator and west of about 100°W. High catches of skipjack were made during the first quarter of 1996 throughout the region between about 19°S and 7°S from about 77°W to 88°W. Another extensive region of high

catches was located well offshore from about 105°W to 135°W between about 11°S and 2°S. Less extensive areas of high catches were also located in and near the Gulf of Guayaquil, in the Panama Bight, and along the coast of Mexico from about 19°N to 24°N. During the second quarter, the zones of relatively high catches in the Panama Bight and Gulf of Guayaquil developed into a continuous zone of high catches along the coast of Central and South America between these regions. The extensive zone of high catches in the offshore region extended from about 85°W to 128°W between about 13°S and 6°S at the easternmost extension of the zone, and between about 9°S and 3°S at the westernmost, extension of the zone. The region of relatively high catches along the coast of Mexico persisted during the second quarter, exhibiting a slight northerly shift in the southern and northern limits of the region. During the third quarter, the offshore zone of high catches persisted between about 100°W and 125°W and from about 2°S to 10°S. The catches remained high in the Panama Bight region, but decreased significantly off the coast of Mexico. During this quarter an area of higher catches developed to the west of the Galapagos Islands, extending from about 90°W to 98°W between about 0° and 3°N. As the year progressed, the catches decreased in the Panama Bight, and by the fourth quarter there remained a few scattered regions of higher catches in the vicinity of the Gulf of Guayaquil. During the fourth quarter, regions of high catches were widely distributed in the offshore regions of the EPO and along the Inter-Tropical Convergence Zone from the coast of Ecuador to about 120°W.

The catch of bigeye by surface gear during the 1979-1993 period (IATTC Annual Report for 1995: Figure 6) was made in two principal areas, (1) between about 17°S and 9°S from about 80°W to 83°W extending to between 13°S and 10°S at about 90°W and (2) between about 5°S and 3°N at about 80°W to 88°W, extending westward to between about 0° to 5°N at about 105°W. With the development of catches of bigeye associated with floating objects, described above, the relative importance of the offshore areas has increased at the expense of the inshore areas (Figure 7). In 1996 (as in 1994 and 1995) areas of relatively high bigeye catches were found widely distributed between about 10°S and 2°S from about 100°W to 122°W, and between about 0° to 6°N from about 93°W to 115°W (Figure 8).

Under the terms of the convention which established the IATTC, the primary objective of the IATTC staff's research is monitoring the condition of the stocks of tunas and other species taken in the EPO by tuna fisheries. 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. Statistics for the global catches of tunas and related species for 1995, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 9 and 10. Statistics of the catches of the principal market species of tunas during 1976-1995, by oceans, appear in Table 6 and Figure 11.

### ***Catch per ton of carrying capacity***

The total catch per ton of carrying capacity (CPTCC) for the eastern Pacific Ocean (EPO) tuna fleet provides an index of trends in annual relative gross income for vessels of various size groups. To provide more detail in this index than would be available if the IATTC's historical six classes of vessel capacity classification were used, the following size groups have been identified: 1, <301 short tons (ST) (273 metric tons (MT)); 2, 301-400 ST (273-363 MT); 3, 401-600 ST (364-544 MT); 4, 601-800 ST (545-726 MT); 5, 801-1000 ST (727-907 MT); 6, 1001-1200 ST (908-1089 MT); 7, 1201-1400 ST (1090-1270 MT); and 8, >1400 ST (1270 MT).

Estimates of the CPTCCs for the 1986-1996 period are presented in Table 7 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 CPTCCs for the larger vessels, while other species, which include other tunas as well as miscellaneous fishes, make up an important part of the CPTCCs of the smaller vessels in many years. In earlier years, and in years in which 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 1986-1995 period the CPTCCs in the EPO for all vessels and all species averaged 3.0 tons of fish per ton of carrying capacity, with a range of 2.6 to 3.8; for yellowfin it averaged 2.2 tons, with a range of 2.1 to 2.4; and for skipjack it averaged 0.7 tons, with a range of 0.5 to 1.2. The preliminary estimates for 1996 are 3.6, 2.1, and 0.9 tons for all species, yellowfin, and skipjack, respectively. The only years in which yellowfin and skipjack combined constituted less than 90 percent of the total are 1994, 1995, and 1996.

## **YELLOWFIN QUOTAS**

The Director and scientific staff of the IATTC have the responsibility for conducting studies of the biology of the tunas and related species of fish inhabiting the eastern Pacific Ocean and the effects of fishing upon them, and recommending appropriate conservation measures when necessary so that the stocks of fish can be maintained at levels which will yield the maximum sustainable catches. The Director first recommended that an annual quota be set on the catch of yellowfin in the CYRA in 1962. However, the member governments could not reach agreement on a yellowfin quota until 1966. Agreement was reached on a quota for every year from 1966 through 1986 and 1988 through 1996. The Director did not recommend a quota for 1987 because, due primarily to exceptionally high levels of recruitment in 1984 and 1985, the abundance of yellowfin appeared to be at its greatest level in recent years.

The IATTC held its 57th meeting in La Jolla, California, USA, on October 21-23, 1996. The Director recommended a yellowfin quota of 235,000 short tons (213,188 metric tons) for that year, with the option to increase this limit by up to three increments of 20,000 short tons (18,144 metric tons) each. This quota was also adopted.

## **RESEARCH**

### ***Longline fishery studies***

Although most of the catches of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) are taken with surface gear, considerable amounts are taken by various longline fisheries. Billfishes make up a significant portion of the catches of fish taken by the longline fishery, whereas such is not the case for the commercial surface fisheries for tunas.

Japanese longline vessels began operating in the EPO during the mid-1950s. Beginning in 1963, Japanese scientists have made prolonged visits to the IATTC headquarters in La Jolla, where they and IATTC scientists have jointly analyzed data for the Japanese longline fishery in the EPO. The results of the analyses covering the period from 1956 through 1987 have been published in the IATTC Bulletin series and in other scientific journals. In May 1996 Mr. Koji Uosaki of the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan completed a 1-year stay at the IATTC headquarters in La Jolla, where he performed similar work with data for 1988-1992. Longline vessels of the Republic of China (ROC) and the Republic of Korea (ROK) also fish in the EPO, but to a much lesser extent than do Japanese vessels. The ROC vessels direct their effort primarily toward albacore, a temperate species which is rarely caught by purse-seine vessels, which direct most of their effort at tropical tunas.

A joint-venture longline fishery in Mexico, involving Japanese and ROK vessels, with crews consisting partly of Mexican fishermen, began in the EPO during the early 1980s. These operations were terminated in 1989. IATTC staff members based in Ensenada, Mexico, gathered catch, effort, catch-per-unit-of-effort, and length-frequency data for this fishery, and these data have been incorporated into the IATTC's various data bases.

Recently, there has been renewed interest in longline fishing in the EPO. A few small longline vessels had been fishing near Hawaii for many years, but recently that fleet has grown to about 160 vessels, and some of them operate at least part of the time in the EPO. A fleet of about 15 to 20 longline vessels based in Ventura, California, began operating in the EPO in late 1992, but only three of these vessels were active in that area during 1996. Several Mexican vessels based in Manzanillo were engaged in longlining during 1996, and data on the activities of these vessels were collected by IATTC staff members based in Mazatlan. In addition, there are now longline fleets operating out of Chilean, Costa Rican, and Ecuadorian ports, and entrepreneurs have expressed interest in establishing longline fisheries in other nations bordering the EPO.

With the increasing importance of this fishery, in both Latin America and the United States, it is necessary that the IATTC staff establish basic procedures for collection of information on fishing effort and catches so that the IATTC can meet its obligations for research and recommendations for management in the EPO and to ensure that the data collected in the EPO are consistent with those collected in other regions of the world. These data are essential for assessment of the various stocks of tunas and billfishes, and for analysis of the impacts on the species caught incidentally by these fisheries. To that end, the IATTC staff has updated the format of logbooks originally recommended by the Second *Ad Hoc* Consultation on Global Tuna Statistics convened by the Food and Agriculture Organization of the United Nations in 1987 to reflect changes in gear design and operation in anticipation of updating the formats of logbooks currently used aboard Latin American vessels. The IATTC staff has also held discussions with representatives of other organizations on designs of logbooks and data bases for the world's longline fleets.

### ***Size composition of the catch***

Length-frequency samples are the basic source of data used for estimating the size and age compositions 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 modeling. The results of age-structured population modeling 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 modeling can be used, in conjunction with growth estimates, for yield-per-recruit modeling. The results of such studies have been described in several IATTC Bulletins and in all of its Annual Reports since that for 1954.

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, northern bluefin, and black skipjack from purse-seine, baitboat, and recreational catches made in the eastern Pacific Ocean (EPO) are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, 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 886 yellowfin, 501 skipjack, 164 bigeye, 72 northern bluefin, and 24 black skipjack samples from the 1996 catch. Most of these were 50-fish samples. For all of the above species except black skipjack, the length-frequency samples are stratified by market-measurement areas (12), months, and years. The sampling procedures are explained in detail in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 6.

Figure 13 consists of histograms showing the estimated catches of yellowfin in the market-measurement areas of the CYRA (all except Areas 10 and 11 in Figure 12) in 1996. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. Although the size range is approximately the same in all areas, with nearly all of the fish being between 40 and 160 cm in length, the distributions differ considerably from area to area. The average weights range from 3.3 kg (7.3 pounds) in Area 6 to 22.6 kilograms (49.8 pounds) in Area 5.

Histograms showing the estimated catches of yellowfin in the CYRA during each year of the 1991-1996 period appear in Figure 14. The average weight for 1996, 10.2 kilograms (22.5 pounds), was the lowest for the 1991-1996 period.

Figure 15 consists of histograms showing the estimated catches of yellowfin in the area between the CYRA boundary and 150°W (Areas 10 and 11 in Figure 12) during each year of the 1991-1996 period. The largest modal group in the 1996 distribution is located between 120 and 140 cm, approximately the same location as the largest modes in the 1991, 1994, and 1995 distributions. The average weight for 1996, 16.4 kilograms (36.2 pounds), is close to those of 1993 and 1995, but less than those of 1991, 1992, and 1994.

Histograms showing the estimated catches of skipjack in the market-measurement areas of the EPO in 1996 appear in Figure 16. The data for the four northern areas (1, 2, 4, and 8) have been combined due to low catches in Areas 2, 4, and 8. Larger fish are most evident in the combined northern areas, Area 5, and Area 7, and smaller fish are most evident in Areas 13 and 11.

Figure 17 consists of histograms showing the estimated catches of skipjack in the entire EPO for each year of the 1991-1996 period. The average weight for 1996, 3.6 kilograms (8.0 pounds), was the greatest of the 6-year period.

Prior to 1994 the surface catch of bigeye in the EPO was incidental to that of yellowfin and skipjack, and the annual catches (Table 3) and numbers of length-frequency samples taken were considerably less than those of yellowfin and skipjack. In 1994, 1995, and 1996, however, more bigeye were caught and more samples were obtained. Histograms showing the estimated catches of bigeye in the market-measurement areas of the EPO in 1996 appear in Figure 18. The greatest catches occurred in Areas 6, 7, and 11. In these three areas the largest modal groups were between about 40 and 80 cm and 90 and 120 cm.

Figure 19 consists of histograms showing the estimated catches of bigeye during each year of the 1991-1996 period. The average weight for 1996, 9.4 kilograms (20.7 pounds), was the lowest of the 6-year period.

Northern bluefin are caught by surface gear off California and Baja California from about 23°N to 35°N, with most of the catch being taken during May through October. In 1996 bluefin were caught between 26°N and 33°N, and most of the catch was taken during July. Histograms showing the estimated catches of bluefin during each year of the 1991-1996 period appear in Figure 20. The numbers of samples obtained from the commercial and recreational catches were as follows:

Year	Commercial	Recreational
1990	14	0
1991	4	0
1992	1	1
1993	4	35
1994	2	11
1995	6	16
1996	67	5

The incidence of larger fish was greater in the catches of the commercial vessels. Four distinct modal groups, corresponding to 2-, 3-, 4-, and 5-year-old fish, are evident in the data for 1996.

Black skipjack are caught incidentally by fishermen who are directing their effort toward yellowfin, skipjack, and bigeye tuna. The demand for this species is low, so most of the catch is discarded at sea, but small amounts, mixed with the more desirable species, are sometimes retained. Annual percentage length-frequency distributions of black skipjack caught in the EPO during 1991-1996 are shown in Figure 21. The average weight for 1994 was much less than those for the other years, but this may not be significant, as the sampling during that year was inadequate. No attempt has been made to estimate the weights of the catches by size intervals.

### ***Identification of yellowfin and bigeye tuna***

The catch of bigeye by the surface fishery of the eastern Pacific Ocean has increased significantly since 1993. Because bigeye and yellowfin are similar in appearance, it is possible that they are sometimes misidentified by fishermen or IATTC employees. A recent study (IATTC Annual Report for 1991: 34-35) indicates that during 1987-1989 the ratios of bigeye to other tunas were not significantly different for vessels with observers who were especially trained to identify bigeye (0.0027) and vessels without such observers (0.0026), so it was tentatively concluded that bigeye were not misidentified as yellowfin during that period. Because of the importance of this matter, however, the IATTC staff has compared "conventional" estimates of the species compositions for specific vessels with estimates made by observers on those vessels. The conventional estimates are those recorded in the vessel logbooks, except that these are replaced by estimates made by IATTC port samplers for sets which were sampled by them.

For this purpose, only data for vessels with 100-percent observer coverage during 1994 and 1995 were used. Also, data for vessels which received bigeye from other vessels or gave bigeye to other vessels were excluded. (When a vessel is nearly full, and then it catches fish in excess of its unfilled capacity, it usually gives the excess to another vessel which is fishing nearby.) An individual observation was defined as a vessel's catch during an entire year. Forty-two such vessel-year observations were used.

The catch statistics published in Table 1 of the IATTC's Annual Reports for years previous to 1996 (Table 3 of this Annual Report) are based on conventional estimates. These could differ from the observers' estimates because of (1) errors in at-sea estimates of the weights of fish caught or (2) errors in species identification. Comparisons were made of the weights of bigeye recorded and of the percentages of tunas which were recorded as bigeye (Figure 22). The data from the two sources agreed fairly well in most cases, indicating that misidentification is not a serious problem.

In some cases cannery personnel estimate the proportions of bigeye in the catches, and this practice became more widespread in 1996. In 1997 the IATTC staff will assemble data to compare the cannery estimates with conventional estimates.

During 1996 a project was initiated to provide a definitive key, based on external morphological characteristics, for distinguishing these two species over the size range of fish captured in the surface fishery. The key will be utilized by IATTC port samplers and by observers aboard purse-seine vessels. Bigeye and yellowfin ranging in length from about 30 to 150 cm were used for this study. Each specimen was weighed and sexed, 16 of its body dimensions were measured, its gill rakers were counted, the size and morphology of its liver and swim bladder were examined, the otoliths were removed for later examination, and a muscle sample was taken for genetic analysis. In addition to defining a simple set of morphological characters for distinguishing



bigeye and yellowfin tunas, these data will be used to conduct a detailed comparison of various anatomical features of the two species.

***World-wide comparison of the biology of tunas, the fisheries for tunas, and methods used for tuna stock assessment***

Dr. Alain Fonteneau, an employee of the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), spent most of 1996 at the IATTC headquarters in La Jolla, where he worked on a comparative analysis of the main biological characteristics of tunas (primarily the tropical tunas, yellowfin, skipjack, and bigeye) and the tuna-fishing potentials of the Atlantic, Indian, and Pacific Oceans.

Although such comparisons are routinely made by scientists on a piecemeal basis, a comprehensive world-wide study had not previously been carried out. This comparison covers growth, natural mortality, movements and migrations, maturity and spawning, thermoregulation, the fisheries, and the relationships of the fisheries to major environmental characteristics. The methods of stock assessment used by scientists for the various species in the various areas are being compared and their results analyzed.

A summarized world-wide data base, combining data compiled by the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the Indo-Pacific Tuna Development and Management Programme, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, and the IATTC, has been prepared. This data base, which can be handled easily with "user-friendly" software on a personal computer, can be made available to any scientist interested in its use. The data base is useful for reviewing and comparing the levels, yearly trends, and variability of the tuna catches in the various oceans, relative to major characteristics, such as the sizes of the exploited areas, of those oceans.

Among the comparisons and analyses carried out were the following:

1. Comparison of the geographical distributions of the various species, as shown by catch and catch-per-unit-of-effort (CPUE) data for various gears for the 1952-1993 period;
2. Comparison of the annual and seasonal variabilities of the catches and CPUEs for the various fisheries of the various oceans, taking into account seasonal variation in environmental conditions;
3. Analysis of the relationships between the seasonal catches and CPUEs for the various fisheries and the major environmental parameters (sea-surface temperatures, temperatures at various depths, thermal gradients, and oxygen levels);
4. Comparison of the changes in the fishing areas exploited by the various fisheries relative to the changes in the levels of the catches. This analysis will allow a comparison between the catches of tunas and the biological productivity of each area.
5. Comparison of the size distributions of the tunas taken by the surface and longline fisheries of each ocean.

A critical review of the various methods used to carry out tuna stock assessments in each ocean is being conducted. This review, which is being carried out in conjunction with the comparisons of the fisheries, could lead to a better understanding of the potentials and limitations of the various methods. The effects of various potentially important factors, such as homing behavior, cryptic (unavailable) fractions of the various biomasses, and extent of mixing among various stocks, are being reviewed and integrated to develop recommendations for research leading potentially to improved stock assessments.

### ***Reproductive biology of skipjack tuna***

During 1996, analyses were conducted on the reproductive data obtained from samples of skipjack ovaries collected at canneries during 1995. That sampling was discontinued during the first quarter of 1996, when fish caught during 1995 were no longer being processed. The objective of this 1-year sampling project was to test the hypothesis (U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 512) that significant spawning of skipjack does not occur in the eastern Pacific Ocean (EPO).

The sampling at canneries began in January 1995 with the collection of ovaries from skipjack greater than 50 cm in length. By the end of the first quarter of 1996, a total of 76 samples (including 11 replicates), each consisting of approximately 25 females, had been collected, all from fish caught by purse seiners. Fish can be immature, maturing, reproductively-active, or resting. The characteristics used to classify the reproductive condition of the individual fish were (1) the mean diameter of the oocytes of the most developed mode and (2) the presence or absence of residual hydrated oocytes. A fish is classified as immature if the mean diameter of the most advanced group of oocytes is less than or equal to 0.2 mm and there are no residual hydrated oocytes present. Reproductive activity is certain for the fish with advanced yolked oocytes, which are equal to or greater than 0.55 mm in diameter. For the combined 65 independent samples, consisting of 1,547 ovaries, 429 (28 percent) were classified as reproductively active, and reproductively-active fish were found in 27 of the samples (42 percent) (Table 8). Based upon these samples, skipjack spawning in the EPO appears to be fairly widespread from around 15°N to 10°S and from the coast to about 130°W (Figure 23). Reproductively-active skipjack were present north of the equator throughout the year and south of the equator during the first three quarters of the year, with no apparent seasonal peaks in either stratum. Based upon the sea-surface temperature (SST) data collected in conjunction with catch information for each of these samples, skipjack are sexually inactive at SSTs less than 25° C. Of the 65 samples, 20, or 31 percent, were taken from skipjack captured at SSTs less than 25° C. In other words, just over half of the 38 samples which did not contain reproductively-active fish were obtained from skipjack captured at SSTs below those at which spawning occurs.

These results indicate that significant spawning of skipjack 50 cm or greater in length occurs in areas of the EPO where the SSTs are equal to or greater than 25° C.

In January 1996 the IATTC began a 2-year sampling program of skipjack gonads at sea by observers who are placed aboard purse-seine vessels primarily to collect data for the Tuna-dolphin Program. The objective is to obtain a comprehensive understanding of the reproductive biology and reproductive potential of skipjack in the EPO.

The experimental design calls for sampling of skipjack between 40 and 80 cm in length during two trips per quarter of purse-seine vessels departing from ports in Ecuador, Mexico, Panama, and Venezuela, for a total of 32 trips per year. The length and sex for each of 20 fish selected from each set (provided skipjack between 40 and 80 cm in length are caught) is recorded, along with capture information. Samples of ovarian tissue are placed immediately into vials with 10-percent neutral buffered formalin, making them suitable for detailed microscopic examination. As of the end of 1996, sampling had taken place on 33 trips, with 1,580 females sampled on the 29 trips which were completed at that time. Beginning in 1997, the tissue samples will be processed for preparation of slides. These slides will be examined microscopically to identify the stages of oogenesis, providing an accurate assessment of the reproductive status of each fish. Ovaries are also being selected during processing to be utilized for fecundity determinations.

A technician at the IATTC's Achotines Laboratory was trained during 1996 to perform initial processing of the ovarian tissue samples. The majority of the samples collected during this project will be transported to the Achotines Laboratory for initial processing.

### ***Age and growth of bigeye tuna***

An investigation of the usefulness of otoliths for estimation of the age and growth of bigeye tuna began in late 1995, and continued in 1996. An IATTC scientist is participating in a tag and release program directed at yellowfin and bigeye tuna near Hawaii, conducted by the Pelagic Fisheries Research Program at the Joint Institute of Marine and Atmospheric Research, School of Ocean and Earth Sciences and Technology, University of Hawaii at Manoa. Most of the bigeye have been injected with oxytetracycline to determine whether it is feasible to age bigeye by examining their otoliths.

Examination under ultraviolet light of sagittal otoliths extracted from bigeye which had previously been tagged and injected with oxytetracycline has revealed prominent fluorescent marks. Accordingly, the rate at which the increments are deposited can be estimated from the otoliths of tagged and injected fish which are subsequently recaptured, by counting the increments between the fluorescent marks and the edges of the otoliths and comparing the counts with the numbers of days at liberty.

During the periods of February 6-14 and November 4-22, 1996, 190 bigeye (40 to 70 cm in length) and 813 bigeye (36 to 105 cm in length), respectively, caught by trolling, handlining, and vertical jigging, were measured, tagged, injected with 1.5 to 6 ml of 100 mg/ml oxytetracycline hydrochloride solution, and released near NOAA weather buoy 2 (17°12'N-157°49'W) and Cross Seamount (18°44'N-158°16'W), off the island of Hawaii.

Over 100 fish have been recovered so far from the 1,043 bigeye which have been tagged and injected to date (including 40 tagged and injected in 1995). These have ranged from 38 to 99 cm in length at recapture.

### ***Bluefin studies***

Northern bluefin tuna apparently spawn only in the western Pacific Ocean (WPO). Juveniles in their first and second years of life are abundant off Japan. Some of these migrate to the eastern Pacific Ocean (EPO), where they are exploited, mostly as 1-, 2-, and 3-year-olds, by purse-seine and recreational fisheries off California and Baja California. As they approach maturity they return to the WPO. Others apparently spend their entire lives in the WPO. The proportions of the fish which migrate to the EPO and the ages at which they migrate vary considerably from year to year (IATTC, Bull., 20 (1)).

During the 1930s a scientist working with data for the WPO observed that a "certain connexion seems to exist between the incoming shoals of sardine [*Sardinops melanosticta*] ... on one side and the [bluefin] fishery on the other" (Japan. Soc. Sci. Fish., Bull., 5 (2): 87-90), above-average catches of bluefin occurring in the same years as above-average catches of sardines. Catches are not necessarily good indicators of abundance, but it seems highly likely that sardines are far more abundant during years of good catches than during years of poor catches.

Later another scientist hypothesized that "in years when sardines are abundant off Japan, a higher proportion of bluefin stay in the western Pacific compared to years when sardines are scarce" (Fish. Ocean., 5 (2): 114-119). He used data for 1951-1992 in formulating this hypothesis, which he evaluated by comparing the ratios of catches of bluefin in the WPO to catches of bluefin in the EPO and WPO combined with the catches of sardines in the WPO. Those years include periods of above-average (1954-1979) and below-average (1980-1992) catches of bluefin in the EPO and below-average (1951-1975) and above-average (1976-1992) catches of sardines in the WPO.

The bluefin feeding hypothesis has been re-examined, using data for sardine catches in the WPO for 1917-1994 and for bluefin catches in the EPO for 1918-1995. The IATTC staff has attributed the decreased catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s to a com-

bination of reduced abundance and reduced fishing effort in that area (IATTC Annual Report for 1995: 81). The effort directed at bluefin is believed to have decreased in recent years as the numbers of small California-based purse seiners, which are responsible for much of the catch of bluefin, have decreased in recent years (FAO Fish. Tech. Pap., 365: 460-475). In 1996, however, the catches of bluefin in the EPO were the greatest since 1976, which may indicate that abundance has more influence than fishing effort on the catches of bluefin in the EPO. Accordingly, the catches of bluefin may provide an acceptable index of their abundance.

The decreased catches of bluefin in the EPO during 1980-1995 coincide with the increased abundance of sardines in the WPO during 1976-1994, but the bluefin catches in the EPO were above average during most years of the 1930s, even though sardines were abundant in the WPO during that period. A locally-weighted regression model correlating bluefin abundance with the sardine abundance-year interaction was determined to be significantly better ( $P = 0.0091$ ) than a model correlating bluefin abundance with sardine abundance alone. Accordingly, the data have been divided into the early and late periods and the following correlations have been calculated:

Data	Degrees of freedom	<i>r</i> value
Sardines, Japan, 1917-1950, <i>versus</i> bluefin, EPO, 1918-1951	32	0.305*
Sardines, Japan, 1951-1994, <i>versus</i> bluefin, EPO, 1952-1995	42	-0.692**

\* significant at 5-percent level

\*\* significant at 1-percent level

A 1-year lag was selected for the sardine *versus* bluefin correlations because it takes a bluefin roughly a year to migrate from the WPO to the EPO (IATTC Bull., 20 (1)). There is a high negative correlation (-0.692) for bluefin *versus* sardines for the later period, but a significant positive correlation (0.305) for bluefin *versus* sardines for the early period.

Although it has been reported that sardines are an important component of the diet of bluefin in the WPO, there is no information as the sizes of the bluefin or the sardines. The bluefin which are caught as 1-year-olds in the EPO must have left the WPO when they were relatively small—perhaps before they were large enough to eat sardines. Further studies of the feeding habits of bluefin of different sizes in the WPO should be conducted. Then indices of abundance of recently-arrived bluefin of the appropriate ages in the EPO should be compared to indices of abundance of sardines and other important food items of the appropriate sizes in the WPO one year previously. (It is not possible to tell whether individual bluefin (other than 1-year-olds) have recently arrived in the EPO, but recent advancements in the chemistry of microconstituents (FAO Fish. Tech. Pap., 365: 381-401) indicate that this may be possible in the foreseeable future.)

### ***Swordfish studies***

For many years ratios of weights of gonads to weights of fish ("gonad indices") have been used as indices of their maturity. For swordfish, the equation  $GI = (W/L^3) \times 10^4$ , where  $GI$  = gonad index,  $W$  = weight of the combined ovaries in grams, and  $L$  = length of fish, in centimeters, from the posterior margin of the orbit to the fork of the tail, was used in IATTC Bulletins, Vol. 19, No. 1, and Vol. 20, No. 5, employing only fish of at least 150 cm in length. Fish with gonad indices of 7.0 or greater were judged to be mature. A better measure of maturity has been developed by an IATTC staff member and two employees of the Florida Department of Environmental Protection. They used data on the lengths of 85 female swordfish caught in the western Atlantic Ocean, weights of the ovaries of these, and information obtained from histological studies of the gonads. They found that the equation  $GI = \ln W / \ln L$ , with fish with  $GI$ s equal to or greater than 1.375 being considered to be reproductively active, gives results corresponding more closely to the

actual condition of the fish than does the original equation. They also found that this relationship applies to all females, rather than just those 150 cm or greater in length.

### **Early life history studies**

For many years fisheries scientists have believed that the abundance of a population of fish is determined principally during its 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. These considerations motivated the IATTC to establish a research facility at Achotines Bay in the Republic of Panama for the purpose of studying 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 24). The continental shelf is quite narrow at this location; the 200-m (109-fathom) depth contour occurs only 6 to 10 km (3 to 5 nm) from shore. This provides the scientists working at the Achotines Laboratory with ready access to oceanic waters where spawning of tunas occurs 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). Seawater pumped from Achotines Bay is suitable for maintaining 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.

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 abiotic factors, such as temperature and salinity, and biological factors, such as feeding and predation, can affect recruitment. As the survival of pre-recruit fishes is probably controlled by a combination of these factors, the research program addresses the interaction between the biological system and the physical environment.

Much of the early work at the Achotines Laboratory was devoted to developing methods of capturing, transferring, and maintaining live scombrids in captivity. Late-larval (late notochord flexion and post-flexion stages) and early-juvenile scombrids (approximately 8 to 35 mm standard length, SL) are captured for research purposes by nightlighting from a skiff. (Nightlighting consists of attracting fish to an underwater light at night and collecting them with a dipnet.) Yellowfin and/or bigeye tuna (hereafter, when appropriate, referred to as *Thunnus* spp.); black skipjack tuna, *Euthynnus lineatus*; frigate and/or bullet tuna, *Auxis thazard* and/or *A. rochei* (hereafter, when appropriate, referred to as *Auxis* spp.); sierra, *Scomberomorus sierra*; chub mackerel, *Scomber japonicus*; and striped bonito, *Sarda orientalis*, have been captured in this manner and held in the laboratory. (Larval and early-juvenile yellowfin and bigeye cannot be distinguished on the basis of morphological, meristic, osteological, or pigmentation characters; identification of early juveniles by electrophoretic means has been described (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 there is disagreement concerning the validity of these identifying characteristics.) Until recently, research at the Achotines Laboratory had been focused mostly on black skipjack, *Auxis* spp., and sierra, the most abundant scombrids in nearshore waters off the southern Azuero Peninsula. Beginning in 1996, research efforts increased to study the early life stages of yellowfin (*Thunnus albacares*) utilizing eggs spawned by the captive yellowfin broodstock at the Laboratory (see the subsection entitled **Yellowfin spawning**).

### ***Joint OFCF-Panama-IATTC project***

In December 1993, an agreement was reached by the Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) of Japan, the government of the Republic of Panama, and the IATTC to undertake a joint 5-year project, funded mostly by the OFCF, at the Achotines Laboratory. The objectives of the project are: (1) to culture adult yellowfin tuna to supply larvae and juveniles for research on its early life history; (2) to produce food organisms for the larval and juvenile tunas; and (3) to culture broodstock snappers (Lutjanidae), corvina-like fishes (Sciaenidae), and food organisms for their larvae and juveniles.

Expansion of and improvements to the infrastructure of the Achotines Laboratory were necessary to carry out the objectives of the project. Construction of four large concrete tanks, and seawater and life support systems to maintain the broodstock fishes were completed by mid-year. The dimensions and capacities of the tanks are as follows:

Tank	Diameter		Depth		Capacity	
	(meters)	(feet)	(meters)	(feet)	(liters)	(gallons)
1	17.0	56	6.0	20	1,361,900	359,800
2	8.5	28	3.0	10	170,200	45,000
3	8.5	28	1.5	5	85,100	22,500
4	8.5	28	1.5	5	85,100	22,500

The life-support system includes an aeration tower and protein fractionator for Tank 1, large sand filters and biofiltration for recirculated water for Tanks 1 and 2, and ultraviolet sterilization units and microfilters for all four tanks.

### ***Yellowfin broodstock***

Yellowfin in the size range of 2 to 7 kg (4 to 15 pounds) were collected in nearshore waters adjacent to the Achotines Laboratory to establish a broodstock population in the laboratory. Procedures for transport, handling, tagging, weighing, and measuring newly-captured yellowfin were developed. Each fish was tagged with a microchip implant tag in the dorsal musculature and injected with oxytetracycline (OTC) to establish a temporal mark in the otoliths and vertebrae. The tag allows each fish to be identified throughout its life in captivity, and injection with OTC will facilitate studies of the growth of the fish.

During the first six months of 1996, yellowfin were stocked in Tanks 2, 3, and 4 to conduct two experiments designed to: 1) examine the effects of the antimicrobial agent sodium nifurstyrenate (NFS) on bacterial skin infections caused by capture and handling; and 2) examine the short-term (2-3 weeks after capture) effect of OTC injection on the survival of captive yellowfin.

The first experiment was designed to determine if immersion of yellowfin in NFS prevents or reduces superficial infections, which could worsen and eventually result in mortality. NFS has been used by the National Research Institute of Aquaculture in Japan for the treatment of bacterial skin infections of young bluefin tuna caused by handling. Immediately after capture and transport to the laboratory, yellowfin were tagged with microchip implant tags in the dorsal musculature, measured, and weighed. The fish were randomly placed into either a 4.6-m (15-foot) diameter treatment tank or directly into Tank 3 or 4 without treatment. The fish in the treatment tank were immersed in a solution of approximately 7 ppm NFS for two periods of 1 hour each during a 24-hour period. Following the two immersion treatments, each fish was randomly placed into either Tank 3 or 4. Of the 38 yellowfin in the experiment, 19 were treated with NFS and 19 were not. The fish ranged from 55 to 77 cm (22 to 30 inches) in length and 3 to 7 kg (7 to 15 pounds)

in weight at capture. Of these, 8 treated fish and 10 untreated fish died due to eye and/or body infections. The daily survival rates of the fish in both treatments were not significantly different ( $P > 0.25$ ) over the 62-day post-capture period. Because the NFS treatment did not appear to be harmful, and some treated fish made significant recoveries from body infections, NFS is being used for the time being to treat recently-captured yellowfin at the Achotines Laboratory.

The second experiment was designed to determine if OTC injection has an adverse effect on survival of yellowfin in the laboratory. OTC injected into the musculature of tunas establishes a temporal mark in the otoliths and vertebrae that can be detected by microscopic examination with ultraviolet light (IATTC Bull., 17 (7) and 21 (2)). Subsequent growth increments and potential annuli deposited in the hard parts after the OTC mark could possibly be used to validate back-calculated lengths and weights at age, and to examine the influence of environmental variables and the onset of spawning on otolith and vertebral growth. Also, since it is an antibiotic, it might reduce the incidence of infections. It is, therefore, desirable to inject the broodstock yellowfin with OTC, providing that survival is not reduced by the procedure. Immediately after capture and transport to the laboratory, yellowfin were tagged with a microchip implant tag, measured, and weighed. Every second fish was injected in the dorsal musculature with 1.5 ml of 100 mg/ml OTC (approximately 0.3 to 0.7 ml/kg body weight). All but three fish were treated with an NFS solution, as described above, and placed in Tank 2. Of the 30 yellowfin captured for the experiment over a period of 1 week, 15 were injected with OTC and 15 were not. The fish ranged from 48 to 69 cm (19 to 27 inches) in length and 2 to 5 kg (4 to 11 pounds) in weight at capture. Only one fish died during the experimental period of 3 weeks; it had been injected with OTC, but had suffered abrasions to the head and caudal regions shortly after capture. Because OTC injection does not appear to affect short-term survival of captive yellowfin, OTC was administered routinely during 1996 to all newly-captured yellowfin at the Achotines Laboratory.

During the acclimation and grow-out periods in Tanks 2, 3, and 4, yellowfin were fed *ad libitum* twice daily. Their rations averaged approximately 8.6 percent of body weight per day during this period. The fish were fed predominantly squid (mostly *Loligo opalescens*) and anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), and occasionally flatiron herring (*Harengula thrissina*), chopped black skipjack muscle, and mullet (*Mugil curema*).

Forty-one of the healthiest yellowfin from Tanks 2, 3, and 4 were transferred to Tank 1 when it became fully operational in June. Some of the fish were remeasured and reweighed, and all were injected with OTC during transfer. Four yellowfin were left in Tank 2 to train new arrivals to feed in captivity. Twelve of the fish which were initially measured and weighed in April grew at an average rate of 0.146 cm (0.057 inches) per day for a period of 56 to 77 days in captivity. The initial size range of these fish was 60 to 72 cm (24 to 28 inches). An average growth rate in weight of 0.031 kg (0.068 pounds) per day was estimated for 8 of the 12 fish.

Collections of 2- to 5-kg (4- to 11-pound) yellowfin continued during July and August to augment the broodstock population. Newly-captured fish were held in Tank 2, and, after approximately 2 months in captivity, 14 of the healthiest fish were transferred to Tank 1. While in Tank 2, the yellowfin were fed squid and fish, at approximately 8 percent of body weight per day. The average growth rates estimated for the 14 fish during the 2-month period in Tank 2 were 0.2044 cm (0.080 inches) and 0.0594 kg (0.131 pounds) per day. In comparison, the *in situ* growth rate in length for tagged and recaptured yellowfin in the size range of 40 to 110 cm (16 to 43 inches) in the eastern Pacific Ocean has been estimated to be 0.102 cm (0.040 inches) per day (IATTC Bull., 17 (7)).

The diet of the yellowfin broodstock in Tank 1 is being carefully monitored to ensure that it provides enough energy to fuel high growth rates and spawning, but does not cause excess fat

deposition. A bioenergetics model, combined with growth rate estimates of the fish in Tank 1, is being used as a guideline for determining daily ration schedules. The proximate composition (protein, moisture, fat, and ash) of the food organisms and the broodstock fish (obtained from occasional mortalities and sacrificed individuals) are used to adjust the model. The food organisms have included squid, anchoveta, thread herring (*Opisthonema libertate*) and bigscale anchovy (*Anchovia macrolepidota*), and the diet is supplemented with vitamin and bile powders. Several specimens of each food taxon have been dried, homogenized, and analyzed for proximate composition by a laboratory in Aguadulce, Panama. On average, the anchoveta contain about 64 percent more calories and the thread herring about 116 percent more calories than the squid. By adjusting the quantities and proportions of squid and fish in the diet, the amount of food is kept high enough to avoid frenzied feeding activity, while not greatly exceeding the requirements for metabolism, growth, reproduction, and waste losses. The broodstock were fed at approximately 5 to 8 percent of body weight per day during 1996. During the year, four yellowfin were removed from Tank 1 to analyze their condition. The fish appeared to be in good health, and fat deposition was not excessive.

At the end of the year, there were 39 yellowfin in Tank 1. Twelve mortalities occurred during the year; these were due to blindness and/or starvation (4 fish), bacterial and/or parasitic infections (4 fish), and wall strikes (4 fish). The estimated lengths and weights of the captive fish at the end of the year in Tank 1 averaged 95 cm (37 inches) and 15 kg (33 pounds) and ranged from 79 to 117 cm (31 to 46 inches) and 12 to 20 kg (26 to 44 pounds). These estimates are based on average growth rates calculated for the fish from Tanks 1 and 2 which were sacrificed and for fish which were remeasured after approximately 2 months in Tank 2. At the end of the year, the biomass in the broodstock tank was estimated at 0.43 kg per cubic meter, which is approaching the target stocking density of 0.50 kg per cubic meter for the broodstock population. Tank 2 was restocked with 20 additional individuals and these fish will be held in reserve, should it be necessary to augment the population in Tank 1.

### ***Yellowfin spawning***

The broodstock yellowfin began spawning in October. This is the first spawning of yellowfin in a land-based tank anywhere in the world. When spawning commenced, there were 44 fish in Tank 1. The early spawning seemed to involve only two or three pairs of the largest fish (>90 cm (35 inches) in length). Each spawning event occurred around sunset, and was preceded by courtship behavior during the late afternoon. The courtship behavior included pairing of individuals, chasing, rapid color flashes exhibited by individual fish, and rapid horizontal and/or vertical swimming. The fish continued to spawn throughout the fourth quarter, and by the end of the year many of the fish were exhibiting courtship behavior prior to each spawning event. From the date of initial spawning to the end of the year (84 days total), there were 45 spawning events. Spawning generally occurred between 5 p.m. and 8 p.m., and the water temperatures in the tank during spawning ranged from 26.7° to 28.0°C (80.1° to 82.4°F).

The numbers of fertilized eggs collected after each spawning event ranged from about 100 to 770,000. The eggs were collected by several methods, including siphoning and dipnetting at the surface and collecting them in nets at several outflow pipes. During 1997, egg collections will be made with a fine-mesh surface egg seine, which will provide an entire sweep of the surface waters of the broodstock tank, allowing standardization of the egg collection effort.

The hatching rates of the eggs ranged from approximately 30 to 90 percent. The diameters of the eggs ranged from 0.90 to 0.95 mm, and the notochord lengths (NLs) (formalin-fixed) of the larvae at hatching ranged from 2.2 to 2.5 mm. The duration of the egg stage was about 24



hours, and the duration of the yolk-sac stage ranged from 50 to 72 hours depending on incubation temperature. The NLs (formalin-fixed) of the larvae at first feeding (eye pigmentation and mouth formation stage) ranged from 3.2 to 3.4 mm.

The following parameters were recorded for each spawning event: time of spawning, egg diameter, duration of egg stage, hatching rate, lengths of hatched larvae, duration of yolk-sac stage, and length and selected morphometrics of the first-feeding larvae. The weights of the eggs, yolk-sac larvae, and first-feeding larvae were periodically measured as well. These data will be entered into a data base, which will allow comparisons among spawning parameters and physical or biological factors which may influence spawning (*e.g.* water temperature, salinity, lunar cycle, average size of the spawning fish, and average daily ration of the spawning fish).

Several initial larval feeding trials were completed, using rotifers as food. The larvae survived up to 8 days after hatching. Extensive feeding experiments with yellowfin larvae are planned for mid-1997, when all phases of construction on the seawater and life support systems for the experimental tanks will be completed.

### ***Snapper and polla drum***

Spotted rose snapper (*Lutjanus guttatus*) and polla drum (*Umbrina xanti*) were collected to establish broodstock populations in captivity. Eighty snappers and 23 drum were held in broodstock tanks, and some of these were induced to mature and spawn with hormone treatments. The work was carried out by Dr. Masato Iizawa of the Fisheries and Aquaculture International Co., Ltd., Tokyo, Japan, Mr. Amado Cano of Panama's Departamento de Recursos Marinos, and staff members of the Achotines Laboratory. Dr. Iizawa's visit was sponsored by the OFCF.

Spotted rose snappers were induced to spawn twice during October. For fish that were captured in August, luteinizing-releasing hormone (LH-RH) pellets were used to induce spawning during early October. The hatching rate of the fertilized eggs was high (96.4 percent). Larval feeding trials were initiated, using both cultured rotifers and wild-caught zooplankton as food. The larvae appeared to prefer wild-caught zooplankton over rotifers, but rough ocean conditions at the time of the feeding trials precluded further collection of plankton. The larvae survived up to 7 days after hatching. During late October, fish that had been in captivity for approximately one year were injected with human chorionic gonadotropin (HCG), and spawning occurred 1.5 days later. The hatching rates of the fertilized eggs were less than 10 percent.

Polla drum were induced to spawn by injection of HCG in early October. The hatching rate of the fertilized eggs was high (93.5%), and the eggs hatched in the laboratory 20 hours after spawning. The first-feeding larvae were fed either cultured rotifers or a commercial pellet feed. At approximately 3 weeks after hatching, brine shrimp nauplii were added to the diet, and at approximately 5 weeks after hatching, the juveniles were fed microencapsulated feed, squid, and chopped fish. By the end of the year, the young fish had been cultured for 7 weeks after hatching, at which time the lengths ranged from 30 to 40 mm.

These induced-spawning trials represent the first time that spotted rose snappers and polla drum have spawned in captivity. Experiments are planned to determine the early development, growth, and food habits of these species.

### ***Propagation of black skipjack in the laboratory***

Fertilized eggs have been obtained from adult black skipjack tuna to supply newly-hatched larvae for experiments at the Achotines Laboratory. The fish are held in a 6.4-m (21-foot) diameter, 37,000-L (9,800-gallon) broodstock tank.

Spawning activity, which had resumed on May 17, 1994, after a 2-1/2-month hiatus, ceased on February 13, 1995. At that time the broodstock population was five. More black skipjack were collected in nearshore waters off Achotines during 1995, and by the end of the year the total population was 11. In February 1996 all the fish died, after having been fed a contaminated vitamin supplement. Subsequently 15 black skipjack, ranging in length from 40 to 50 cm (16 to 20 inches) were added to the broodstock tank. During June, however, 10 females and 2 males died, for unknown reasons. Efforts to restock the broodstock tank continued, and at the end of the year there were nine black skipjack, ranging in length from 42 to 47 cm (17 to 19 inches). These fish are being monitored for spawning activity.

#### ***Plankton sampling***

During April, live plankton was sampled in nearshore waters adjacent to the Achotines Laboratory to measure changes in volume due to fixation and preservation in 95-percent ethanol, Bouin's solution, and 5-percent buffered formalin. The volumes of the preserved samples were remeasured 4 months later. The estimated changes in volume will be used to adjust plankton volumes measured from preserved material collected during the IATTC's ichthyoplankton surveys in the northwestern Panama Bight during 1990 to 1993 (IATTC Bull., 21 (3)).

#### ***Respirometry***

Dr. Kathryn Dickson and four student assistants returned to the California State University at Fullerton early in the year, after spending about 6 months at the Achotines Laboratory. During their stay they conducted experiments to measure the maximum sustainable swimming speeds, metabolic costs of swimming, and swimming kinematics of juvenile tunas and sierra.

#### ***Oceanography and tuna ecology***

The high productivity of the eastern tropical Pacific Ocean (ETP) is due mostly to prevailing easterly winds and to prevailing currents which induce upwelling of cooler, nutrient-rich subsurface waters. Sometimes the strength of the easterly winds decreases, which results in reduced upwelling, higher sea-surface temperatures (SSTs), higher sea levels at coastal stations, deeper thermoclines, and changes in the distributions and amounts of rainfall in various areas. (The thermocline is the layer beneath the mixed layer where the temperatures decrease rapidly with depth. The depth of the 20-degree isotherm, which occurs at about the middle of the thermocline, is used in this report as a measure of the depth of the thermocline.) Periods when these conditions prevail are called El Niño episodes or events, and periods when the easterly winds are unusually strong, accompanied by below-average SSTs, lower sea levels, and shallower thermoclines, are called anti-El Niño episodes. The effects of an El Niño event are usually most apparent in the ETP between about 5°N and 15°S, but during strong episodes, such as that of 1982-1983, these effects can extend poleward as far as 40°N and 30°S.

El Niño and anti-El Niño events have considerable effects on success of fishing for tunas with surface gear. During an El Niño episode the biological production is below normal because of reduced upwelling of nutrient-rich subsurface water. In addition, since yellowfin and skipjack tuna nearly always remain above the thermocline, it is more difficult to catch the fish which are present when the thermocline is deep. In contrast, during anti-El Niño events the biological production is greater and the fish are more vulnerable to capture.

The IATTC staff analyzes physical conditions in the surface layers of the tropical Pacific Ocean by monitoring the SSTs, sea levels, thermocline depths, and Southern Oscillation Indices

(SOIs). The SOIs, the differences between the anomalies (departures from normal) of the air pressures at the sea surface at Tahiti, French Polynesia, and Darwin, Australia, provide measures of the strength of the southern tropical easterly winds. Positive and negative SOIs are associated with stronger-than-normal and weaker-than-normal easterly winds, respectively, although negative SOIs occasionally occur during what would otherwise be considered anti-El Niño events. Data on SSTs are obtained from fishing boats and other commercial vessels, data on the thermocline depth anomalies and the SOI come from the monthly *Climate Diagnostics Bulletins* of the U.S. National Weather Service, and sea-level data are supplied by the Specialized Oceanographic Center, Department of Oceanography, University of Hawaii.

#### ***El Niño and anti-El Niño events from 1970 to 1996***

There have been five significant El Niño events, each followed within 1 to 3 years by a significant anti-El Niño event, during the 1970-1996 period. The moderate El Niño episode of 1972-1973 was followed by a fairly strong anti-El Niño event during 1974-1975. A weak El Niño episode occurred during 1976-1977, and it was followed by a prolonged, weak anti-El Niño event from 1979 to 1981. The most intense and extensive El Niño episode of this century developed during the second quarter of 1982 and continued strongly through the third quarter of 1983. This El Niño event caused a great disruption in tuna fishing, which resulted in the lowest recorded tuna catches in the eastern Pacific Ocean (EPO) since the 1950s (Table 3). This event was followed in 1984-1985 by an anti-El Niño episode, during which fishing conditions in the EPO improved (Table 12). Two years later, in 1987, another El Niño event of moderate intensity developed, but, like most El Niño events, it was confined to the equatorial region south of 5°N. This episode apparently had little effect on tuna fishing, as the tuna catches in the EPO during 1987 were the third largest on record to that date (Table 3). During 1988 an intense and extensive anti-El Niño episode developed in the ETP and continued through the first half of 1989. During the early 1990s a slow-developing El Niño finally reached maturity during 1992-1993, and it was followed in 1995-1996 by the only significant anti-El Niño episode of this decade to date. Four environmental parameters whose values are indicative of El Niño and anti-El Niño conditions are depicted in Figure 25.

#### ***The anti-El Niño event of 1995-1996***

The anti-El Niño event of 1995-1996 began during the second quarter of 1995, and continued developing slowly during the second half of that year. During the first quarter of 1996 the low-level easterly winds were as much as 4 meters per second (8 knots) stronger than normal between 130°W and 160°W from the equator to 5°S. These winds were the strongest since those of the 1988-1989 anti-El Niño episode, and were an important cause of the strong upwelling and negative SST anomalies along the equator. The most significant negative temperature anomalies appeared in the equatorial region between 5°N and 5°S east of the international date line. Below-normal temperatures appeared also in some parts of the Peru Current offshore off Ecuador and northern Peru. Elsewhere in the ETP the SSTs were near normal. The sea level remained slightly below normal over much of the ETP. In addition, the thermocline was shallower than normal in the ETP (but deeper than normal in the western Pacific). The SOI became, on average, more positive. During the previous year, however, the SOI had displayed considerable variability, due in part to abnormal surface pressure conditions over the western Pacific Ocean and Australia.

During the second quarter of 1996 anti-El Niño conditions continued in the ETP. The equatorial easterly winds remained stronger than normal, with speeds up to 3 meters per second (6 knots) above normal south of the equator and east of 160°W. The SSTs were below normal over

most of the ETP, whereas in the central and western Pacific they were near normal. The SST anomalies for April, which are representative of this quarter, are shown in Figure 26. The greatest negative anomalies occurred along the equator east of 160°W and along the coast of Peru. The thermocline was shallower than normal between 5°N and 5°S east of 140°W and deeper than normal in the equatorial western Pacific. The SOI remained positive (0.6).

During the third quarter the SSTs were significantly below normal along the equator east of 140°W between 5°N and 5°S and off Mexico between 27°N and 12°N. In the coastal regions of Ecuador and Peru the SSTs were 1° to 2°C (1.8° to 3.6°F) below normal, which indicated that there was considerable upwelling in that area. Elsewhere in the ETP the SSTs were, on average, near normal. The below-normal SSTs resulted in fewer than usual tropical storms and improved fishing conditions in the CYRA (Figure 1) during the second and third quarters. In the ETP the depth of the thermocline was between 40 and 80 m (22 and 44 fathoms), which was within 10 m (5 fathoms) of normal; in the western Pacific its average depth was about 160 m (87 fathoms), which was 20 m (11 fathoms) deeper than normal. During this quarter the sea level continued to be 2 to 3 cm below normal off the coast of South America. The SOI remained positive (0.5).

The SST anomaly pattern during December (Figure 27), which was representative of the fourth quarter, shows near-normal SSTs over much of the ETP, indicating that the anti-El Niño was beginning to weaken. The SSTs remained significantly below normal, however, along the equator east of 160°W between 5°N and 5°S and in the coastal regions of Ecuador and northern Peru (Figure 27). Warming of the surface waters in the western Pacific can be a forerunner of El Niño conditions in the ETP, but by the end of 1996 there was no unusual warming there (Figure 27). The sea levels were below normal in the CYRA, and the thermocline was 10 m (5 fathoms) shallower than normal in the ETP. The SOI for the fourth quarter was again positive (0.5). The average value of the SOI for 1996 was also 0.5 (Figure 25, Panel D).

#### STATUS OF THE TUNA AND SWORDFISH STOCKS IN 1996 AND OUTLOOK FOR 1997

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 tuna*

The world catches of yellowfin have exceeded those of all other species of tuna except skipjack for many years. Yellowfin accounted for 32, 37, 38, 35, and 33 percent of the world catches of the principal market species of tunas (skipjack, yellowfin, bigeye, albacore, and northern and southern bluefin) in 1991, 1992, 1993, 1994, and 1995, respectively (Table 6). Yellowfin is the most important species taken by the surface fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO). During the 1970-1974 period, the percentage contributions of the various ocean areas to the world catches of yellowfin were as follows: EPO, 41 to 49; western Pacific, 23 to 28; Atlantic, 19 to 22;

Indian, 5 to 10 (Figure 28). The equivalent percentages for the 1991-1995 period were: EPO, 25 to 29; western Pacific, 33 to 37; Atlantic, 12 to 16; Indian, 19 to 29. It is evident that, although the catches of yellowfin in the EPO have increased substantially since 1970, the percentage increases in the catches in the western Pacific Ocean and the Indian Ocean have been even greater, so the EPO is now a relatively less important source of yellowfin than it was during the early 1970s.

### ***Indices of abundance***

It is necessary, when assessing the condition of a stock of fish which is exploited by a fishery, to have estimates of its abundance or, if that is not possible, estimates of its relative abundance. In general, it is not possible to make direct estimates of the abundance of a stock of fish, such as the yellowfin tuna in the EPO. However, it is possible to assess the effects that fishing has on the stock from estimates of its relative abundance. More specifically, it is necessary to calculate a series of estimates of the relative abundance of the stock for the period of interest. The IATTC staff uses three relatively independent methods to obtain indices of abundance of yellowfin.

### ***Cohort method***

The cohort method, which was first described on pages 62-64 of the IATTC Annual Report for 1972, requires that the fish which are caught be assigned to cohorts. (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 about 30 cm (12 inches) in 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 those of the Y73 cohort, which reached a length of about 30 cm in 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.) The IATTC staff estimates the monthly catches of fish of the X and Y cohorts, in numbers of fish, throughout their life spans (not more than seven years). Accordingly, there are fish of up to 14 different cohorts in the catch during a month. These data are used in cohort analyses (sometimes called virtual population analyses), which are discussed in detail in the subsection entitled ***Age-structured models***. This method is used to produce two indices of abundance, one for the total stock of fish recruited into the fishery (*i.e.* all fish which are equal to or greater than 30 cm in length) and the other for the larger fish (fish which have been in the fishery more than 17 months) only. These are shown in Figure 29. If the estimates of two other parameters which are used to carry out the cohort analyses, the assumed rates of natural mortality and the "initiating" rates of fishing mortality, are correct, or nearly so, the estimates obtained from these analyses will be close to the actual biomasses of the stock. It is not possible, however, to obtain accurate estimates of the natural mortality rates of tunas with the techniques presently available, so the estimates of biomasses of the stock derived from cohort analyses could be biased upward or downward. Such being the case, they should be regarded as indices which are useful for comparing interannual trends, rather than as measures of abundance.

### ***CPDF method***

The CPDF (catch per day's fishing) method, which was developed during the 1950s (IATTC Bull., 1 (2) and 2 (6)) and later modified to a more general form (IATTC Bull., 13 (3)), involves analysis of estimates of the CPDF by a hypothetical standard boat for a series of years. This method is discussed in detail on page 62 of the IATTC Annual Report for 1994. The annual trend

for this index (1967-1996) is shown in Figure 30, together with the index for the biomass of larger fish obtained with the cohort method (adjusted so that its mean is the same as that for the CPDF index).

### ***Searching-time method***

The searching-time method is described in IATTC Bulletins, Vol. 18, No. 4, and Vol. 19, No. 3, and pages 23-24 of the IATTC Annual Report for 1994. It is similar to the CPDF method, except that it is based on the amount of time that the boat spends searching for fish, *i.e.* the days of fishing minus the time spent making sets. It has been further refined by adjusting the searching times for factors, such as the speed of the boat, which have been found to influence the efficiency of searching. The annual trend for this index (1970-1995) is shown in Figure 31, together with the index for the total biomass (1967-1996) obtained with the cohort method (adjusted so that its mean is the same as that for the searching-time index).

The trends for all four indices (two from the cohort method and one each from the CPDF and searching-time methods) are similar, although the cohort index for large fish is more like the CPDF index (Figure 30) and the cohort index for all fish is more like the searching-time index (Figure 31). Two of the indices show the population increasing from 1982 to 1986, one shows it increasing from 1982 to 1985, and one shows it increasing from 1983 to 1986. The cohort index for all fish (Figure 31) shows a peak in 1988, followed by a decline to 1992, after which it remained about constant through 1996. The searching-time index (Figure 31) shows a decline from 1991 to 1995. The other two indices (Figure 30) showed no trends from 1987 to 1996.

### ***Stock assessment***

None of the stock assessment models discussed in this subsection would be applicable unless there is little or no exchange of yellowfin between the EPO and the regions to the west of it. The extent of exchange of yellowfin between these areas has been studied by examination of data on tagging, morphometric characters, catches per unit of effort (CPUEs), sizes of fish caught, *etc.*, and it appears that the mixing of fish between the EPO and the areas to the west of it is not extensive enough to invalidate the use of these models.

### ***Age-structured models***

Age-structured models make use of data on recruitment and on average rates of 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 compositions of the fish in the catches of yellowfin in the 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.

### ***Cohort analyses***

Cohort analyses performed by the IATTC staff have produced information concerning the relative abundance, mortality, and recruitment of fish of individual cohorts which has been highly useful for stock assessment. 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 annual coefficient 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 4.8 at 80 months. (Actually,  $M$  probably varies somewhat among cohorts.) Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, oceanographic conditions, 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 9. For the X68 cohort, for example, there was an average of 26,154,000 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 21.41, 17.43, 13.89, and 10.52 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 7.22, 4.51, 3.45, and 2.65 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 26.15, 14.66, 2.41, 0.97, 0.27, 0.08, and 0.06 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 1967-1996 are listed in Table 10. The estimates for 1991 through 1996 are preliminary and subject to change, however. This is because the fish of these cohorts are still exposed to the fishery, and future catches will affect the estimates of their recruitment. The averages of the initial recruitments (Columns 2-4) are 36 million for the X cohort and 43 million for the Y cohort; the averages of the average populations during the month of recruitment (Columns 5-7) are 35 million for the X cohort and 42 million for the Y cohort. The variability (ratio of the largest to the smallest estimate) among years for the initial recruitment is nearly the same for the X cohort (3.18) and the Y cohort (3.11), and that for the combined data (2.75) indicates an inverse relationship (not necessarily significant) for the two cohorts. The recruitment has been variable, but the average for 1977-1996 (86.4 million) has exceeded that for 1967-1976 (64.6 million). There appears to have been an upward trend in recruitment over the last 30 years or so, the initial recruitment averaging about 66, 76, and 91 million fish during the 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1996 periods, respectively (Figure 32). It could be argued, however, that this is due to chance variation, especially for the 1973-1996 period, when the initial recruitment has averaged about 84 million fish. The initial recruitment during 1994-1996 has averaged only about 80 million fish, whereas during 1986-1993 it averaged about 97 million fish.

The numbers of fish in Table 9 were converted to weights, using data on the average weights of fish of different sizes (Table 11) to estimate the average annual biomasses (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. Considerable adjustment of these initiating rates was done to obtain better comparisons of the annual average estimates of the biomasses of the cohorts (Figure 29) to the other estimated trends in abundance (Figures 30 and 31). The annual average biomasses, by age group, in Figure 33 were estimated by averaging the monthly values and combining the estimates for the seven X cohorts and the seven Y cohorts. 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 10) and their biomass (Figure 33, cross-hatched) was greatest at age 2. These cohorts were not fished heavily until 1987, when they were 2 years old (Figure 34). The initial recruitment of the X72 and Y72 cohorts combined (Figure 33, diagonal lines), on the other hand, was below average (Table 10), and after the Y-cohort fish were fished heavily as age-1 fish in 1973 (Figure 34) their biomass was relatively low (Figure 33) in the succeeding years.

The average annual biomass estimates for 1967 through 1996 for all fish equal to or greater than about 30 cm in length and for "large fish" (all fish which had been in the fishery more than 17 months) are shown in Figure 29. During 1967-1971 the total biomass averaged about 429 thousand metric tons. This was comprised of a large proportion of larger 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 larger fish from 1969 to 1974. The abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1973 year class (Tables 9 and 10). That year class accounted for most of the increase in total biomass in 1975 and 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 (Table 12). Below-average recruitment during 1975 and 1976, coupled with increased exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomasses of all fish and of larger fish decreasing until 1982, when they reached the lowest levels (183 thousand metric tons, of which 99 thousand metric tons were big fish) observed in recent history. Although the 1977 recruitment was well above average, exceeded only by those of 1973 and 1987, so many of these fish (and those of the 1978 recruitment) were captured as 1- and 2-year-olds (Figure 34) that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was below average from 1979 through 1982, above average in 1983 and 1984, below average in 1985, and above average from 1986 through 1995. Preliminary data indicate that the recruitment for 1996 was slightly below average. The total 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. It remained high until 1988, but declined after that, except for slight increases in 1993 and 1995. The biomass of large fish declined in 1990 and 1991, increased in 1992 and 1993, decreased in 1994, increased slightly in 1995, and then declined slightly in 1996.

The annual catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during 1970-1996 are shown in Figures 34 and 35. In Figure 34 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years, whereas in Figure 35 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year.

Comparison of Figures 33 (annual estimates of the biomass of the X and Y cohorts), 29 (annual estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 35 (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 1968 through 1991 (Figure 34) ranged from 134 thousand metric tons for the 1976 cohort to 371 thousand metric tons for that of 1987, with an average for the 24 groups of 219 thousand metric 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 cohort catches by the corresponding initial estimates of recruitment (Table 10) gives yield-per-recruit (YPR) estimates for each cohort (Figure 36) which varied from 1.7 to 3.5 kilograms (3.8 to 7.7 pounds). The low YPR for the X67 cohort was the result of low fishing effort, rather than large catches of small fish. The initial recruitment for 1967 through 1991 varied from 49 million to 135 million fish (Table 10), averaging 78 million fish, producing an average YPR of 2.8 kilograms (6.1 pounds).

### ***Yield-per-recruit analyses***

In addition to cohort analyses, yield-per recruit (YPR) 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 or increases. 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 catch or the effort. If the size at entry is greater than the critical size unlimited catch or effort can be permitted, but if the size at entry is less than the critical size restriction of the catch or 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. This matter will be discussed in the subsection entitled ***Spawner-recruit relationship***.

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 YPR model as described here, but it is automatically compensated for in production models, which will be discussed later.

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 116 cm (32 kilograms or 70 pounds). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably smaller than this. When 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 95 thousand metric tons for 1961-1970, as compared to about 76 thousand metric 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 maintain the stocks at levels capable of producing the average maximum sustainable yields (AMSYs). Actually, as discussed in the first paragraph of the subsection, it is not possible to realize the AMSY except with an infinite amount of fishing effort and complete control of the size at which the fish are harvested. However, management in accordance with the results of YPR modeling will provide yields which approach the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners. (The relationship between recruitment and spawning will be discussed below in the subsection entitled *Spawner-recruit relationship*.) The estimated YPRs produced by different combinations of size at entry and fishing effort for two time periods with different patterns of age-specific fishing mortality are shown in Figure 37. (Fishing effort will be discussed in more detail in the subsection entitled *Production models*.) Various combinations of fishing effort and size at entry give various YPRs, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon the growth-in-weight data shown in Table 11, coefficients of fishing mortality (Figure 38) obtained from estimating the biomass as described in the subsection entitled *Cohort analyses*, and estimates of the coefficients of natural mortality given in that subsection. During the 1978-1982 period the fishing effort was directed most at small and large fish and least at medium-sized fish, whereas during the 1991-1995 period the effort was directed most at large fish and least at small ones, with an intermediate amount of effort directed at medium-sized fish. The effects of this shift can be seen in the age-frequency histograms for the catch in Figure 35. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 32 kilograms (70 pounds), the critical size, and the YPR would be 4.3 kilograms (9.3 pounds). The actual size at entry is a little less than 1 kilogram (about 2 pounds). The sizes at entry which would produce the maximum YPRs for various multiples of fishing effort are shown in Figure 37 as dashed curves. For the 1978-1982 case, it can be seen in the upper panel of Figure 37 that if the size at entry were increased from 1 kilogram to about 14 kilograms (30 pounds) and the effort remained at about 33 thousand days (the 1978-1982 level), the YPR would increase from about 2.3 kilograms (5.0 pounds) to about 3.4 kilograms (7.4 pounds). For the 1991-1995 case (Figure 37, lower panel), changing the size at entry from 1 kilogram to about 14 kilograms and increasing the effort from 20 thousand days (the 1991-

1996 level) to about 33 thousand days would increase the YPR from about 3.0 kilograms (6.7 pounds) to about 3.8 kilograms (8.3 pounds). If the size at entry could be increased to the optimum, 32 kilograms, the YPR would be about 3.25 kilograms at 20 thousand days of effort and about 3.67 kilograms at about 33 thousand days of effort.

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 mostly small fish and some containing mostly 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 YPR more than indicated in Figure 37. It appears that this has happened in recent years.

The total yield is the product of the estimates of the YPR and recruitment. For example, the YPRs for the 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1996 periods are about 2.5 kilograms (5.6 pounds), 2.4 kilograms (5.4 pounds), and 3.1 kilograms (6.8 pounds), respectively (Figure 39). From the cohort analyses it was determined that the annual average YPR was about 2.7 kilograms (6.0 pounds) for 1967-1996. The yields obtainable with these YPRs and an initial recruitment of 86 million fish, the average for 1977-1996, are as follows:

Period	YPR in kilograms (pounds)	Recruitment in millions of fish	Yield in thousands of metric tons
1967-1975	2.5 (5.5)	86	215
1976-1984	2.4 (5.3)	86	206
1985-1996	3.1 (6.8)	86	267
1967-1996	2.7 (6.0)	86	232

The yield with the size-specific fishing mortality pattern of 1985-1996 is 30 percent greater than that with the pattern of 1976-1984. It has been pointed out in IATTC Annual Reports for previous years that a shift of fishing effort from smaller to larger fish would increase the YPRs 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, due to especially high recruitment during 1987, and then returned to catching larger fish during the 1989-1996 period (Figure 40). As can be seen in Figure 39, the YPR decreased to about 2.7 kilograms in 1988, and then averaged about 3.1 kilograms during the 1989-1996 period. Since 1974 the YPR within a year (Figure 39) has been highly correlated (Figure 41) with the average weight caught within that year (Figure 40). When a cohort is lightly fished, as was the case for those years previous to 1974, the curve in Figure 41 will not give an accurate prediction of the YPR.

#### *Spawner-recruit relationship*

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 YPR will not necessarily produce the maximum yield. If the fishing pattern has an impact on the future recruitment, the maximum yield can be obtained by controlling the fishing to optimize the product of cohort size and YPR. (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 yellowfin tuna within the range of abundance of spawners observed (Figure 42).)

### ***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 recently 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 (CPUE) (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 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 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 rarely exist. 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, due to excessive effort, 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." As stated above, none of the stock assessment models would be applicable unless there is little or no exchange of yellowfin between the EPO and the regions to the west of it. Prior to 1990, production modeling was done only for the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA; Figure 1), 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.

The applicability of production models can be assessed only if (1) there are catch and effort or catch 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 IATTC Annual Reports for previous years. These effects usually balance out over fairly short periods of time, although there is some evidence, which will be discussed later, that the productivity of yellowfin in the EPO has increased.

In this subsection only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated Class-6 purse seiners (greater than 400 short tons (363 metric tons) capacity) is used, except in the searching-time model. The CPDF values for 1967-1996 are shown in Figure 30. An index of abundance for 1970-1995 based on the searching-time model, which is similar to the CPDF model, is shown in Figure 31. Indices of the abundance of yellowfin derived from the cohort analyses described previously are also shown in Figures 30 and 31.

The CPDF data shown in Table 12 and Figure 30 indicate that the abundance of yellowfin in 1986 was the greatest for any year of the 1967-1986 period, and that since then it 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 1985-1996 have been even greater than what would have been expected from the results of an analysis based on data for 1967 to 1983, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lesser demand for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where these are most abundant, and (3) the greater average size of yellowfin taken, which resulted in a greater YPR. With reference to point (2), it should be noted that the searching-time model (Figure 31) includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur.

The symmetrical production model, described below, was first applied (IATTC Bull., 2 (6)) with baitboat catch, effort, and CPUE data for the inshore area (Figure 43) for the 1934-1955 period, 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 (Figure 43) are termed Areas A1, A2, and A3, respectively. If the exchange of fish among these three areas were instantaneous the AMSY of the three areas combined would be the same as that of Area A1 alone, and if there were no exchange 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 exchange 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 IATTC Annual Reports for previous years.

As mentioned previously, data which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY. 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 management 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 management 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.

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 have been discussed in IATTC Annual Reports for previous years. One of these employs the logistic or symmetrical model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and CPDF is linear. The other employs the general stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and CPDF 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, have been used. For all of the earlier fits the coefficient of catchability,  $q$ , was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for 1968-1982. The data used and the estimates obtained for these two curves (IATTC Annual Report for 1987: 49), were as follows:

Fit	$m$	$q$	Maximum sustainable yield (CYRA) in thousands of metric tons	Sum of squares (x 10 <sup>-9</sup> )
1	2.0	0.000039	158	2.224
2	0.8	0.000039	161	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 on page 70 of the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the CYRA stock to its optimum size the catch in the CYRA in 1986 should not exceed 224 thousand short tons (203 thousand metric tons). However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota for the CYRA was set at 205 thousand short tons (186 thousand metric tons). The catch in the CYRA in 1986 was 230 thousand metric 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 YPR. Fluctuations in recruitment and changes in age-specific fishing mortality have always created difficulties in applying the results of production model analyses. As has already been stated, the recruitment was above average during 1983-1991, and these above-average 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 a population crash and extremely low CPDFs in early 1989 were expected from the model. This, obviously, did not happen.

The lesser average YPR (Figure 39) during the 1976-1984 period, as compared to the 1967-1975 period, was offset by greater average recruitment (Figure 32) when computing the stock production. However, during the 1985-1996 period, both the average YPR and the average recruitment were greater than in previous years, resulting in increased stock production. During the three periods mentioned on page 39, the estimated initial recruitments, average weights (Figure 40), YPRs, potential yields, and annual catches for the EPO were as follows:

Period	Initial recruitment in millions of fish	Average weight in kilograms (pounds)	YPR in kilograms (pounds)	Potential yield (EPO) in thousands of metric tons	Observed catch (EPO) in thousands of metric tons
1967-1975	66	11.1 (24.4)	2.5 (5.6)	165	167
1976-1984	76	6.9 (15.3)	2.4 (5.3)	182	179
1985-1996	91	11.8 (26.0)	3.1 (6.8)	282	272

Since the average catches during the first two periods were roughly the same, fitting the production models to catch and effort data for 1968-1984 can be accomplished without difficulty. As both the recruitment and the YPR 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 1984-1996 (Figures 44 and 45, top panels). The results are as follows:

Period	$m$	Maximum sustainable yield (EPO) in thousands of metric tons	Sums of squares (x 10 <sup>-9</sup> )
1968-1983	2.0	192	1.7675
1968-1983	0.8	181	2.1395
1984-1996	2.0	292	0.8566
1984-1996	0.8	298	0.8624

The estimated equilibrium yields for the 1984-1996 period obtained from the production modeling seem too high, based on the fact that all of the catches since 1991 have fallen below the equilibrium line (Figures 44 and 45). Since the effort was relatively constant, especially from 1991 through 1996, some of the points for the 1991-1996 period should have fallen near or above the upper dashed line, rather than below it. This indicates that the stock has gone into a new level of productivity between the two dashed lines. The symmetrical model ( $m = 2.0$ ) seems to give a better fit (Figure 44), and its sum of squares is less. However, the YPR studies indicate that production curve should be asymmetrical.

In the lower panels of Figures 44 and 45 the observed CPDFs are compared to the expected CPDFs computed from the model, using values for  $m$  of 2.0 and 0.8 and data for two different time periods. It can be seen that they have corresponded fairly well, on the average, over most of the years shown, but that they are beginning to diverge. 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. The difference in the trend for 1993-1996, however, is most likely due to a change in the productivity of the stock.

#### ***Status of the stock during 1996 and considerations for 1997***

Cohort analysis provides estimates of the number and weight of fish of each age group in the fishery at the beginning of 1997, and also provides the basis for estimating the catch during 1997, provided certain assumptions regarding the numbers of fish recruited and the age-specific fishing mortality during 1997 are fulfilled. The recruitments during 1996 and 1997 have been assumed to be equal to the average of those for 1989-1996 and the age-specific fishing mortality during 1997 to be equal to that for 1996. The assumption regarding age-specific fishing mortality implies that the fishing effort during 1997 will be the same as that during 1996. The results indicate that the catch during 1997 should be equal to that of 1996 unless the effort changes. 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 1997 catch, with effort at the 1996 level, will be less. If the recruitments during 1996 and 1997 prove to be below or above average the 1997 catch will be less or more than expected, of course.

The YPR analyses demonstrate that the YPR, at current effort levels, would be about 30 percent greater if in the future the fleet continues to concentrate on larger fish, as during 1991-1995, rather than on smaller fish, as during 1978-1982 (the difference, at 20 thousand days, between the solid and dashed curves in Figure 46). The effort during 1991-1995 was about 20 thousand Class-6 purse-seine days per year, whereas it averaged about 33 thousand days per year during the 1978-1982 period. A reduction from 33 to 20 thousand days during the earlier period would have produced an increase of about 2 percent in the catch and an increase of about 68 percent in the CPDF. Therefore, the combination of increased YPR and decreased effort would produce an increase of about 33 percent in the YPR ( $1.02 \times 1.30 = 1.33$ ).



The effects of two different average levels of recruitment, those for 1991-1995 ("high") and 1978-1982 ("low"), combined with the average age-specific fishing mortality for 1991-1995, are shown in Figure 47. The catch is about 20 percent greater with high recruitment than with low recruitment at either the 1978-1982 or 1991-1995 levels of effort.

The combined effects of high recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1991-1995 *versus* average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 are shown in Figure 48. In this instance the catch in the first case exceeds that for the second case by an average of 62 percent for effort levels between 10 thousand and 35 thousand days. A little less than half of the increase in the estimated catch comes from increased recruitment and a little more than half from increased YPR.

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 through 1997. Obviously, these estimates have not been representative of conditions in the fishery since 1983 or 1984. As noted above, age-structured analyses demonstrate that major changes in age-specific fishing mortality and recruitment occurred between 1983 and 1985, and these caused the production from the stock to be much greater than expected from the production 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 44 and 45). With the re-estimated parameters of the model, it is estimated that the equilibrium catch for the EPO for 1997, with the reduced effort levels of 1992-1996, should be approximately 263 to 272 thousand metric tons. With this reduced level of effort, the two production models indicate that the CPDF should be between 15 and 16 metric tons. These values are almost certainly too high; it is more likely that the CPDF will be about 11 to 14 metric 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 42). This adds to the difficulties in making short-term forecasts with production models. If the forecasts from this model are to be improved, it is necessary to use information about the recruitment. It would be best to be able to forecast the recruitment a year or two in advance, but it is currently not possible to do this. The yield curves derived from the YPR models for the 1978-1982 and 1991-1995 periods (Figure 48), plus the points and production curves for the 1968-1983 and 1984-1996 periods (top panel of Figure 45), are shown in Figure 49. During the 1968-1983 period, when there was considerable interannual variation in effort, but the average catches were roughly the same for reasons discussed on page 47, the curves for the two models correspond well to one another. For the 1984-1996 period, however, when there was little interannual variation in effort, the two curves do not correspond well to one another. The YPR model indicates that the amounts of effort during the 1984-1996 period were near or greater than that necessary to produce the maximum catch, whereas the production model indicates that these amounts of effort were all below that level.

In summary, evaluating the effect of fishing upon 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, YPR, and production, to arrive at what are believed to be the most reasonable conclusions.

The foregoing YPR analyses, as shown by the dashed curve in Figure 48 and the lower panel of Figure 49, demonstrate that the current effort level (21 thousand Class-6 days) was in the range of the levels (18 to 22 thousand days) needed to harvest the AMSY. Also, it shows that

the actual catch varies in accordance with the amount of recruitment and the age-specific fishing mortality (Figures 46-48). In 1996 the YPR decreased relative to those for 1992-1995.

The equilibrium catch with the 1996 age-specific fishing mortality, a recruitment of 85 million fish (the average of 1989-1996), and 21 thousand days of effort would be about 228 thousand metric tons per year, but it would take several years to reach equilibrium; the catch in 1997 would be about 249 thousand metric tons. If the effort were increased to about 23 thousand days, the equilibrium catch would be about 226 thousand metric tons, but in 1997 the catch would be about 264 thousand metric tons. It should be noted that increasing the effort from 21 to 23 thousand days (a 10-percent increase) would decrease the equilibrium catch by about 2 thousand metric tons (a decrease of less than 1 percent), but the equilibrium CPDF would drop from about 10.9 to about 9.8 metric tons per day (an 11-percent decrease).

Use of current estimates of the parameters of the production model (Figures 44 and 45, late period) produces estimates of the stock size which are substantially above the optimum level. If such is the case, the fishery could easily harvest more than the AMSY, say about 325 thousand metric tons per year from the EPO, with about 275 to 285 thousand metric tons of that coming from the CYRA. For two reasons, however, caution should be exercised in using the production model values. First, the effort level has been almost constant since 1984 and the observed values of the catches and the CPDFs have been substantially less than the predicted values (Figures 44 and 45, lower panels). (The parameters have been estimated from data for 1984 through 1996.) Under these conditions, the estimates are very imprecise. Second, recruitment (Figure 32) appears to have been declining during recent years, and if it continues to do so, or stabilizes at the 1991-1996 level, re-estimates of the parameters of the production model will indicate that the productivity of the stock is less than previously indicated.

As was pointed out at the 57th meeting of the IATTC in 1996, in recent years the fleet has been directing a greater portion of its effort toward fish not associated with dolphins. Fish caught in free-swimming schools or in association with floating objects are smaller than those caught in association with dolphins (Figure 50), so the shift in fishing modes is probably causing the sustainable catch of yellowfin in the EPO to decline. Also, the annual effort has increased by 16 percent in the last five years, and the YPR analyses indicate (Figure 49, lower panel) that this is greater than the optimum level of effort and could cause a slight decline in the sustainable production. These declines would take several years to manifest themselves fully.

### ***Skipjack tuna***

The world catches of skipjack have exceeded those of any other species of tuna for many years. Skipjack accounted for 53, 46, 45, 47, and 49 percent of the world catches of the principal market species of tunas (skipjack, yellowfin, bigeye, albacore, and northern and southern bluefin) in 1991, 1992, 1993, 1994, and 1995, respectively. In the Pacific Ocean 58, 50, 52, 52, and 57 percent of the catches in 1991, 1992, 1993, 1994, and 1995, respectively, were skipjack. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 51. The catches in the Pacific Ocean are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans, and the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific Ocean (EPO). The catches in the EPO have not shown an upward trend during the 1961-1996 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, and offshore south of 10°N. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two

areas is apparently nearly devoid of skipjack in most years (Figures 5 and 6), but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack seems to have 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, especially 1995 and 1996, greater portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific Ocean there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and the Society Islands. Further to the west, particularly between 10°N and 10°S east of 140°E, there are much more substantial fisheries for skipjack.

The total catches of skipjack in the EPO vary considerably from year to year (Figure 51), and the locations at which the fish are caught also vary from year to year. 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 1996 the greatest catches were made between about 10°N and 15°S from the coast of the Americas to about 140°W (Figure 6).

The size compositions of skipjack samples taken in the EPO during 1991 through 1996 are shown in Figure 17. Differences among years are apparent; the fish were larger during 1991, 1994, and 1996 than during the other years.

Tunas are caught in three types of schools, those in which the fish are associated with dolphins, those in which the fish are associated with floating objects, such as logs, and those in which the fish are associated only with other fish. Unlike yellowfin, skipjack are not often caught in schools associated with dolphins. Data on the numbers of logged purse-seine sets of each type, the catches of yellowfin, skipjack, and bigeye in these sets, and the total catches of yellowfin, skipjack, and bigeye are listed in Table 5. The greatest numbers of sets on schools associated with floating objects and on schools of tuna associated only with other fish ("free-swimming schools") were made during the period from the mid-1970s to the early 1980s, and the greatest catches of skipjack were made during this period. There is currently considerable opposition from some environmental groups and some individuals concerned with the environment to fishing for tunas associated with dolphins, so if the vessels which have fished in that manner in recent years were to direct their effort to fishing for schools of tuna associated with floating objects and free-swimming schools the catches of skipjack would probably increase.

### ***Population structure***

Skipjack occur throughout the tropical and subtropical waters of the Pacific Ocean, and it is known that there is considerable exchange of fish among areas (Figure 52). It is of fundamental importance to determine whether these fish 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, biochemical genetic data, and data on chemical composition of the otoliths of the fish. 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 1979, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail on pages 88-91 of the IATTC Annual Report for 1983. In summary, there were two principal hypotheses for skipjack in the Pacific Ocean. The separate-subpopulation hypothesis stated that there are two or more genetically-distinct subpopulations of skipjack in the

Pacific Ocean, and the clinal hypothesis stated 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 separate-subpopulation or the clinal hypothesis. Subsequent studies, described on pages 69-71 of the IATTC Annual Report for 1994, have not furnished information which would serve better as the basis for management decisions. (Those studies should not be considered as futile, however, as the information from them may eventually be combined with information to be gathered in the future to achieve a much greater understanding of the stock structure of skipjack in the Pacific Ocean.)

### ***Abundance, availability, and vulnerability to capture***

As stated above, the apparent abundance of skipjack is highly variable in the EPO. This is believed to be due more to the effects of environmental conditions than to the effects of fishing. A study of the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the EPO has been published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, and some of the results are summarized on pages 71-72 of the IATTC Annual Report for 1994. 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. The problem might be partially 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.

### ***Indices of abundance***

Estimates of the relative abundance of skipjack in the EPO have been calculated from catch and effort data in various ways. Even though the purse-seine and baitboat fisheries of the EPO are directed primarily toward yellowfin and skipjack, and the ranges of these two species are similar, there are area-time-fishing mode strata in which the catches of skipjack are negligible, or nearly so. Specifically, skipjack are seldom caught in purse-seine sets on dolphin-associated tuna, and there are areas, *e.g.* the area off southern Mexico (Figures 5 and 6), where only small amounts of skipjack are caught. Also, as mentioned above, fishermen sometimes pass up opportunities to catch skipjack so they can search for yellowfin. Most investigators have taken these facts into account when calculating indices of abundance for skipjack.

The CPUEs of skipjack, in catch per Class-3 baitboat (101 to 200 short tons (92 to 181 metric tons) capacity) day's fishing, were used as estimates of abundance of skipjack during the 1934-1954 period (IATTC Bull., 1 (7)). No adjustments were made for any of the factors mentioned in the previous paragraph. These estimates are shown in Figure 53.

Another study (IATTC Bull., 13 (1)) was based on purse-seine and baitboat data for 1951-1965. Data for the distributions of the catches for each year were examined, and the data for areas with lesser catches of skipjack were excluded. The areas for which the data were excluded differed among years because the distributions of the areas of greatest catches differed among years. Then the catches per day of fishing were calculated for Class-4 baitboats (201 to 300 short tons (182 to 272 metric tons) capacity) for 1951-1965 and Class-4 purse seiners (201 to 300 short tons capacity) for 1960-1965, and these were used as indices of abundance of skipjack for those years. These estimates also appear in Figure 53.

In a third study (IATTC Bull., 19 (6)) purse-seine and baitboat data were used to estimate indices of abundance of skipjack for 1961-1984. Twenty-two 5° x 5° areas were recognized as "skipjack areas," and data for fishing effort in other areas were excluded from the analyses. Data for purse-seine sets made on dolphin-associated fish were also excluded. The data were adjusted to compensate for increased successful-set ratios for skipjack over the period under consideration. Then the catches per day of fishing for Class-3 and Class-6 purse seiners (more than 400 short tons (363 metric tons) capacity) and for Ecuadorian baitboats were calculated. The estimates for Class-6 purse seiners and Ecuadorian baitboats are also shown in Figure 53.

Most recently, CPUE data for yellowfin and skipjack combined for 1959-1996 have been used to calculate indices of abundance of these two species. The data for 1968-1996 are catch per day of fishing (CPDF) data for Class-6 purse seiners. Those for 1959-1967 are catch per standardized day of fishing (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 1968-1996 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 combined taken by all surface gear east of 150°W for each year were divided by the CPDF for both species combined 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. No adjustments have been made to compensate for fact that not all of the fishing effort in the EPO is directed toward skipjack. These estimates also appear in Figure 53.

The CPUEs are greater for the 1960s than for the preceding and following years. There are four possible reasons for this. First, the fish may have been more abundant or more vulnerable to capture during the 1960s. Second, for the data in the second and third panels, the procedures used for elimination of data for areas in which the fishing effort was directed primarily at species other than skipjack may not have fully accomplished their purpose. Third, for the fifth panel, no attempt was made to eliminate data for areas for which the fishing effort was directed primarily at species other than skipjack. Fourth, for the third and fifth panels, some or all of the factors used for conversion from one type of effort to another may have been biased.

In the opinion of the IATTC staff, none of these estimates is satisfactory, and further studies are warranted.

### ***Stock assessment***

It has long been known that there is exchange of fish between the EPO and the central and western Pacific Ocean (Figure 52). There are no measures of the amount of this exchange, however.

The catches of skipjack in the EPO are more variable than those of yellowfin. This is partly because the abundance, availability, and/or vulnerability to capture is more variable for skipjack than for yellowfin in the EPO. The CPUEs of skipjack vary among years by a factor of about seven (IATTC Bull. 19 (6): Tables 9 and 10), whereas those of yellowfin vary among years by a factor of about three (Table 12). There are two causes for the greater variability of skipjack. First, the recruitment of skipjack (IATTC Bull., 19 (6): Table 14) is more variable than that of yellowfin (Table 10). Second, fewer age groups of skipjack than of yellowfin are caught, and the presence of more age groups tends to dampen the year-to-year fluctuations in the catches. In addition to the above, there are economic factors to be considered. As larger boats replaced smaller ones

during the 1970s and 1980s greater proportions of the fishing effort were exerted further offshore, where skipjack were less abundant or more difficult to catch. Also, fishermen sometimes passed up opportunities to catch skipjack in areas where they are relatively abundant and easy to catch because the canneries would not accept them or because the prices were considerably less than those for yellowfin. During the early 1990s fishermen discovered that bigeye tuna associated with floating objects, but well below the surface, can be detected with sonar and caught with purse seines. This fishery was pursued mainly between about 10°N and 15°S between the coast and about 140°W. In addition to bigeye, large amounts of skipjack and juvenile yellowfin are taken by this fishery. This fishery was largely responsible for the above-average catches of skipjack during 1995 and 1996.

### *Age-structured models*

The yield-per-recruit (YPR) approach to age-structured modeling is discussed in the section of this report dealing with yellowfin. Estimates of the YPRs which could be obtained with various combinations of size at entry and fishing mortality are calculated. In most cases the results indicate that (1) the YPRs will be greater if smaller fish are not exploited and (2) if fish below the critical size are caught, the YPRs will be greater at intermediate than at high levels of effort. However, if the population is not closed, and fish enter the fishing area, stay a short time, and then leave, there may be no reason to avoid the capture of small fish or limit the fishing effort. A YPR analysis, based on the assumption that the skipjack of the EPO constitute a closed population, has been performed. The YPRs for skipjack with various combinations of natural mortality, fishing effort, and size at entry are shown in Figure 54. The IATTC staff's estimates of size-specific fishing mortality for 1986-1987 and of growth and natural mortality 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	$\log w = 3.335 \log l - 8.250$	IATTC Bulletin, Vol. 4, No. 2

An annual coefficient of natural mortality of 1.5 (about 78 percent) was 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 YPRs, which are indicated by curves. For example, if the multiplier is fixed at 1 and the size at entry at 40 cm (about 1.2 kilograms or 2.7 pounds) the YPR would be about 0.719 kilogram (1.59 pounds). If the multiplier is fixed at about 3 and the size at entry at about 48 cm (about 2.3 kilograms or 5.0 pounds) the maximum YPR of about 0.735 kilograms (1.62 pounds) could be achieved. At the 1986-1987 level of effort an increase in the size at entry from 30 to 40 cm would increase the YPR from about 0.712 to about 0.717 kilogram, an increase of less than 1 percent. At the 1986-1987 size-specific fishing mortality, doubling or tripling the fishing effort would result in increases in the YPR to about 0.721 or 0.725 kilogram, respectively, increases of less than 2 percent. The greatest possible increase, about 3 percent, could be achieved by increasing the size at entry to about 48 cm and tripling the fishing effort. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality 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, are discussed in the section of this report dealing with yellowfin. Data for CPUE and effort are examined to see if the former is related to the latter; if such is not the case fishing effort may not be affecting the abundance of the fish. Data for CPUE of skipjack and fishing effort in the EPO have been examined, and no significant relationships have been found. The lack of a relationship has been attributed to the possibility that the arrival and departure of skipjack from the central and/or western Pacific has a greater influence on their abundance in the EPO than does the fishery. In addition, however, there is the problem of determining which effort should be considered skipjack effort because, as stated above, skipjack are not the primary target of the fishery.

### ***Spawner-recruit relationship***

Spawner-recruit models are discussed in the section of this report dealing with yellowfin. It is not possible, due to lack of knowledge of the stock structure, to apply these models to skipjack in the Pacific Ocean in a meaningful way. Skipjack are less heavily exploited than most of the other principal market species of tunas, and it is generally believed that the recruitment of this species has not been affected by reduction in the abundance of spawners due to fishing.

It was pointed out previously that the landed catches of skipjack (*i.e.* the catches of skipjack which were not discarded at sea) were considerably greater during 1975-1982 and 1995-1996 than during other years of the 1961-1996 period, so it would be instructive to examine data on the relationship between fishing effort directed toward skipjack and landed catches of skipjack. Skipjack are seldom caught in sets made on dolphin-associated tunas, so only sets made on schools associated with floating objects and free-swimming schools are considered. These data, obtained from Table 5, are shown in Figure 55. It is apparent that the landed catches are roughly proportional to the effort, which is not in agreement with the results shown in Figure 54. The disagreement between Figures 54 and 55 could be due to the fact that the skipjack population in the EPO is not closed. Thus, when skipjack are removed from areas where they are most vulnerable to capture, fish from other areas may move to these areas to replace them. If the replacement takes place rapidly, the landings may be roughly proportional to the effort, which appears to be the case in Figure 55. Also, it can be seen in the bottom panel of Figure 53 that the CPUEs were at about the same levels during the 1975-1982, a period during which there were relatively large numbers of sets on free-swimming schools and floating objects, and 1983-1994, a period during which there were relatively small numbers of such sets.

On the other hand, the disagreement between Figures 54 and 55 could be at least partly due to differences in the proportions of skipjack discarded during different periods. The market demand for skipjack was greater during 1975-1982 than during 1983-1994, so if the total catches (including fish discarded at sea) could be substituted for the landed catches in Figure 55 the figure would be somewhat different. Data collected by observers during 1993-1996 on the discards of skipjack by Class-6 purse seiners (Table 38) indicate that the total catches exceeded the landed catches (Table 3) by about 15 to 30 percent.

### ***Considerations for 1997***

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the EPO. This situation could change, however, so it is important to learn more about this species and its relationships with the environment.

### ***Bigeye tuna***

The world catches of bigeye are less than those of skipjack and yellowfin, but greater than those of albacore and northern and southern bluefin. Bigeye are most often consumed fresh, whereas skipjack and yellowfin are usually canned. Since the prices are much higher for fish which are destined for fresh-fish markets, bigeye are, from an economic standpoint, an extremely important component of the world catches of tuna. During the 1965-1992 period, 21 to 43 percent of the world catches of bigeye came from the eastern Pacific Ocean (EPO) (Table 13).

Bigeye are caught mostly by longlines, which fish well beneath the surface of the water. 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, beginning during the early 1960s, this species was given more attention by the IATTC staff. During the 1963-1996 period six Japanese scientists from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFS) have spent time in La Jolla working with IATTC scientists on the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the EPO. During the early 1990s fishermen operating in the EPO discovered that bigeye associated with floating objects, but well beneath the surface of the water, can be detected with sonar and caught with purse seines. Many of these floating objects were fish-aggregating devices (FADs) placed in the water by the fishermen. Most of these catches of bigeye were taken between 5°N and 10°S. Accordingly, beginning in 1995, the IATTC staff further increased its studies on bigeye, principally to estimate the effects of increased catches by the surface fishery on the longline fishery and on the sustainable yield.

### ***Fisheries***

#### ***The surface fishery***

Bigeye are caught near the surface of the water by purse seiners, baitboats, trollers, and recreational fishing vessels. The catches of bigeye by purse seiners are much greater than those of all other types of surface-fishing vessels combined. The purse-seine catches increased during the late 1960s and the 1970s, declined after 1981, and then rose dramatically in 1994, 1995, and 1996 (Table 13). The distributions of the logged catches of bigeye by purse seiners in the EPO during 1981-1995 and 1996 are shown in Figures 7 and 8. The catches southwest of the Galapagos Islands were much greater during 1996 than during 1994 and 1995 (IATTC Annual Report for 1995: Figures 7 and 8).

The increased purse-seine catches of bigeye during the late 1960s and the 1970s were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there were restrictions on the catches of yellowfin, but not bigeye, during the 1966-1979 period, which in some instances caused fishermen to seek out bigeye in preference to yellowfin. 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 have, in most years, brought 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. Two recent studies (IATTC Annual Report for 1991: 34-35; this report, pages 24-25) indicate that misidentification of bigeye as yellowfin has not been a serious problem during recent years.



As stated above, the increased catches of bigeye during 1994-1996 were apparently due to the development of new methods for catching bigeye associated with floating objects.

During the 1971-1991 period about 62 percent of the purse-seine catches of bigeye was taken in unassociated schools, 33 percent in schools associated with floating objects, and 5 percent in schools associated with whales, sharks, or dolphins (IATTC Bull., 20 (8)). There was considerable overlap in the lengths of the bigeye taken by the surface and longline fisheries. The average catch of bigeye per successful bigeye set was 21 metric tons (20, 26, and 16 metric tons for unassociated schools, floating-object schools, and schools associated with whales, sharks, or dolphins, respectively). (A "successful" bigeye set is defined as a set in which 0.5 short ton or more of bigeye was caught, regardless of the catch of other species in the same set.)

During the 1990-1993 period less than half of the sets in which bigeye were caught were made on fish associated with floating objects, and about half of the bigeye caught were taken in such sets (Table 5). During 1994-1996, however, much greater portions of the bigeye sets were made on floating objects and 90 to 95 percent of the bigeye caught came from such sets.

During 1994-1996 most of the sets in which bigeye were taken included yellowfin, skipjack, or both.

The length distributions of bigeye caught in the EPO by surface gear during each year of the 1991-1996 period are shown in Figure 19. Those caught during 1994-1996 (especially 1996) were smaller than those caught during 1990-1993. Data on the length frequencies of bigeye caught in free-swimming schools and in floating-object schools are shown in Figure 56. (Very few bigeye are caught in association with dolphins.) The fish from the floating-object schools tend to be smaller than those from free-swimming schools, and the number of floating-object sets with catches of bigeye has increased substantially more than that of sets on free-swimming schools with catches of bigeye.

### ***The longline fishery***

Studies of the Japanese longline fishery conducted jointly by Japanese and IATTC scientists (IATTC Bull., 9 (6), 11 (2), 11 (3), 13 (2), 16 (2), 19 (1), and 20 (5)) include analyses of data on trends in effort and catches, horizontal, vertical, and temporal distributions of catches, trends in apparent abundance, size composition, and maturity of bigeye.

The distributions of the effort, in numbers of hooks, and the catches per unit of effort (CPUEs; numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye by Japanese longliners in the EPO, averaged over the 1988-1992 period, are shown in Figures 57 and 58. There were almost no catches in the area north of about 10°N and east of about 125°W during any quarter. The greatest CPUEs 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 quarter.

The distribution of effort did not coincide well with the areas of greatest CPUEs 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 100°W), but the CPUEs of bigeye in this area were not particularly high. Furthermore, although the CPUEs 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 (GLMs) to standardize the CPUEs of bigeye in the EPO (IATTC Bull., 20 (4)) was completed in 1992. The effects of years, seasons, areas, and depths of fishing were considered, and all were found to have significant effects on the CPUEs. More recently, a modification of the GLM method has been used with longline CPUE data for bigeye to produce standardized estimates of the relative abundance of that species in the EPO during the 1975-1994 period.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the EPO between 40°N and 35°S during 1987-1992 are shown in Figure 59. The length compositions and average weights did not vary much during this period, but the average weights (Table 14) showed greater variation during the years prior to 1987.

### ***Catch statistics***

Data on the Japanese longline fishery for tunas, including catches by species, location (5-degree areas), date (year and month), and length and/or weight frequencies of sampled fish are made available to the IATTC by the NRIFSF. In addition, the Tuna Research Center, Institute of Oceanography, National Taiwan University, and the National Fisheries Research and Development Agency of Korea, furnish data on the catches of fish of each species by longline vessels of the Republic of China (ROC) and the Republic of Korea (ROK) in the EPO. Data on the longline fisheries of Western Hemisphere nations are obtained from various government organizations and from industry sources.

Data on the catches, in numbers and weights of fish, and average weights of the fish are shown in Tables 14-16. Most of the longline catches of bigeye in the EPO are made by Japanese vessels (Table 14). The catches by surface gear during 1994-1996 were much greater than those of previous years (Table 15), and in 1996, for the first time, the purse-seine catch may have exceeded the longline catch (Table 13). The total catch of bigeye by all gears (Table 16) averaged 60 thousand metric tons per year for the 1964-1985 period and 86 thousand metric tons per year for the 1986-1996 period.

The average size of fish caught by Japanese longline vessels declined from the early 1970s to the early 1980s (Table 14). In 1983 and 1984 the average size was greater, and then it was less from 1985 through 1995, except for 1987. These changes in average size might be related to increasing use of deeper-fishing longlines, with 12 or 13 hooks per basket, which began during the early 1980s (IATTC Bull., 20 (5): Figure 7). The average weights of bigeye caught by the surface fishery have been highly variable (Table 15), but the numbers of samples taken were small, except during 1994-1996. The average weight for 1996 was the lowest since 1977.

### ***Indices of abundance***

The simplest index of abundance of bigeye in the EPO is the catch, in numbers of bigeye, by longline gear divided by the numbers of hooks fished, either for the entire EPO or for the areas within the EPO in which the catches of bigeye are greatest (IATTC Bull., 20 (5)).

During the mid-1970s, Japanese longliners began to use gear with wider spacing between buoys and more hooks per basket, particularly in equatorial waters, and the use of longlines with this configuration spread poleward during the ensuing years. These are called deep longlines. The hooks which are furthest from the buoys of deep longlines hang at greater depths than do any of the hooks of conventional longlines. Bigeye spend more time in and below the thermocline than do most other species (Fish. Ocean., 3 (3): 204-216), so the shift to deep longlines should have increased the fishing power of longlines for bigeye. (It should be noted, however, that the numbers of hooks fished per day remained about the same, and that many of the hooks of deep long-

lines fish at the same depths as those of the conventional longlines.) As stated previously, general linear modeling has been used to compensate for differences in the longline CPUEs of bigeye in various area, season, and depth strata. Two models have been employed. The year effects in each model were used as annual indices of abundance, standardized by the other factors. The first model used the computer program SAS GLM, with the natural logarithm of the CPUE (defined as 1 + number of bigeye caught per thousand hooks) as the dependent variable. The second model used the computer program SAS GENMOD, employing the Poisson distribution of bigeye catch with an offset of the natural logarithm of the fishing effort in number of hooks. The analyses showed significant interactions between years and areas, so separate analyses were run for each area. Similar results were obtained for the two models for each area, with years, bimonthly periods, maximum depths at which the hooks fished, and interactions between bimonthly periods and maximum depths at which the hooks fished being significant in every case. CPUEs for the entire EPO (Figure 60) were calculated from weighted averages of the CPUEs for the individual areas.

### ***Stock assessment***

In general, there are three approaches to the analysis of the effects of fishing on a population of fish, age-structured modeling, spawner-recruit modeling, and production modeling. Application of these to bigeye tuna in the EPO is discussed below. These analyses should be considered as preliminary, as little is known about the rate of exchange of fish between the EPO and the central and western Pacific. Also, there is insufficient information on important parameters, such as age- and sex-specific growth and natural mortality, size at which the fish reach sexual maturity, *etc.* In addition, there are problems with spatiotemporal stratification of the size data and standardization of the longline effort and CPUE data. As will become apparent below, the results obtained with various trial values of natural mortality differ considerably, so more precise estimates of this parameter would be of great value.

### ***Age-structured modeling***

Some assumptions have been made to facilitate the age-structured analyses. These include: (1) there is a single stock (as defined in IATTC Bulletin, Vol. 17, No. 5) of bigeye in the EPO, and the rate of exchange of fish between the EPO and other parts of the Pacific Ocean has remained the same over the study period; (2) the natural mortality is constant after the fish are recruited into the fishery, is the same for both sexes, and does not vary from year to year; (3) the growth rates are the same for both sexes and vary from year to year only to the extent permitted by the constraints required for fitting normal length-frequency distributions, as described below.

Tagged bigeye released in the Coral Sea, near Australia, have been recaptured as far away as Hawaii, but most of the fish recaptured had travelled much shorter distances. The same is probably the case for bigeye in the EPO. Actually, the ratio of males to females tends to be significantly greater than 1 for larger fish (Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 57-98), implying that older females grow more slowly than do older males or that older females have a higher rate of natural mortality than do older males. The amount of information available is insufficient to incorporate differential growth or mortality into the calculations, however.

### ***Cohort analyses***

As a first step in cohort analyses, the fish in the catches must be assigned to cohorts. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time; more information about the cohorts of bigeye which exist in the EPO will be given later.) The analyses produce estimates 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 of fish of each cohort in the catch during each time interval, an estimate of the natural mortality rate, and an estimate of the fishing mortality rate for at least one time interval with catch 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 data, combined with one or more equations for the weight-length relationship(s).

The basic data used for the cohort analyses of bigeye tuna in the EPO are: (1) catches of bigeye, in numbers of fish, by longline vessels of Japan, the ROC, and the ROK, by area (Figure 61), year (1971-1992), and month; (2) length-frequency data for bigeye caught in the EPO by longline vessels of Japan, by area, year, and month; (3) catches of bigeye, in metric tons, by purse seiners and baitboats, by area (Figure 12), year (1971-1996), and month; (4) length-frequency data for bigeye caught in the EPO by purse seiners and baitboats, by area, year, and month; (5) weight-length equations for longline- and purse seine-caught bigeye. The data for the purse-seine and baitboat fisheries were collected by the IATTC staff. The analyses of length-frequency data were carried out by the methods described in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 6. The catch data for the Japanese, ROC, and ROK longline vessels were combined with length-frequency data for the Japanese longline vessels to estimate the catches (stratified by area (Figure 61) and time) by the longline fishery, by 1-cm intervals, for 1971-1992. The average weights of the fish were estimated from the length-frequency distributions and the weight-length equation  $w = (3.661 \times 10^{-5})l^{2.90182}$ , where  $w$  = weight in kilograms and  $l$  = length in centimeters (Governor's [Hawaii] Conf. Central Pacif. Fish. Resources, Proc.: 197-201). Equivalent estimates of the length frequencies of the fish caught with longlines during 1993-1995 were made by averaging the data for 1990 through 1992 and adjusting these to the total catch, in numbers of fish, supplied by the NRIFS. The 1996 catch was assumed to be the same as that of 1995. Likewise, the catch and length-frequency data for the purse-seine and baitboat fisheries were used to estimate the surface catches, stratified by area (Figure 12) and time, by 1-cm intervals, for 1975-1996. Equivalent estimates of the surface catches for 1971-1974 were made by combining catch data for those years and average length-frequency data for the surface fishery for 1975-1993. The longline and surface data were then combined to provide monthly estimates of the catches in all areas combined, in numbers of fish and in metric tons, by 1-cm intervals. The length-frequency distributions indicate that there are two cohorts, the X cohort, recruited in July at about 30 cm, and the Y cohort, recruited in January, also at about 30 cm.

If the maximum life span of the fish is about 10 years, which seems to be the case, there could be as many as 20 cohorts present in the catch of each month. The length frequencies were converted to age frequencies by fitting a distribution composed of 20 normal distributions to each monthly length-frequency distribution. The estimation of the 20 means for each month was constrained by the growth curve (estimated from modal progressions), and the estimation of the 20 standard deviations for each month was constrained by the ranges demonstrated by modal groups within the length distribution. The catch frequencies, by age, of the combined X and Y cohorts for 1971 through 1996 are shown in Figure 62.

The monthly catch-at-age data for each cohort present in the fishery during the 1971-1996 period (X62 through X96 and Y62 through Y96 cohorts) were analyzed. Since the annual natural mortality rate ( $M$ ) is believed to be between 0.4 and 0.8, the analyses were performed with values of 0.4, 0.6, and 0.8 assigned to  $M$ . Each analysis was begun by guessing the rate of annual instantaneous fishing mortality ( $F$ ) for the last month in which fish of each cohort were caught. These initiating values of  $F$  were then adjusted until estimates of the numbers of fish in the population

which were compatible with the standardized longline CPUEs (IATTC Bull., 20 (4)) were obtained (Figure 63). The final choice for each cohort permits the estimation of the number of bigeye in that cohort at the beginning of each month and estimation of  $F$  for that cohort for each month. The estimated average numbers of fish of each age group of each cohort in the population during July of each year are shown in Table 17, and some average values of  $F$  for various years are shown in Table 18. (In Table 17 the first line lists the estimated populations of age-0 through age-9 fish in 1971, so the age-0 fish are members of the X71 and Y71 cohorts, the age-1 fish are members of the X70 and Y70 cohorts, and so on. In Table 18 the columns headed by 1971-79, 1980-87, 1988-93, and 1994-96 list estimates of average  $F$  for fish of ages 0 through 9 during those periods.) The average weights at age were estimated from the estimates of the catches in numbers and weights of fish; estimates at quarterly intervals are listed in Table 19. Estimates of the biomass of the population calculated from the estimates of the population sizes (Table 17) are shown in Figure 64.

The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can usually be 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. In addition, the estimates of  $M$  are little more than guesses. Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, oceanographic conditions, 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.

Cohort analysis also provides estimates of the recruitment for each cohort for each value of  $M$  and each set of initiating  $F$  values; those for the initiating values of  $F$  which produced the estimates in Figure 64 are shown in Figure 65.

#### ***Yield-per-recruit analyses***

The yield-per-recruit (YPR) approach to age-structured modeling is discussed in the subsection dealing with stock assessment of yellowfin. Estimates of the YPRs which can be obtained with various combinations of size at entry and fishing mortality are calculated. Estimates of age-specific  $F$ s for each month and estimates of recruitment (Figure 65) obtained from the cohort analyses, estimates of the average weights of fish of each age (Table 19), and values of  $M$  of 0.4, 0.6, and 0.8 were used to calculate estimates of the YPRs for the 1971 through 1986 cohorts, for which complete life history data are available (Table 20). Estimated YPRs obtainable with various multiples of the fishing effort of 1982 and 1994 and three estimates of  $M$  are shown in Figure 66. The YPRs obtainable with different estimates of  $M$  differ considerably, particularly in the right panel of the figure.

#### ***Spawner-recruit relationships***

At least some of the individuals of a population of fish must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the size at which they are first harvested there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have entered the fishery, 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. (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 any species of tropical tuna within the range of abundance of spawners observed.) Data on relative abundances of fish of ages 3 through 9, which are presumed to be spawners, and recruits (age-0 fish) obtained from the cohort analyses are shown in Figure 67. There is no evidence from these data that these two variables are correlated, which is not surprising in view of the fact that the

abundance of spawners did not vary much over the period in question. This relationship should continue to be monitored, however, particularly if the abundance of spawners becomes reduced.

### *Production modeling*

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. The only data required are catch and standardized CPUE. Standardization of CPUE data is nearly always a problem for multispecies fisheries, as vessels fishing in different area-time-gear configuration strata may be concentrating on different species, even though they may catch individuals of several species. The CPUEs listed in Table 21 and abundance indices computed with the logarithmic model (Figure 60), both adjusted to means of 1.0 for the 1975-1994 period, are shown in Figure 68. The two indices are nearly the same, despite the fact that, as pointed out above, the vulnerability of bigeye to capture should have increased with the switch from conventional to deep longline gear. As mentioned previously, in late 1993 purse-seine fishermen learned how to detect bigeye associated with floating objects, but well below the surface, with sonar, and catch them, so purse-seine effort for the 1971-1993 period is not equivalent to purse-seine effort for the 1994-1996 period. This does not create a problem in estimating the total effort, as only longline CPUE data were used in the production analyses described here. However, the productivity of the stock has almost certainly changed due to the increased exploitation of younger fish.

For this study, it was assumed (1) that there is a single stock of bigeye in the EPO and no exchange of fish between the EPO and other parts of the Pacific Ocean, (2) that all longline effort in the EPO has the same probability of catching bigeye of the EPO stock and that the efficiency of the longline gear did not change during the 1964-1996 period, and (3) that the longline CPUEs are indicative of the relative abundance of bigeye of all ages taken by the surface and longline fisheries. (The last assumption is not satisfied, of course.)

Data on the total catches and on the CPUEs by Japanese longline vessels are given in Tables 21 and 22. The total catches, in numbers of fish, were divided by the CPUEs, also in numbers of fish, to obtain estimates of the total effort (Table 21). In addition, the total catches, in weight, were divided by the CPUEs, also in weight, to obtain estimates of the total effort (Table 22). The effort data from Table 22 were used for production modeling.

The data were fit to the equation for the production model by minimizing the sums of squares between the observed amounts of effort and those predicted by the fitted model. The fitting was done for a single value, 0.8, of  $m$ , the shape parameter, since this produces a production curve which is similar to the YPR curves (Figure 66). The results are shown in Table 23 and Figures 69-71. Two cases are shown, one with the minimum sums of squares ("best") and the other ("alternate") restrained to optimum effort greater than 400 million hooks. The predicted values of CPUE corresponding to the two values of optimum effort are virtually the same (Figure 71). In the "best" case the recent effort exceeds the optimum effort, whereas for the "alternate" case the recent effort has been less than the optimum effort.

The estimates of the parameters (Table 23) for the production models for these data are not very reliable, as shown by the comparison in Figure 71. Different criteria for estimation gave different results for two important parameters, optimum effort and maximum sustainable yield (MSY). There is considerable variation between the observed CPUE and the values predicted by the model (Figure 71). Most of the variation in the CPUE was the result of changes in recruitment, rather than changes in population size caused by removal by the fisheries. Recent changes in the surface fishery, which catches fish which are younger than those caught by the longline fishery, will complicate the use of the production models in the future by changing the catchability of the population.

### *Interaction between the longline and surface fisheries*

The age-specific estimates of the catches of fish obtained from the cohort analyses (Figure 62) were partitioned into separate estimates for the longline and surface fisheries (Figure 72). Likewise, the estimates of total  $F$  (Table 18) were partitioned into separate estimates for longlines and surface gear by calculating the portions of the total catches at each age made by each gear.

The interaction between two types of gear can be estimated by simulation of catch histories, using estimates of recruitment, natural mortality, and relative distribution of fishing mortality among fish of different ages obtained from cohort analyses with various multipliers of the vectors of  $F$  (which are directly proportional to the vectors of fishing effort) for one or both gears. This was done for bigeye in the EPO by (1) changing the estimates of  $F$  for the surface fishery, while leaving those for the longline fishery the same, or leaving both unchanged.

Simulation studies were carried out to predict what the catches for 1997-2006 would be with the following patterns of effort. The values of  $F$  for the surface fishery for 1997-2006 were set equal to that for 1996. Values of  $F$  for the longline fishery for 1993, 1994, and 1995 were calculated by multiplying the average value of  $F$  for the longline fishery for 1990-1992 by the amounts of fishing effort for 1993, 1994, and 1995 and then dividing by the average effort for 1990-1992. The values of  $F$  for the longline fishery for 1996 through 2006 were set equal to that for 1995. Then the values of  $F$  for the surface fishery for 1997 through 2006 were multiplied by either 0.1 (Pattern A), 1.0 (Pattern B), or 1.5 (Pattern C), while those for the longline fishery remained unchanged. The results are shown in Table 24 and in Figure 73 (for both types of gear combined) and Figure 74 (with separate estimates for the two types of gear).

### *Discussion*

The uncertainty about the natural mortality rate makes interpretation of the cohort analyses difficult. Different values of  $M$  produce different estimates of catch, amount of interaction between the surface and longline fisheries, and amount of effort necessary to achieve the MSY. The biomass of the stock has been relatively stable, although it declined after the mid-1980s (Figure 64). Similarly, the annual recruitment appears to have been relatively constant during the 1971-1996 period, fluctuating between lows in 1981 and highs in 1983 (Figure 65).

The YPR analyses indicate that effort at the 1982 level (multiplier of 1 in Figure 66) was less than optimum for all values of  $M$ . The YPRs are much greater for  $M = 0.4$  than for  $M = 0.8$ , however. YPR analyses with effort at the 1994 level produce substantially different results, especially for the surface fishery. With  $M = 0.4$  the effort was greater than optimum, with  $M = 0.6$  it was slightly less than optimum, and with  $M = 0.8$  it was substantially less than optimum.

Based on the simulations, estimates of the catches by gear of bigeye during the 1997-2006 period, with the three patterns of fishing effort described above, are shown in Figure 73. The surface fishery has little effect on the longline fishery with Pattern A, corresponding to the purse-seine fishery previous to 1994, regardless of  $M$  (Figure 74). With Patterns B and C, however, corresponding to the current and possible future purse-seine fishery, there is considerable effect on the longline fishery, especially at higher levels of effort and lower values of  $M$ .

Clearly, if  $M$  is low (about 0.4) and the effort of the surface fishery remains at the 1996 level the total catch will be reduced, and if the effort of the surface fishery increases further the total catch will be further reduced. However, if  $M$  is about 0.8, and the effort of the surface fishery remains at the 1996 level, or increases no more than 50 percent, the total catch will probably increase, although the catch of the longline fishery would be less than if the surface fishery were

at the 1982 level. If  $M$  is about 0.6, the surface catch at current or slightly higher levels will not change the total catch very much. It is not clear at this time what effect reducing effort for either fishery would have on the total catch, except for the cases described above.

Production modeling, which does not require assumptions about natural mortality, does not indicate whether the present level of effort is less than or greater than optimum (Figure 69).

### ***Northern bluefin tuna***

Northern bluefin tuna 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 1952-1996 period are shown in Table 25. Surface gear accounts for the majority of the catches in both the eastern Pacific Ocean (EPO) and the western Pacific Ocean (WPO). In the EPO the catches were below average during 1980-1984, about average during 1985 and 1986, below average during 1987-1995, and above average in 1996. In the WPO the catches were well above average during 1978-1983 and about average during 1984-1996, except for 1988 and 1990, when the catches were well below average, and 1995, when the catch was above average.

In the EPO nearly all of the catch of bluefin tuna is made by purse seiners fishing relatively close to shore off California and Baja California. The fishing season typically extends from May to October, although sporadic catches are made in other months. The 1996 commercial catch of about 6,820 metric tons was the greatest since 1976, but well below those of many of the years of the 1944-1976 period. During 1996 logged catches of bluefin were made between 31° and 33°N during June, 26° and 33°N during July, and 32° and 33°N during August.

The staff of the IATTC has been studying bluefin tuna on a modest scale since 1958, when 122 purse seine-caught bluefin were tagged and released near Guadalupe Island, Mexico. Prior to 1979 the work consisted mostly of collection of logbook data and measurement of samples of fish caught by purse seiners in the EPO to estimate 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. In addition, purse seine-caught bluefin were tagged in the EPO in 1979 and 1980, and troll- and trap-caught bluefin were tagged in the WPO by IATTC employees who were stationed in Japan intermittently during 1980-1982. Also, research has been conducted on determination of the age and growth of bluefin from hard parts (IATTC Bull., 21 (2)).

Bluefin tuna taken by the commercial fishery of the EPO were measured during each year of the 1952-1971 period by employees of the California Department of Fish and Game (CDFG). Since then the sampling has been conducted by the staff of the IATTC. Analysis of these data has produced estimates of the catches of bluefin, in numbers of fish of the various age classes, for the 1952-1991 period (IATTC Bull., 20 (9)). These, and comparable estimates for the WPO made by a scientist from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) of Japan, are listed in Table 26. Length-frequency histograms of the bluefin caught in the EPO during 1991-1996 are shown in Figure 20. During 1993, for the first time, due to limited availability of commercially-caught bluefin, fish caught by the sport fishery were measured. Most of the samples of bluefin obtained during 1993, 1994, and 1995 were from fish caught by sport fishermen. Nearly all of these fish were caught near where purse-seine vessels were fishing and during the same time periods.



The results of the tagging experiments described above, plus experiments conducted in the EPO during 1962-1968 by the U.S. Bureau of Commercial Fisheries (now the U.S. National Marine Fisheries Service), the CDFG, and the Mission Bay Research Foundation and in the WPO during 1980-1988 by employees of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL; now the NRIFSF) of Japan are discussed in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1.

Analysis of the data for the bluefin tuna released and recaptured in the EPO indicates seasonal north-south movement, with the fish being furthest south during May-June and furthest north during July-October. 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 (Table 25), and these consisted mostly of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes. (In this section 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.)

During 1993 joint experiments were conducted by staff members of the Japan Sea Farming Association (JASFA) and the IATTC at JASFA's Yaeyama Station on Ishigaka Island, Okinawa Prefecture, to study the early life history of bluefin tuna. The purpose of the experiments was to determine the optimum conditions (e.g. temperature, light, food type, and food concentration) for culture of bluefin larvae. These joint experiments represent the first experimental studies ever undertaken of bluefin tuna larvae.

The following workshops on assessment of bluefin tuna have been held during the last few years:

Scope	Location	Date	Participants
northern bluefin, Pacific Ocean	Shimizu	October 1985	FSFRL and IATTC
northern and southern bluefin, worldwide	La Jolla	May 1990	many organizations
northern bluefin, Pacific Ocean	La Jolla	April 1993	NRIFSF and IATTC
northern bluefin, Pacific Ocean	Shimizu	February 1995	NRIFSF, IATTC, National Taiwan University, and Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory

A fifth workshop will be held in La Jolla in May 1997.

#### ***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.

Larvae of bluefin tuna in the Pacific Ocean have been found only in the vicinity of Japan, and it is assumed that spawning occurs only in that area. Spawning occurs during the spring and summer, but in this subsection, for simplicity, it is assumed that the fish are hatched on January 1. Some fish apparently remain their entire lives in the WPO. Others migrate to the EPO; these migrations begin mostly, or perhaps entirely, during the first and second years of life. The first-year migrants 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. The second-year migrants 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. Eventually, the survivors return to the WPO.

The catches of bluefin tuna in the EPO consist mostly of age-1 and age-2 fish. The catches of age-2 fish in the EPO exceed those of age-2 fish in the WPO in most years, whereas the opposite is the case for age-3 fish (Table 26). This probably indicates that the population of age-2 fish is greater in the EPO and that of age-3 fish is greater in the WPO, although it is possible that area- and/or size-related differences in fishing effort and/or vulnerability to capture are responsible for the differences in the catches. Studies of statistical, length-frequency, and tagging data have resulted in the formulation of the following scenarios for the migration of fish between the EPO and the WPO:

1. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year  $i$ , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year  $i + 1$  or as 3-year-olds early in year  $i + 2$ ;
2. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds during year  $i$ , mostly in June or July, and begin their return journey to the WPO as 1-year-olds late in year  $i$  or as 2-year-olds early in year  $i + 1$ ;
3. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year  $i + 1$  and begin their return journey to the WPO as 2-year-olds late in year  $i + 1$  or as 3-year-olds early in year  $i + 2$ ;
4. The fish arrive in the EPO as 1-year-olds early in year  $i$  and begin their return journey as older fish;
5. The fish arrive in the EPO as 2-year-olds early in year  $i + 1$  and begin their return journey as older fish;
6. The fish arrive in the EPO at ages greater than 2 and subsequently return to the WPO;
7. The fish do not migrate to the EPO at all.

Scenario 7 probably applies to most of the fish of some year classes. This could at least partly explain the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s. An eighth scenario is a combination of Scenarios 1, 2, 3, 4, or 5 with Scenario 6, *i.e.* the fish migrate more than once from the WPO to the EPO.

The above does not take into account the possibility that some fish may begin trans-Pacific migrations, but turn back before reaching their destination. The fact that bluefin tuna nearly disappear from the EPO during the winter and early spring may indicate that these fish occupy areas outside the range of the surface fishery during this period. Considerably more data for the central Pacific Ocean (CPO) would be required to establish whether this occurs and, if so, to what extent.

Data for the Japanese high-seas longline fishery for tunas have been made available to the IATTC staff by the NRIFS. The data include summaries of the catches, by species, in numbers of fish, by year (1952-1986), month, and 5-degree area and summaries of the effort, in numbers of hooks, by year, month, and 5-degree area. Scrutiny of the monthly distributions of the catches reveals that the fish are distributed furthest to the west during the spring and furthest to the east during the fall (Figure 75). A summary of these studies has been published in FAO Fisheries Technical Paper 365, pages 425-459. It is not surprising that the fish are concentrated in the vicinity of Japan during the spring, as bluefin spawn mostly during the spring, and bluefin larvae have been found only in the open ocean in the vicinity of Japan during the spring and in the Sea of Japan during the summer. Exceptionally large bluefin were caught by purse seiners in the EPO during November and December of 1988 (Calif. Fish Game, 76 (3): 181-186). These fish may

have appeared in the EPO fishery because they were distributed further to the east during the fall of 1988 than is usually the case.

### ***Abundance of juvenile bluefin in the EPO***

A discussion of various indices of abundance of bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean appears in FAO Fisheries Technical Paper 365, pages 460-475. The "habitat index" and the "bluefin vessel index" are probably the most reliable of these.

### ***Habitat index***

Bluefin tuna are most often caught by purse-seine vessels in the EPO in waters with sea-surface temperatures of 17° to 23°C (62.6° to 73.4°F) (FAO Fish. Rep., 6 (2): 380-421), so it was assumed that fishing effort exerted by tuna purse seiners off California and Baja California in waters of that temperature range during May through October is bluefin effort, regardless of whether bluefin were caught. The sums of the logged catches of bluefin in the EPO during May through October of each year were divided by the corresponding sums of the logged purse-seine effort in the 1-degree areas which were suitable bluefin habitat to get the annual catches per unit of effort (CPUEs). These data appear in Figure 76. They appear to indicate that both reduced availability and reduced fishing effort have contributed to the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s.

### ***Bluefin vessel index***

For this method, it is assumed that the fishing effort directed toward bluefin tuna is proportional to the numbers of vessels which direct substantial portions of their effort to fishing for bluefin. Accordingly, each vessel of the purse-seine fleet was classified each year as a "bluefin vessel" or a "non-bluefin vessel." If a vessel caught bluefin in a given year and in two or more of the four closest adjacent years (two years before and two years after the year in question), it was classified as a bluefin vessel for that year. Otherwise it was classified as a non-bluefin vessel. The criteria were relaxed for vessels which entered the EPO tuna fishery less than two years before the year in question or left the fishery less than two years after the year in question. For example, if a vessel entered the EPO tuna fishery in 1971, it was classified as a bluefin vessel for that year if it caught bluefin in 1971 and in either 1972 or 1973. This system of classification is arbitrary, and perhaps some other system would be better. However, it seems to be adequate to give some insight into the value of fleet size as a measure of the effort directed toward bluefin and total catch divided by fleet size as an index of the abundance of bluefin. The bluefin vessel index for a given year is the total commercial catch for that year divided by the number of bluefin vessels in the fleet during that year. The total commercial catches, numbers of bluefin vessels, and bluefin vessel indices for 1961-1994 are shown in Figure 77. They also appear to indicate that both reduced availability and reduced fishing effort have contributed to the reduced catches of bluefin in the EPO during the 1980s and early 1990s.

### ***Stock assessment***

#### ***Cohort analyses***

Cohort analyses are described in the section of this report dealing with stock assessment of yellowfin. The cohort analyses for bluefin tuna were carried out with data for the 1966-1986 period. Data on the quarterly catches in the EPO were obtained from IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 9: Appendix 1. Annual catch data for fish of the various age groups for the WPO were

obtained from FAO Fisheries Technical Paper 336, Vol. 2: page 284. The quarterly catches for the first, second, third, and fourth quarters were estimated by multiplying the annual catches by 0.10, 0.30, 0.50, and 0.10, respectively. Data on the average weights of the fish are given in Table 27. Because of lack of information on natural mortality, six trial vectors of natural mortality,  $M$  (Table 28), were used. The analyses were conducted for 37 cohorts (1950 through 1986). The estimations were carried out using backward calculations, so it was necessary to estimate the final fishing mortality rate ( $F$ ) for each of the cohorts. The final values of  $F$  were selected by a dual procedure that first estimated the minimum recruitment by choosing a high final value of  $F$  and comparing the within-quarter values of  $F$  for different cohorts of the same age. The objective of this type of search is to reduce the differences among the  $F$  values for fish of similar ages being fished at the same time. This procedure does not have an algorithm which would allow different users to arrive at identical answers, so it is somewhat subjective. The method works well for cohorts with long catch histories, *e.g.* those of 1959 through 1981, but less well for the others.

The cohort analyses produced estimates of the recruitment during each year of the 1966-1986 period and the values of  $F$  for each age group during each quarter of that period. These estimates were combined with estimates of  $M$  (Table 28) to estimate the catches for the 1966-1986 period obtainable with various combinations of  $M$ , multipliers of  $F$ , and age at entry into the fishery (Figure 78). (A multiplier of 1 for  $F$  corresponds to the best estimate of the average  $F$  which existed during this period.) With a multiplier of 1, the catch would have been greater in every case if the age at entry were increased from age 0 to age 1, age 2, or age 3. The gains would be greater for natural mortality vectors 1, 2, or 3 than for natural mortality vectors 4, 5, or 6. If the natural mortality vector is 1, 2, or 3 and the age at entry is to remain at 0 or to be increased to 1, greater catches would be realized if the effort were reduced to about half its present level. With natural mortality vectors 4, 5, or 6, however, reduction in effort to half its present level would result in little or no increase in catch (age at entry = 0) or a decrease in catch (age at entry = 1).

### ***Spawner-recruit and recruit-spawner relationships***

Spawner-recruit and recruit-spawner relationships of bluefin tuna are discussed on pages 35-36 of the IATTC Annual Report for 1993. It was determined that fishing has greatly reduced the abundance of mature bluefin in the Pacific Ocean, but there is no evidence that this has resulted in reduction of the recruitment of young fish to the fishery.

### ***Possible causes of recent poor catches of bluefin in the EPO***

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin tuna 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 1987-1995. The recent below-average catches of bluefin in the EPO could be due to: (1) a decrease in recruitment; (2) a decrease in the overall abundance of fish greater than about 60 cm in length caused by heavy exploitation of fish during their first year of life in the WPO; (3) reduced fishing effort in the EPO; (4) a decrease in vulnerability to capture of the fish which have migrated to the EPO; and/or (5) 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 Points 1 and 2 above, data compiled by the NRIFSF for the age composition of the catch of bluefin tuna during 1966-1986 by Japanese vessels (Table 26) indicate that there has not been a decline in the catches of age-0 fish, which seems to rule out the first possibility, nor an increase in the proportion of age-0 to older fish, which seems to rule out the second possibility.

Proceeding now to Point 3, the numbers of smaller purse seiners, which previous to the late 1970s had been responsible for most of the catches of bluefin tuna in the EPO, declined during the late 1970s and the 1980s. In the subsection above entitled *Abundance of juvenile bluefin in the EPO* it was concluded that reduced effort is partly, but not entirely, responsible for the reduced catches in the EPO.

In regard to Point 4, the distribution of bluefin tuna in the EPO may have changed during this century. Prior to 1930 bluefin were caught only off California, although they probably occurred off Baja California as well. During the 1930-1947 period they were caught off both California and Baja California, but greater catches were made off California during most of those years. From 1948 to the present most of the catch has been made off Baja California. This change in the distribution of the catches could be due to increased willingness of California-based fishermen to fish further from port as they acquired larger and more seaworthy boats, however, rather to a change in the distribution of the fish. Fishermen based in California seem to direct more of their effort toward bluefin than do those based in Mexico, so if a shift in distribution occurred it could have decreased the vulnerability of bluefin to capture. If a shift in the distribution of the fish took place, however, it probably did so well before the 1980s, so it does not appear that it could be the cause of the poor catches during that decade.

Tagging and age-composition data provide some useful information in regard to Point 5. It was shown in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, that during the 1980s only the 1981 year class contributed significant numbers of tag returns to the EPO fishery during Year 1. It was also shown in that Bulletin that for Year 2 nearly half the returns for the 1979 year class and more than half of those for the 1983 and 1984 year classes were from fish caught in the EPO. This information suggests that the proportion of age-1 fish which migrated to the EPO was greatest for the 1981 year class and that the proportions of age-2 fish which migrated to the EPO were greatest for the 1983 and 1984 year classes, intermediate for the 1979 year class, and least for the 1980, 1981, 1982, and 1985 year classes.

A large proportion of the catch of bluefin tuna in the EPO in 1982 consisted of age-1 fish (Table 26). This is consistent with the evidence from tagging that a large proportion of the fish of the 1981 year class appeared in the EPO as age-1 fish in 1982. The catch of bluefin in the EPO was poor in 1983, however, perhaps because the fish of the 1981 year class experienced heavy mortalities in the EPO in 1982 or mostly began their return trip to the WPO before the start of the 1983 fishing season.

The greatest catches of bluefin tuna in the EPO in recent years were those of 1985, 1986, and 1996 (Table 25), and the catches in those years consisted mostly of age-2 fish, *i.e.* 1983-year-class fish in 1985, 1984-year-class fish in 1986 (Table 26), and 1994-year-class fish in 1996. This is consistent with the evidence from tagging that large proportions of the fish of the 1983 and 1984 year classes appeared in the EPO as age-2 fish in 1985 and 1986.

If it were certain that the fish which were tagged in the WPO were selected randomly it would be concluded that greater proportions of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes migrated to the EPO, and that this resulted in greater catches of bluefin tuna in the EPO in 1985 and 1986. It is possible, however, that there are separate non-migrant and migrant subpopulations, and that greater proportions of the migrant subpopulation were selected for tagging during 1979, 1981, 1983, and 1984. Thus the relatively high proportion of EPO returns for the 1979 year class, even though the catch in the EPO in 1981 was poor, might be the result of heavy concentration of tagging effort on a relatively small subpopulation of migrants. This possibility has been evaluated by examining data on migrations of tagged age-1 and -2 fish released in different locations in the WPO during different months (IATTC Bull., 20 (1): Table 7). For the most

part, the proportions of migrants tended to be about the same for fish of the same year classes released in different area-time strata, so these data do not offer much support for the subpopulation hypothesis.

Age composition data (Table 26) provide further information pertinent to Point 5. Correlation coefficients were calculated for 12 pairs of data (Table 29, upper panel) from Table 26. Six of the 12 tests produced absolute values of  $r$  greater than 0.4. 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 less-than-normal proportions of the total population migrating 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.

Test 11 gave an  $r$  value which would be significant at the 1-percent level, which is not surprising in view of the fact that an even higher  $r$  value was obtained from Test 8. An  $r$  value which would be significant at the 5-percent level was obtained for Test 12; this, also, is not surprising in view of the fact that a value which would be nearly-significant was obtained from Test 2.

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 0.442 (Table 29, Test 2). Although this relationship would not be 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 13). The resulting coefficient of multiple determination was highly significant, indicating that 55.7 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 two years previously 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.

### ***Black skipjack tuna***

Although black skipjack constitute only a minor part of the total landings of tunas caught in the eastern Pacific Ocean, they 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, biological data gathered on one tagging cruise, gonads collected for histological studies on tagging cruises, surveys of fish larvae directed primarily at other species, recapture data for black skipjack tagged incidentally to yellowfin and skipjack, and studies conducted at the IATTC's laboratories at Achotines, Panama, and La Jolla.

Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1961-1996 are listed in Table 3. Additional amounts are known to have been caught but not landed, but these are not included in the statistics. Estimates of the amounts of black skipjack discarded at sea by purse-seine vessels during the 1993-1996 period range from about 2 to 14 thousand metric tons per year (Table 39). 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 79.

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 (Copeia, 1984 (4): 1000-1005). A total of 1,502 black skipjack has been tagged, and 107 of these tagged fish have been returned. Information on the movements and growth of black skipjack, as determined from these data, is given on pages 33-34 of the IATTC Annual Report for 1982.

Information on the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency of black skipjack is published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 2. The measurement of reproductive potential is of considerable 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, 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 (IATTC Spec. Rep. 2: 388-391).

The data on occurrence of larvae and juveniles, 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 has been conducted at the IATTC's laboratories at Achotines and La Jolla. The results of these studies are described in scientific papers (e.g. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 88 (4): 821-828; Mar. Biol., 115 (2): 317-330; Jour. Exper. Biol., 190: 79-93; IATTC Bull., 20 (7) and 21 (3)) and recent Annual Reports of the IATTC.

### **Swordfish**

Swordfish are widely distributed in the tropical, subtropical, and temperate oceans and seas of the world, and they are the object of important commercial fisheries in most areas where they occur. Information on the catches per unit of effort (CPUEs) of swordfish in the eastern Pacific Ocean (EPO) is shown in Figure 80. These charts are probably indicative of the geographical distribution of swordfish and the areas in which it is most abundant. The world demand for swordfish has been increasing in recent years, and this has caused a corresponding increase in their value. This has led to a rapid growth of fisheries for swordfish in various parts of the world. In the EPO the U.S. and Chilean fisheries for swordfish have grown considerably in recent years (Table 30). Other nations bordering the EPO, such as Colombia, Costa Rica, Ecuador, French Polynesia, Mexico, and Peru, are also involved in fishing for swordfish.

The catches of swordfish in the Atlantic Ocean have declined since the 1980s, apparently due to overfishing. The catches of swordfish in the EPO have declined since 1992. This is not

necessarily due to overfishing, as the fishing effort has also declined, but it is important to monitor the catches and effort closely. More specifically, there is a need to collect comprehensive statistical and biological information on the developing fisheries and to continue to collect such data for the well-established fisheries. Such information is essential for assessment of the effects of the fisheries on the stock or stocks of swordfish which are exploited. Standardized methods of data collection and coordinated analysis of the data are essential for obtaining effective assessments.

### ***Fisheries***

Recreational fishermen rarely fish for swordfish, and few records of their catches are available. The catches of this species by recreational fishermen probably average less than 50 fish per year in the EPO, though recreational fishing techniques developed recently may result in a small increase in this number in the future.

The principal commercial swordfish harvests are made by longline and gillnet fisheries. Harpoon fisheries for swordfish were important in several areas in the past, but these fisheries have declined considerably in recent years. The world catches of swordfish increased from about 26,700 metric tons in 1971 to about 81,200 metric tons in 1988. The catches declined to about 67,900 metric tons in 1991, and then increased to about 89,200 metric tons in 1995 (Table 30). The catches in the Pacific Ocean increased from about 13,400 metric tons in 1971 to about 34,600 metric tons in 1992, and they have ranged between about 28,900 and 32,700 metric tons since then (Table 30). The equivalent amounts for the EPO are 2,600 metric tons for 1971, 12,900 metric tons for 1992, and about 7,000 to 10,000 metric tons for 1993-1995 (but only about 5,500 metric tons for 1996) (Table 31).

During the 1971-1975 period the annual catches of swordfish in the EPO averaged about 3,700 metric tons (range: 2,600 to 6,400) (Table 31 and Figure 81). During the 1976-1986 period, these averaged about 6,100 metric tons (range: 4,300 to 7,400). Then, during the 1987-1991 period, the catches increased from about 9,100 metric tons in 1987 to about 14,000 metric tons in 1991. This increase occurred during a period when the catches by vessels of Japan were declining, while those by vessels of Chile were increasing. Anticipating that the catches of swordfish in the EPO by vessels of the Republic of Korea during the 1993-1995 period will be reported at about 500 metric tons per year, the catches of swordfish in the EPO have decreased an average about 1,700 metric tons per year, from the 1991 peak of about 14,000 metric tons to only about 7,500 metric tons in 1995 and 5,500 metric tons in 1996 (Table 31).

Of the 182,200 metric tons of swordfish harvested in the Pacific Ocean during the 1990-1995 period, Japanese fisheries accounted for the greatest portion of the catch (42 percent), with considerable amounts also taken by vessels of Chile (16 percent), the United States (15 percent), the Philippines (13 percent), and the Republic of China (9 percent) (Table 30). During the same period, at least 65,400 metric tons of swordfish were taken in the EPO, with fisheries of Chile harvesting about 46 percent of this catch, and the fisheries of Japan (25 percent), the United States (13 percent), and Mexico (10 percent) accounting for most of the remaining reported catches (Table 31).

There are many problems with the catch statistics for swordfish. The data in Tables 30 and 31 were compiled from various sources, which sometimes disagreed with one another. Several meetings on swordfish were held during 1996, and further meetings are planned. It is anticipated that many of the problems will be resolved.



### ***Japan***

Swordfish are caught in the EPO by Japanese longline vessels. Most longline sets are made early in the day, so that the gear fishes during the daylight hours, with retrieval occurring at or near dusk. It has been suggested that most of the swordfish caught by this gear are taken while the gear is being retrieved during periods of darkness.

During the 1952-1962 period, components of the Japanese longline fleet directed their effort at swordfish by fishing at night with squid, rather than with saury or other baitfish, for bait. This practice takes advantage of the fact that swordfish tend to remain near the surface during the night and in deeper water during the day. This type of fishing was first employed in the EPO in 1963. It was possible to distinguish effort directed at swordfish from other effort with records on the type of bait used. During the late 1960s, however, this distinction was clouded by the increasing use of squid for bait in daytime sets directed at tunas.

The annual effort by Japanese longline vessels in the Pacific ranged from about 275 to 300 million hooks during 1970-1975, from about 327 to 400 million hooks during 1976-1985, and from about 356 to 399 million hooks during 1986-1992. The effort in the EPO ranged from about 67 to 107 million hooks during 1970-1975, from about 107 to 140 million hooks during 1976-1985, and from about 160 to 200 million hooks during 1986-1994. In 1995 the effort in the EPO dropped to about 125 million hooks.

During the 1980s and early 1990s small amounts of swordfish were taken in the EPO by the high-seas gillnet fishery. This fishery was discontinued after 1992.

### ***Chile***

The Chilean artisanal fishery for swordfish operates 15 to 150 nm off northern and central Chile. More than 90 percent of the vessels are less than 18 m (60 feet) in length and fish with gillnets. A small part of this fleet continues to fish with harpoons. As the average vessel size has increased over time, an increasing proportion of the fleet has been licensed for and has fished with both gillnet and longline gear. Most of the catch is made during January to June, with the peak occurring from March to May. Because of low catches per unit of effort (CPUEs), the fishermen switch to other species by July or August.

The increased catches of swordfish during the late 1980s and early 1990s were due to developing markets for fresh and frozen swordfish in the United States during that period.

### ***United States***

The principal U.S. swordfish fisheries in the Pacific Ocean are the gillnet fishery and the longline fishery.

Prior to the late 1970s, the only significant U.S. swordfish fishery was the harpoon fishery conducted off Southern California during the late summer and fall. Since the 1978 peak catch of about 1,600 metric tons, the annual catch in this fishery has dropped to about 150 metric tons.

Since 1981 the greatest catches of swordfish by vessels based on the U.S. mainland have been made with gillnets. This fishery was originally directed at sharks, but is now directed seasonally at swordfish. During the first few years following this shift in fishing strategy, the annual swordfish catch by gillnets increased to a peak of about 1,400 to 1,500 metric tons in 1984 and 1985. The regulations for this fishery, which is conducted primarily within the Exclusive Economic Zone (EEZ) of the United States are complex, including time and area restrictions, and restrictions on gear configuration. Many of the restrictions were developed to protect other

species. These restrictions result in approximately 80 percent of the gillnet catch of swordfish being made during the September–December period.

The most recent significant changes in the U.S. fishery for Pacific swordfish have been in the longline fishery operating from Hawaii and, more recently, Southern California. Most of the Southern California-based vessels had left the fishery by the end of 1995, however. Prior to 1989, swordfish were an incidental catch of the longline fishery, which was directed at tunas and took place primarily within the U.S. EEZ around Hawaii. During the early 1990s, U.S.-flag vessels from the Atlantic coast and Gulf of Mexico, using fishing strategies developed for fishing for swordfish in the Atlantic Ocean, including making sets at night with shallow gear and lighted hooks, entered the Hawaii-based fleet. As the fishing effort has increased with the addition of vessels, there has also been an expansion of the fishery to include significant effort in international waters outside the U.S. EEZ around Hawaii. The catches of swordfish by the longline fleet based in Hawaii increased nearly 10-fold, from about 200 metric tons in 1989 to about 1,600 metric tons in 1990, and then trebled to about 4,500 metric tons in 1991 and 5,000 metric tons in 1992. These catches are made mostly during the January–June period. The 1994 catch of swordfish declined by nearly 50 percent relative to the previous few years, due partly to reduced effort directed at swordfish and partly to reduced CPUEs. The CPUEs returned to normal in 1995, however. During the 1994–1996 period the catch of swordfish by this fleet averaged about 2,500 metric tons. On average, less than about 20 percent of the catches of swordfish by these vessels have been made in the EPO, with catches of about 200, 700, and 400 metric tons of swordfish made in the EPO in 1994, 1995, and 1996, respectively.

### ***Mexico***

The Mexican swordfish fishery began after Mexico's adoption of a 200-nm EEZ and restriction of foreign fishing operations within that zone. Prior to this time, large catches of billfish, including swordfish, were taken by the longline fisheries of other nations in what is now Mexico's EEZ. During the 1980–1989 period Mexico authorized joint-venture longline fisheries operating under the Mexican flag. During the early 1980s the effort exerted by this fishery was low, but by the end of the decade about 10 to 15 vessels were participating in the fishery. The fishing effort (number of hooks set) varied widely during the period of this fishery, ranging from about 260 thousand hooks in 1984 to about 3.8 million hooks in 1988. The total swordfish catch made during the period this fishery existed was about 1,800 metric tons, with annual catches ranging from about 5 metric tons in 1984 to about 500 metric tons in 1981.

Since the elimination of the joint-venture longline fisheries for billfish, a gillnet fishery for billfish within the Mexican EEZ has developed. It is estimated that by 1990 about 25 vessels were operating, and since then most of the catch of swordfish has been taken by this method.

### ***Stock assessment***

Three general types of models, age-structured models, spawner-recruit models, and production models, all of which are described in the section of this report dealing with yellowfin tuna, are used to assess the condition of stocks of fish. All three types of models require that the analyses be done with a discrete stock of fish. Little is known of the stock structure of swordfish in the Pacific Ocean, so the results presented below should be regarded as provisional.

Production models, using data from the Japanese longline fishery for 1952 through 1980, have been applied to swordfish in the Pacific Ocean by several investigators. Their results were only tentative, for at least two reasons. First, due to lack of data on tag returns, meristic and morphometric characteristics, genetic characteristics, *etc.*, the investigators had to make assump-

tions regarding stock structure based on the distribution of catches of the fish. Second, due to lack of data which could be used to make adjustments for differences in the vulnerability of the fish to capture, they had to assume that swordfish were equally vulnerable to capture by longline gear in all years, seasons, and areas. They concluded that the swordfish were capable of supporting greater catches than those which were taken during that period. The fisheries have changed since then, however. By 1992, the swordfish catch in the Pacific Ocean had reached about 36,400 metric tons, a 76-percent increase since 1986. The Japanese share of this catch declined from about 72 percent to about 44 percent, so the Japanese fishery may no longer provide coverage adequate to monitor the entire fishery. Data for the coastal fisheries of Chile, Costa Rica, Ecuador, Mexico, the Philippines, the United States, and other nations should be included in future analyses. Because the fisheries are expanding, it is important that such analyses be conducted.

The Deriso-Schnute delay-difference population model (Hilborn and Walters, 1992, *Quantitative Fisheries Stock Assessment*, Chapman and Hall, New York and London: 330-348) has been used with catch and effort data for 1962-1987 by the IATTC staff to investigate the dynamics of swordfish in the EPO. The data which were available at the time of the analysis, which show declining CPUEs with increasing fishing effort, provide a minimal amount of information with which to model the dynamics of a population. Preliminary examination of catch and effort data for years subsequent to 1987 indicates that the CPUEs have continued to decline, but are still greater than the CPUEs which correspond to the average maximum sustainable yield (AMSY), so swordfish are apparently not overfished in the EPO. These more recent data will be incorporated into future analyses of the status of swordfish stocks in the EPO. Until such analyses are completed, it is not possible to estimate the current level of the swordfish stocks in the EPO with respect to the level to be expected at AMSY.

### ***Discussion and conclusions***

After a decline in the catches of swordfish in the Pacific Ocean during the early 1960s, when the Japanese longline fleet in the northwestern Pacific began to direct its effort toward species other than swordfish, the Pacific-wide catch began to increase. During the 1970s and 1980s, due to increased demand for swordfish, fishing effort increased in the Atlantic Ocean. At first the catches increased, but then, presumably due to overexploitation, they decreased. If the catches in the Pacific Ocean continue to increase, it is possible that, based on the Atlantic experience, the abundance of swordfish will be reduced to the point that the catches will eventually decline. The question arises as to how overfishing might be avoided in the Pacific Ocean, that is, how exploitation can be kept in balance with the ability of the swordfish population to support the catches. The answer, of course, is that we must gain sufficient understanding of the population dynamics of swordfish and be willing to utilize that understanding for purposes of management.

There are a number of technical requirements that must be met to ensure adequate stock assessment. One of the most important prerequisites for management is an understanding of the population structure of the stocks of swordfish that are the object of exploitation.

Comprehensive catch and effort data are necessary for application of production models. For each fishery, data are needed on the catches for small areas and short time intervals, along with measures of fishing effort, such as numbers of vessels operating, numbers of hooks set per day, or hours of deployment for gillnets. Corresponding information for recreational fisheries, if and when the catches by those fisheries became important, is also necessary. A practical way to collect such information for commercial fisheries is through the establishment of a logbook system

to be maintained by vessel captains or crew members, complemented by an observer program. Other systems, such as monitoring of important landing locations, could be developed for smaller vessels. With this sort of data, analyses utilizing production models could be carried out. Although limited in scope, these models could provide initial estimates of potential catches and early warnings of overfishing.

Measurements of the lengths and/or weights of fish in the catch, plus catch data, are necessary for application of age-structured models. The size and catch data can be used to estimate the rates of growth and of natural and fishing mortality. In addition, information on reproductive characteristics, such as sex ratio, fecundity, frequency of spawning, and location of spawning areas, should be collected. A program to collect such data would have to include sampling at many of the major landing sites of the commercial fisheries. Samples would have to be collected on a regular basis for an extended period of time.

The information required for application of spawner-recruit models is essentially the same as that required for application of age-structured models.

Longlines and gillnets take the greatest amounts of swordfish in the Pacific Ocean. Longlines and gillnets normally capture a variety of large pelagic fishes, such as tunas, marlins, and sharks, along with swordfish. Tunas and marlins are less common in the catches of gillnet vessels than in those of longline vessels. In addition, turtles are occasionally taken by longline and gillnet gear, seabirds are sometimes taken by longlines, and a few marine mammals are caught by gillnets. The catches of swordfish can be maximized and those of other species can be minimized by selecting the locations in which the gear is deployed, the configuration of the gear, *etc.*, but in no case can catches of only swordfish be assured.

The actual and perceived capture of marlins and sailfish, sharks, marine mammals, turtles, and birds by longlines and/or gillnets has resulted in action on the part of some groups to limit the use of these types of gear. It is imperative, if this perceived problem is to be resolved, that information be collected on the numbers and kinds of animals taken as bycatches. (Information on the bycatches of gillnet vessels operating off California has been published (Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 175).) Along with these efforts to collect data, it would be desirable to design, develop, and implement modifications to the fishing gear and/or its deployment which would reduce the bycatches, if it is shown that the gear has significant impacts on the species making up the bycatches.

### TUNA-DOLPHIN PROGRAM

Yellowfin tuna in the size range of about 10 to 40 kg (22 to 88 pounds) frequently associate with marine mammals, especially spotted, spinner, and common dolphins, in the eastern Pacific Ocean (EPO). The spatial distributions of the various stocks of these three species are shown in Figure 82. Purse-seine fishermen have found that their catches of yellowfin in the EPO can be maximized by searching for herds of dolphins or flocks of seabirds which frequently occur with dolphins and tunas, setting their nets around the dolphins and tunas, retrieving most of the net, "backing down" to enable the dolphins to escape over the corkline of the net, and finally retrieving the rest of the net and bringing the fish aboard the vessel. Unfortunately, particularly during the 1960s and 1970s, many dolphins became entangled in the nets and suffocated.

The IATTC's responsibilities were broadened in 1976 to address the problems arising from the incidental mortality in purse-seine nets of dolphins which associate with tunas in the EPO. The Commission agreed that it "should strive to maintain a high level of tuna production and also to maintain [dolphin] stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, with every

reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of [dolphins]" (IATTC, 33rd meeting, minutes: page 9). The principal responsibilities of the IATTC's Tuna-Dolphin Program are (1) to monitor the abundance of dolphins and their mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners fishing in the EPO, (2) to analyze these data and make appropriate recommendations for the conservation of dolphins, (3) to study the causes of mortality of dolphins during fishing operations and encourage fishermen to adopt fishing techniques which minimize the mortalities of dolphins, and (4) to study the effects of different modes of fishing on the various fish and other animals of the pelagic ecosystem.

## DATA COLLECTION

### *Coverage*

The design for placement of observers during 1996 called for 100-percent coverage of fishing trips in the EPO by all Class-6 purse seiners (carrying capacity greater than 400 short tons (363 metric tons)) and by all Class-5 purse seiners (carrying capacity 301-400 short tons (273-363 metric tons)) which participated in the International Dolphin Conservation Program (IDCP; described later). All trips by vessels of fleets other than that of Mexico were to be sampled by the IATTC Tuna-Dolphin Program. Half of the trips of vessels of the Mexican fleet were to be sampled by observers of its national program (Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD)) and the remainder by IATTC observers.

During 1996 observers from the IATTC and Mexican national programs departed on 562 fishing trips by Class-6 vessels and 18 fishing trips by Class-5 vessels with dolphin mortality limits (DMLs; described in the section entitled **THE INTERNATIONAL DOLPHIN CONSERVATION PROGRAM**). In addition, 47 Class-6 vessels whose last trip of 1995 carried over into 1996 had observers aboard, bringing the total to 609 trips by Class-6 vessels sampled in 1996 by the IATTC and Mexican programs. The IATTC sampled vessels operating under the jurisdictions of Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, the Federated States of Micronesia, Honduras, Liberia, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

The sampling coverage of vessels of the international fleet by the IATTC and Mexican programs is summarized in Table 32. Over 80 percent of all trips were sampled by the IATTC program, and 100 percent of them were sampled by the two programs combined.

### *Training*

Three courses for training observers in the collection of data aboard tuna vessels were held during 1996 (Table 33). The attendees were instructed in the identification of tunas, marine mammals, turtles, and seabirds, the 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.

## GEAR PROGRAM

### *Services*

During 1996 the IATTC staff conducted alignments of dolphin safety panels (DSPs) and inspections of dolphin rescue gear aboard 32 vessels, 28 registered in Mexico and 1 each registered in Colombia, Ecuador, Panama, and Vanuatu. A trial set, during which an IATTC employee

observes the performance of the net from an inflatable raft during backdown, is made to check the alignment of the DSP. The IATTC employee transmits his observations, comments, and suggestions to the captain of the vessel, 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 fleet managers and operators of individual vessels to 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 performances of the vessels and captains.

### ***Workshops on the reduction of dolphin mortality***

One workshop on reducing dolphin mortality was held in July 1996 in La Jolla, California, USA, for one fishing captain. These workshops are intended not only for 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 and others who attend the workshops are presented with certificates of attendance.

### ***"Dolphin-safe" certificates***

The IATTC provides "dolphin-safe" certificates to purse-seine vessels for fishing trips during which an IATTC observer was on board and for which the observer's data indicated that no dolphins were intentionally chased or encircled. These certificates are issued only at the request of vessel management. In 1996, the IATTC issued 221 of these certificates to vessels under the jurisdictions of Belize, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, Liberia, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

### ***Statements of Participation***

*Statements of Participation*, which were initially requested by representatives of some nations, verify that vessels have been participating in the IDCP at the observer coverage level of 100 percent. In other words, it states that an observer has been aboard the vessel during each trip since it began its participation in the IDCP. A statement 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 gear during a trial set. During 1996 the IATTC issued, on request, statements for 68 fishing trips by vessels under the jurisdictions of Belize, Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

## **RESEARCH**

### ***Estimates of the mortality of dolphins due to fishing***

In 1996 the incidental mortality of dolphins decreased to 2,547 animals (Table 34), the lowest level since the fishery for tunas associated with dolphins began, and a 22-percent reduction relative to the mortality of 3,274 animals recorded in 1995. The number of sets on dolphin-associated schools of tuna increased by 4 percent, from 7,209 to 7,483; however, the proportion of the total sets made which were made on dolphins decreased slightly in 1996 (43.8 percent) as

compared to 1995 (45.3 percent). The average mortality per set on dolphins decreased from 0.45 animals in 1995 to 0.34 animals in 1996. The trends in the numbers of sets on dolphin-associated fish, mortality per set, and total mortality in recent years are shown in Figure 83. As in previous years, most of the progress toward the goal of eliminating the mortality is due to the success of fishermen in their efforts to release all the dolphins encircled.

The catches of dolphin-associated yellowfin decreased relative to 1995. The percentage of the catch of yellowfin taken in sets on dolphins decreased from 67.8 percent of the total catch in 1995 to 63.1 percent of the total catch in 1996, as did the average catch per set on dolphins, which decreased from 20.9 to 20.4 metric tons per set. The mortality per metric ton decreased from 0.022 animals in 1995 to 0.017 animals in 1996.

The above figures include data from trips by tuna vessels covered by observers from the PNAAPD of Mexico and the IATTC, but the comparisons in the next two paragraphs are based only on the IATTC data bases for 1995 and 1996.

The decrease in the mortality per set is the result of actions by the fishermen to better manage the factors which bring about incidental mortalities. Indicative of this effort is the number of sets in which no mortalities occurred; there was zero mortality in 88 percent of the sets on dolphin-associated fish in 1996, up from 85 percent in 1995. Factors in control of the fishermen which are thought likely to affect the mortality of dolphins per set include the occurrence of malfunctions, especially those which lead to net canopies and net collapses, the time it takes to complete the backdown maneuver, and the size of the herd captured. The percentage of sets with major mechanical malfunctions decreased from 7.7 percent in 1995 to 7.1 percent in 1996. The percentage of sets with net collapses decreased from 10.3 percent in 1995 to 7.3 percent in 1996, and the percentage of sets with net canopies from 6.0 to 4.9 percent. The average backdown time in 1996 was 13.6 minutes, as compared to 14.0 minutes in 1995 and the average number of animals left in the net after backdown was 0.2 in 1996 as compared to 0.4 in 1995. The average size of the herds of dolphins captured increased slightly from 473 animals in 1995 to 477 animals in 1996.

The average numbers of dolphins (by stock) in captured schools and the average mortalities per capture in 1996 were similar to those of previous years, with the greatest average number of animals captured per set and the greatest mortality per capture occurring for common dolphins. In 1996 the average numbers of spotted dolphins, eastern spinner dolphins, whitebelly spinner dolphins, and common dolphins captured per set were 428, 130, 170, and 656 animals, respectively. However, the average number of animals in captured schools was greatest for mixed schools of spotted and spinner dolphins. The average captures per set for mixed schools of spotted and whitebelly spinner dolphins and for mixed schools of spotted and eastern spinner dolphins were 900 and 888 animals, respectively. The average mortality per capture for spotted dolphins, eastern spinner dolphins, whitebelly spinner dolphins, and common dolphins in 1996 was less than 4 animals per 1000.

### ***Estimates of the relative abundance of dolphins***

Observers are placed aboard tuna vessels with the primary objectives of monitoring the incidental mortality of dolphins and collecting data which could lead to further reductions in dolphin mortality. They also collect information on the searching activities of the vessels and the frequency of encounters with marine mammals. These data can be used to obtain estimates of the abundance of dolphins by applying a technique known as line transect analysis, with which an adjustment factor is estimated from the data on sightings. This factor provides a way of accounting for dolphins not seen from the vessel.

Unfortunately, the assumptions necessary for line transect analyses to yield unbiased estimates of absolute abundance are violated in various ways, but primarily by the fact that tuna vessels tend to concentrate their operations in areas of greatest dolphin abundance. The analytical procedures applied should therefore be as insensitive as possible to those violations. The procedures used, developed by the IATTC staff and described in IATTC Annual Reports for previous years, are unlikely to remove all biases, so the resulting estimates should be treated as indices of relative abundance of the stocks, rather than estimates of their absolute abundance.

In order to assess whether changes observed in a time series of annual indices of relative abundance reflect changes in the populations or random interannual fluctuations in the sampling conditions, an additional statistical procedure is applied to the series. This procedure is designed to remove those random fluctuations, and thus allow the underlying trend and confidence limits for the relative abundance of the population to be estimated.

The number of nautical miles of searching effort observed aboard tuna vessels during 1996, the number of sightings made during searching effort, and the sizes of the areas assumed to be occupied by the various stocks are shown in Table 35. As part of the treatment to reduce biases in the estimates, the data from some trips are excluded from the analyses; these data are not included in the table. The relative abundance indices for the various stocks are listed in Table 36. The time series of the indices estimated for each of the stocks for which there is sufficient information, the estimated underlying trends in population abundance, and the confidence limits are shown in Figures 84 through 91. The confidence limits are calculated in a way which allows the significance of the differences between estimates for pairs of years to be assessed directly from the figure: if the ranges of the confidence limits of two estimates do not overlap, then the estimates differ significantly. The approximate confidence level of that comparison is 95 percent.

### ***Offshore spotted dolphin***

The estimated indices and trends for the two stocks (northeastern and western-southern, respectively) of offshore spotted dolphins currently assumed for the EPO are shown in Figures 84 and 85. The trends suggest that the populations have not changed much in recent years, after a decline which ended during the early 1980s.

The figure for the northeastern stock suggests an apparent recent lesser decline, the estimates for 1993-1996 being significantly less than those for the late 1980s. However, given the low incidental mortality rates of recent years, it is likely that this trend reflects changes in environmental conditions. The distribution of the individual estimates suggests the possibility of 3-year periods of relative stability in sampling conditions. The IATTC staff is currently exploring these possibilities, using new analytical techniques which directly incorporate data from the environment.

The pattern for the western-southern stock is similar, but less marked; after a sudden drop in 1993, the recent indices have increased sequentially to close to the values of the mid-1980s. It is unclear from the data whether the apparent decline in the estimates for the 1983-1986 period reflects real changes in abundance: 1983 was a year with a severe El Niño event, and the low indices for 1985 and 1986 coincide with high estimates of relative abundance for the northeastern stock, suggesting the possibility of movements of dolphins across the current stock boundaries.

For this reason, the data for both stocks were combined and analyzed together (Figure 86). The results reveal almost no change in recent years, with the exception of a sudden drop in 1993, coincidentally also a year with a strong El Niño event.



### ***Spinner dolphin***

The eastern stock of spinner dolphins has been stable over the last few years (Figure 87), with no significant changes in population levels, despite some indication of an increase during the last three years. For the whitebelly stock, the trend in Figure 88 indicates that there have been few changes in the last decade; the exception is a significant difference between the estimates for 1987 and 1994.

### ***Common dolphin***

After adding the 1996 estimate, the smoothed index for 1995 for the northern stock of the common dolphin is significantly less than the indices for years prior to 1993 (Figure 89). However, as discussed in Annual Reports of the IATTC for previous years, the interpretation of recent trends in the indices is problematic, since the indices represent the abundance in only a fraction of the area of the distribution of the stock. Recent aerial and ship surveys off Southern California showed large increases in the abundance of common dolphins relative to previous estimates, suggesting a shift in the distribution toward the northern portion of their range (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 95 (1): 1-14). That area receives little or no effort from tuna purse seiners, so the IATTC staff's estimates are markedly affected by such changes in distribution. More surveys are required to achieve a better understanding of the spatial distribution of the stock within its range and also of the relative distribution of the two species of common dolphins occurring in this region.

The data for the central stock of common dolphins indicate a stable population size since the early 1980s, after a decline during the late 1970s (Figure 90). Data for the southern stock are very sparse, making trends in abundance difficult to assess (Figure 91). There are no significant differences among the estimates over the entire time series.

### ***Bycatches in the purse-seine fishery for tunas***

IATTC observers began to collect information on bycatches during purse-seine fishing operations in late 1992, and this program continued through 1996. In this report "bycatches" are defined as the fish or other animals which are discarded dead at sea. During 1996 the data collected during previous years were reviewed and revised when appropriate. Information on the coverage of sets on dolphins, on free-swimming schools, and on floating objects is given in Table 37. (The numbers of sets in this table do not match those in Table 5 because Table 5, which is based on the IATTC's catch statistics data base, does not include data for sets by vessels from which usable logbook data were not obtained, whereas Table 37, which is based on the IATTC's tuna-dolphin data base, does not include data for trips by vessels of Classes 1-4, nor for most trips by Class-5 vessels, as these were not accompanied by observers.) The coverage is incomplete, but more than adequate for most statistical purposes.

The methods used below for estimation of the bycatches are quite simplistic. Research on stratification of the data by area, season, size class of vessel, set type, *etc.*, is in progress, and when this is completed more accurate and precise estimates of the bycatches can be calculated.

### ***Bycatches of commercially-important tunas***

Estimates of the bycatches of commercially-important tunas are shown in Table 38. These estimates were obtained by multiplying the estimates from the tuna-dolphin data base by the ratio of the total retained catch of the species in question during the year in question to the retained catch of that species during that year for trips in the tuna-dolphin data base. The bycatches have increased as the numbers of sets on floating objects (Table 37) have increased.

Bycatches are always wasteful, as they reduce the recruitment, yield per recruit, or both. Furthermore, as was shown previously in this report, catching small yellowfin, even if they are retained, reduces the yield per recruit of this species. The same could be the case for bigeye, but lack of information on the age-specific natural mortality of this species makes it impossible to determine the effect of the increases in the catches of small bigeye. Nevertheless, these increases are of considerable concern, as the market value of larger bigeye, which are caught almost exclusively by longlining, is much greater than that of surface-caught bigeye (or yellowfin or skipjack).

#### ***Bycatches of other species***

Estimates of the bycatches of animals other than commercially-important tunas are shown in Table 39. These estimates were obtained from the tuna-dolphin data base, so the estimates are less than they would be if data for smaller vessels, which fish almost entirely on free-swimming schools and floating objects, were included. The bycatches have increased as the numbers of sets on floating objects (Table 37) have increased. The bycatches of all species except dolphins are greatest in sets on floating objects, intermediate in sets on free-swimming schools, and least in sets on dolphins. Olive ridley (*Lepidochelys olivacea*), green (*Chelonia mydas*), leatherback (*Dermochelys coriacea*), hawksbill (*Eretmochelys imbricata*), and loggerhead (*Caretta caretta*) turtles, all of which are considered to be endangered, are taken as bycatch by purse-seine vessels. (Most of those which are caught are released in viable condition; Table 39 includes only turtles which were killed.) The information available on the biology of the species of fish listed in Table 39 is insufficient to determine the effects of their capture by the purse-seine fishery. If any of them are seriously affected, it is most likely to be one or more species of sharks or rays, as their fecundities are low, and removing substantial amounts of these is likely to reduce their recruitment in subsequent years.

#### ***Impacts of measures to decrease bycatches***

"Bycatch reduction curves" (Figures 92-94) show the tradeoffs involved in attempts to reduce the bycatches. Data on the catches of tunas and the bycatches of selected species (IATTC Annual Report for 1995: Figures 39-41) are calculated for selected area and time strata (e.g. 1-degree areas for 1993-1994 in the above-mentioned Figures 39-41). Then the strata with the highest bycatch-catch ratios (i.e. those in which the maximum reduction in bycatch can be achieved with the minimum reduction in catch) are eliminated sequentially, as shown in Figures 92-94. If the distributions of the catches of tunas and a bycatch species were the same the "curve" would be a straight line running from the upper left corner to the lower right corner of the graph, and reduction of the bycatch by, say, 50, 80, or 100 percent would be accompanied by the loss of 50, 80, or 100 percent of the catch of tunas. Fortunately, however, the distributions of the tunas and bycatch species are not the same. Thus, for example, a 50-percent reduction in the bycatch of mahi-mahi (*Coryphaena* spp.), wahoo (*Acanthocybium solandri*), or blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) could be achieved with a reduction in the catch of tunas of about 7 percent, 4 percent, or 5 percent, respectively (Figures 92-94). The corresponding values for 80- and 100-percent reductions in the bycatches are as follows:

Species	Reduction in bycatches	
	80-percent	100 percent
Mahi-mahi	15	40
Wahoo	10	40
Blacktip shark	25	75

It would clearly be more costly to reduce the bycatches of blacktip sharks by 80 or 100 percent than it would be to reduce the bycatches of mahi-mahi or wahoo by either of those amounts. This is because the catches of blacktip sharks are more evenly distributed in the eastern Pacific Ocean (IATTC Annual Report for 1995: Figure 41) than are those of mahi-mahi and wahoo (IATTC Annual Report for 1995: Figures 39 and 40), which is probably the result of the fact that the proportions of blacktip sharks caught in sets made on dolphin-associated tunas and free-swimming tunas are much greater than those for mahi-mahi and wahoo.

## **THE INTERNATIONAL DOLPHIN CONSERVATION PROGRAM**

The events which led to the establishment of the IDCP and its objectives and functions are described on pages 60-62 of the IATTC Annual Report for 1993.

The overall dolphin mortality limit (DML) established for the international fleet in 1996 was 9,000 animals. Ninety-four vessels were allocated individual DMLs of 96 animals each. The total allocation was 8,967 animals because some vessels received reduced DMLs due to their having exceeded their DMLs for the previous year. Thirty-four of the vessels forfeited their DMLs because they did not utilize them by June 1, 1996; however, these were allowed to request second-semester DMLs. Twenty-four vessels, including 23 which forfeited their original DMLs, were allocated second-semester DMLs of 48 animals each. The total mortality of dolphins in 1996 caused by the fishery was 2,547 animals.

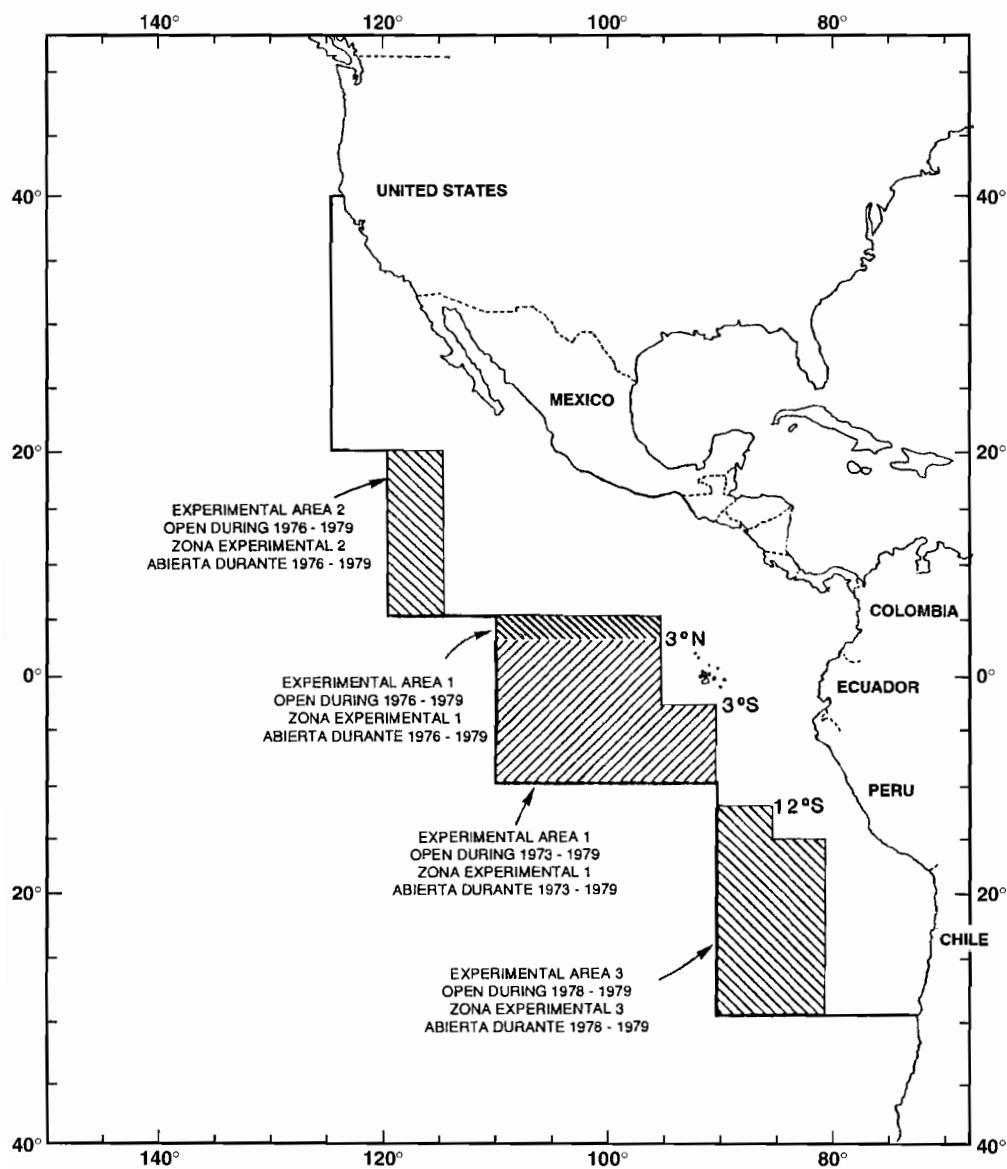
### ***International Review Panel***

The International Review Panel (IRP) held its 11th, 12th, and 13th meetings during 1996. The 11th meeting was held in Ensenada, Mexico, on January 25-26, the 12th meeting in La Jolla, California, USA, on August 28-29, and the 13th meeting, also in La Jolla, on October 19 and 21. The agendas of those meetings are reproduced in the section of this report entitled **MEETINGS**, and details of what took place at these meetings are described in the Annual Report of the IRP for 1996, available on request from the IATTC.

The IRP follows a general procedure for reporting the compliance by vessels with laws and regulations established for minimizing the mortalities of dolphins during fishing operations to the governments concerned. The observers who accompany the vessels on their fishing trips prepare summaries of information pertinent to dolphin mortalities, and these are sent to the governments having jurisdiction of the vessels by the Secretariat of the IRP (IATTC staff members) soon after the fishing trips are completed. The IRP reviews the observer data for all completed trips at its meetings, and after each meeting reports of possible infractions are sent to the governments of the nations which have jurisdiction over the vessels in question. The governments report back to the IRP on actions taken regarding infractions. The IRP then informs the governments of compliance and non-compliance by means of an annual report presented to the governments at the next meeting of the IATTC.

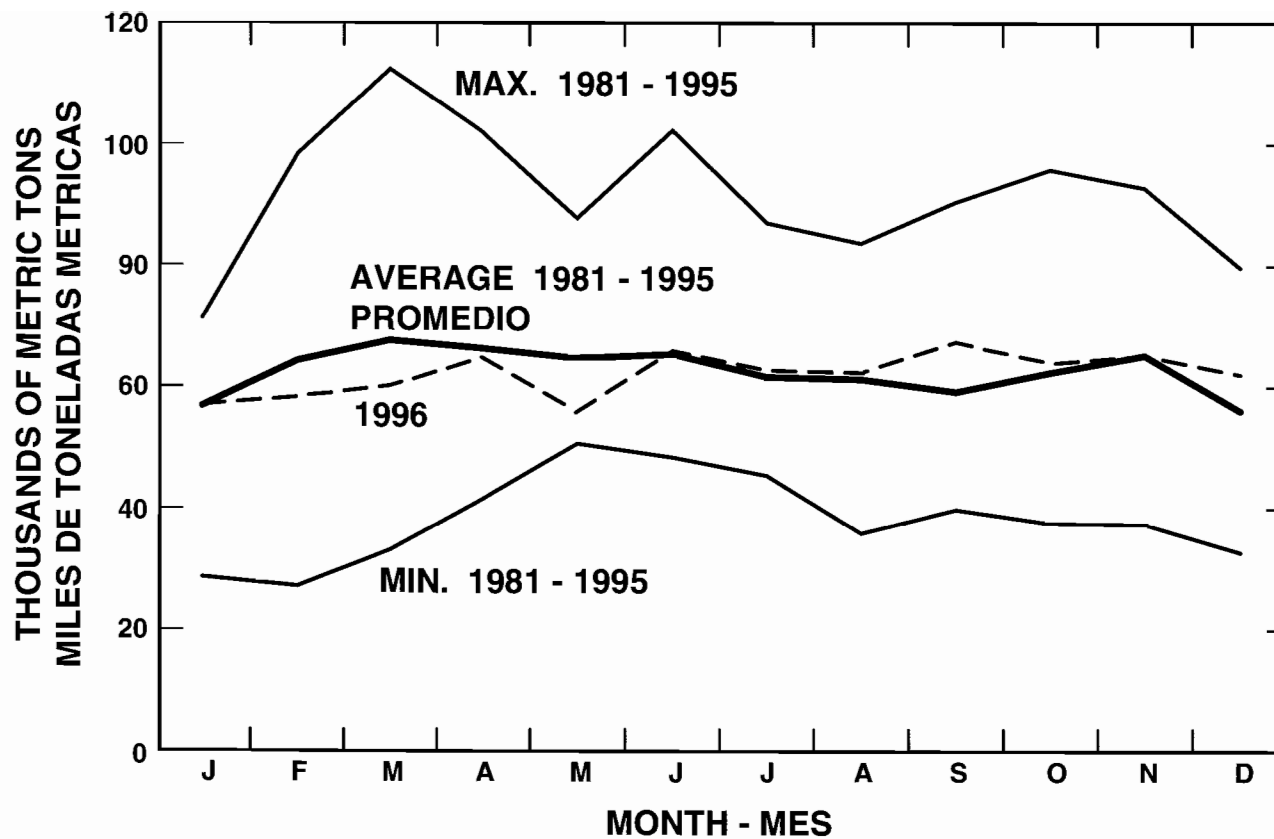
### ***Scientific Advisory Board***

Due to lack of funds, there were no meetings of the Scientific Advisory Board during 1996.



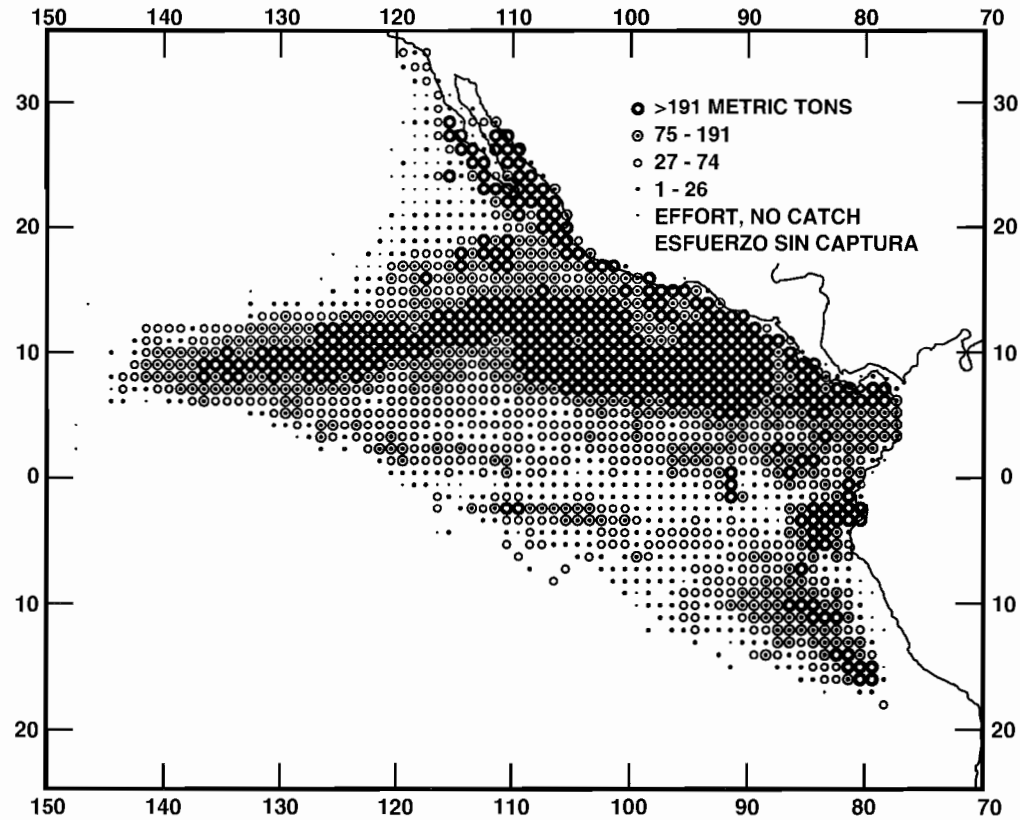
**FIGURE 1.** The eastern Pacific Ocean (EPO) and the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

**FIGURA 1.** El Océano Pacífico oriental (OPO) y el Área Reglamentaria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA).



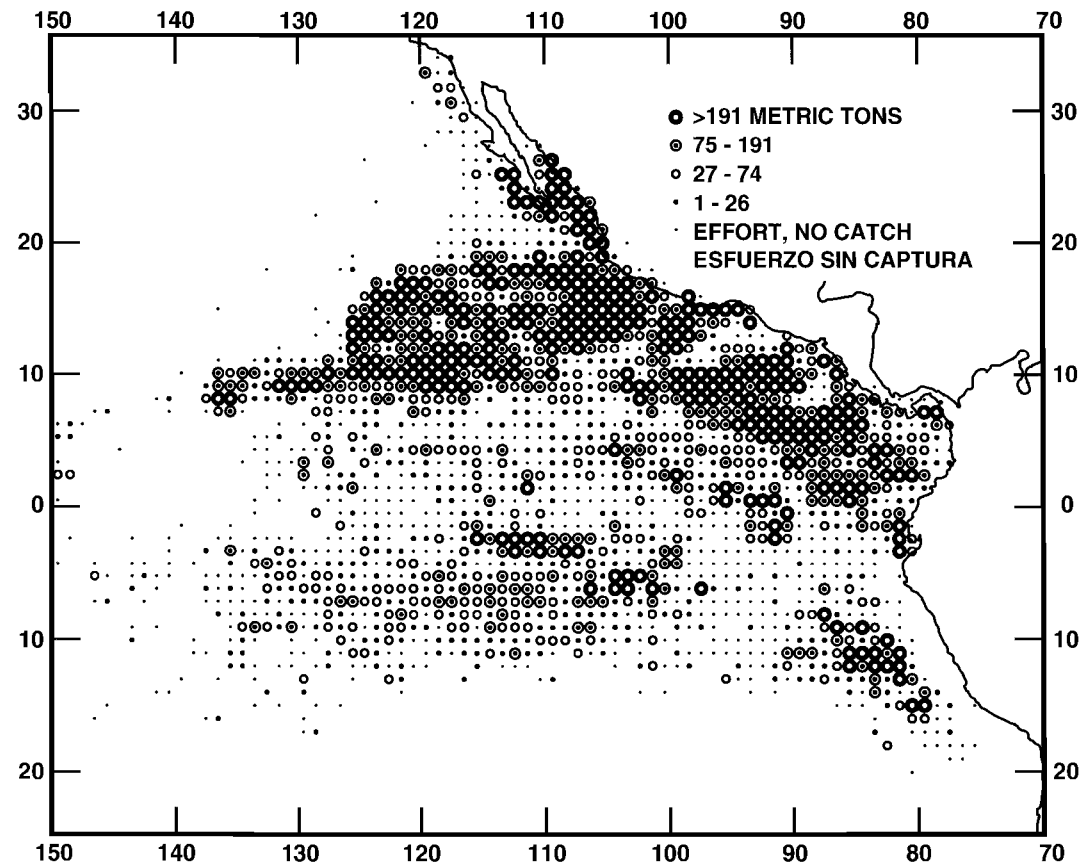
**FIGURE 2.** Average, minimum, and maximum values for monthly capacity at sea in the EPO during 1981-1995, and the 1996 monthly values.

**FIGURA 2.** Valores mensuales medios, mínimos, y máximos de la capacidad en el mar en el OPO durante 1981-1995, y los valores mensuales de 1996.



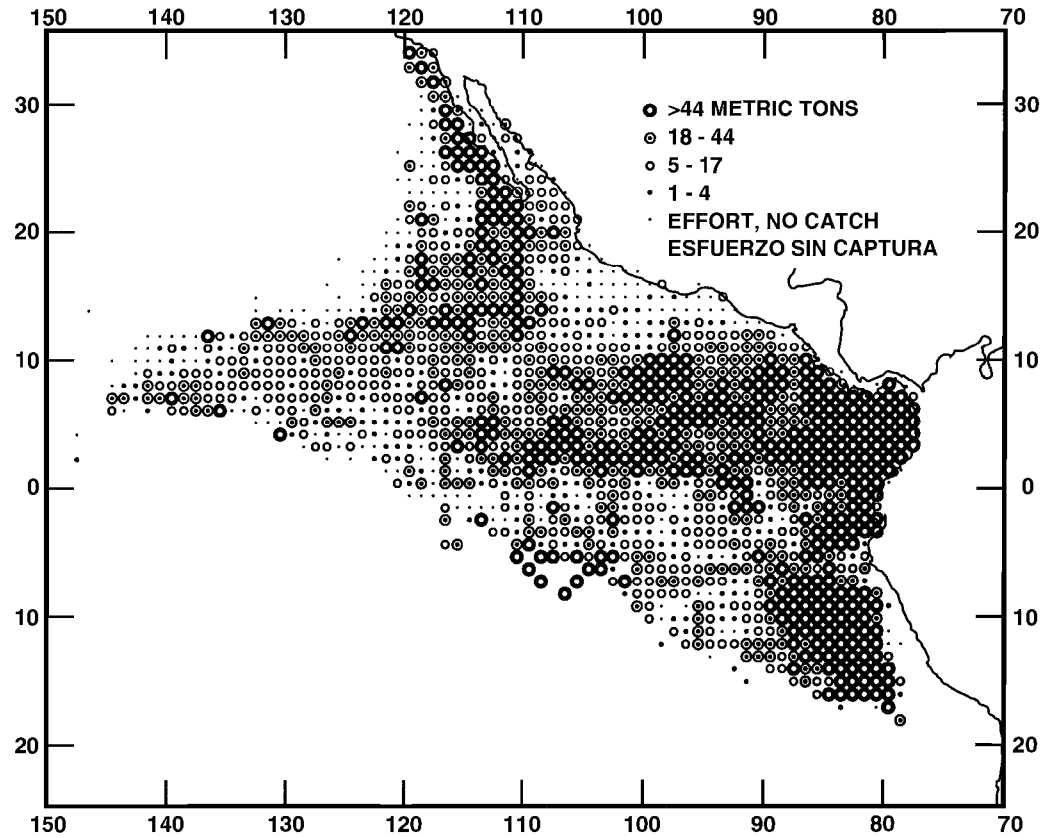
**FIGURE 3.** Average annual catches of yellowfin in the EPO during 1981-1995 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained. The averages were calculated only for 1-degree areas for which three or more years of data were available.

**FIGURA 3.** Capturas medias anuales de aleta amarilla en el OPO durante 1981-1995, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables. Se calcularon promedios solamente para las áreas de 1° para las cuales se disponía de tres años o más de datos.



**FIGURE 4.** Catches of yellowfin in the EPO in 1996 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

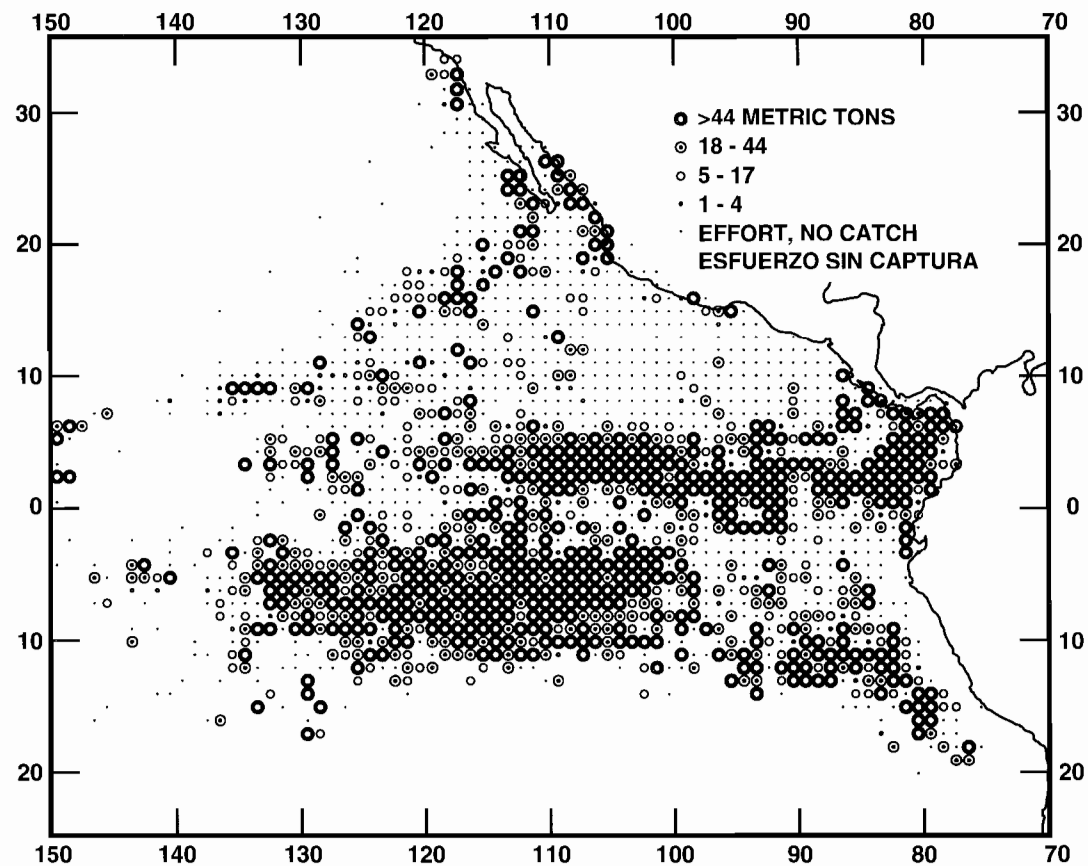
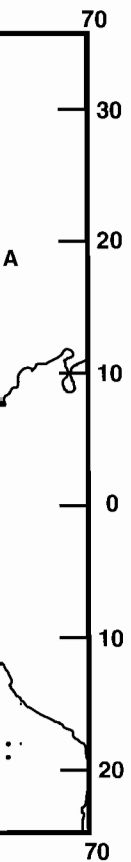
**FIGURA 4.** Capturas de aleta amarilla en el OPO en 1996, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 5.** Average annual catches of skipjack in the EPO during 1981-1995 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained. The averages were calculated only for 1-degree areas for which three or more years of data were available.

**FIGURA 5.** Capturas medias anuales de barrilete en el OPO durante 1981-1995, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables. Se calcularon promedios solamente para las áreas de 1° para las cuales se disponía de tres años o más de datos.





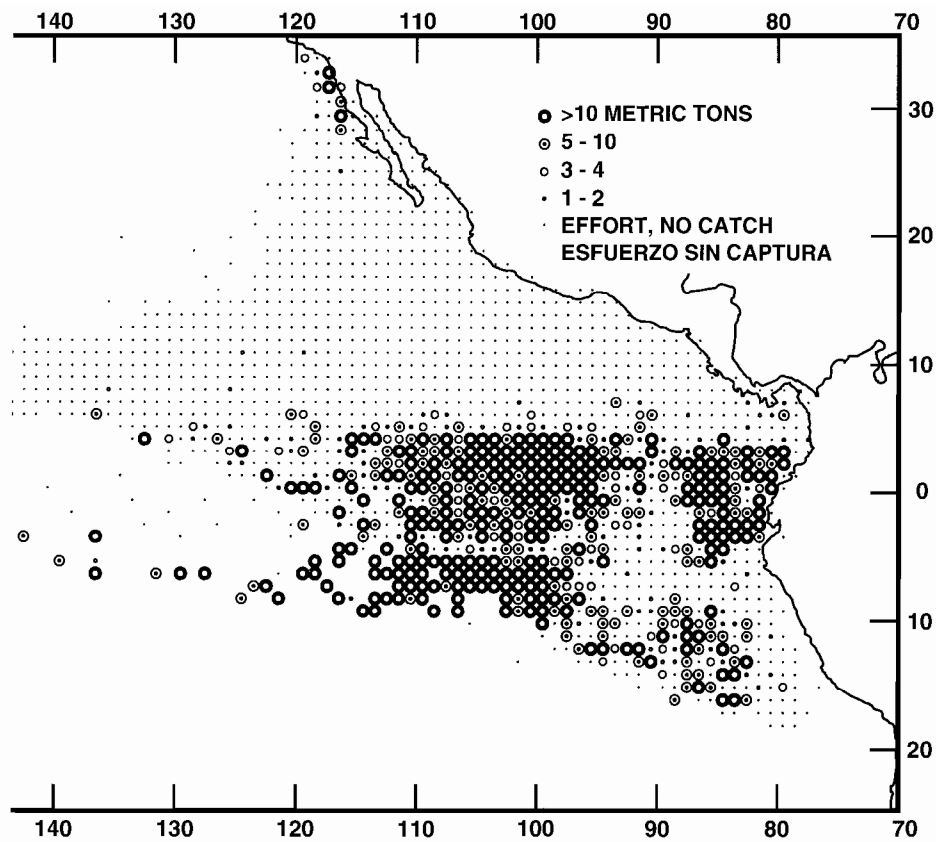
**FIGURE 6.** Catches of skipjack in the EPO in 1996 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 6.** Capturas de barrilete en el OPO en 1996, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



92

TUNA COMMISSION

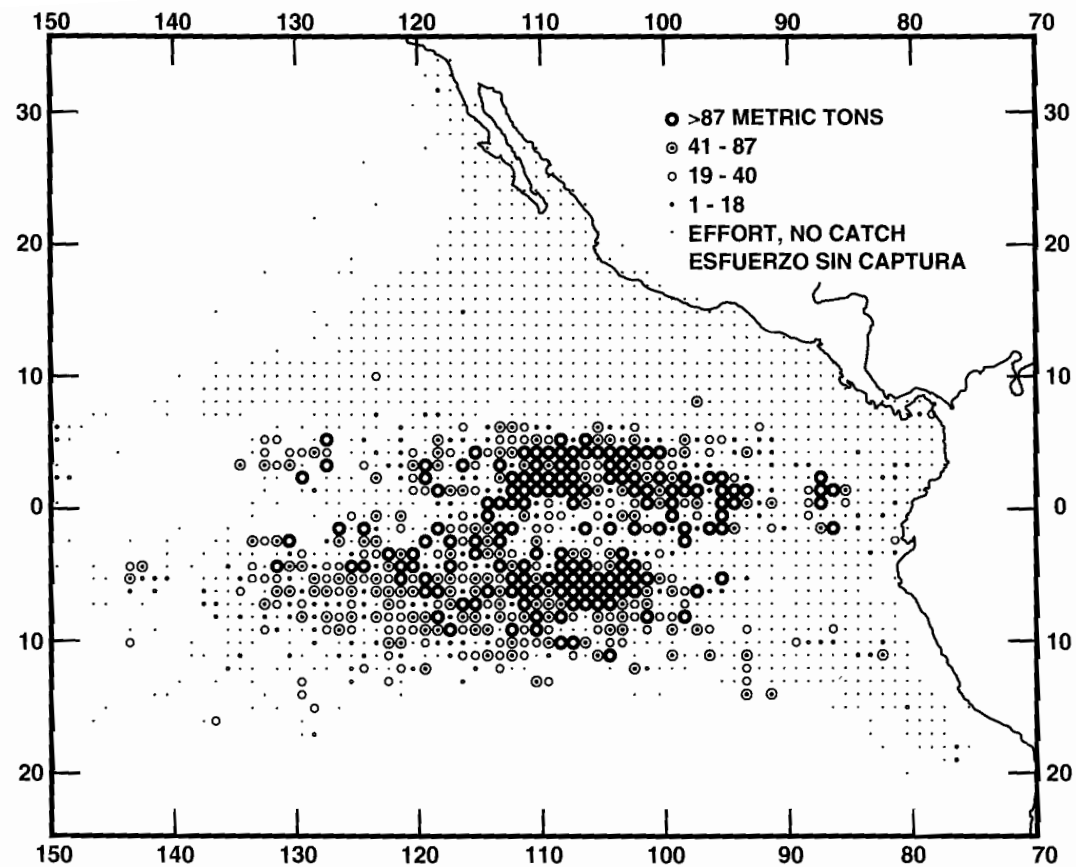


90

TUNA COMMISSION

a in the EPO during 1981-1995 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained. The averages were calculated  
ree or more years of data were available.

udo en el OPO durante 1981-1995, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables. Se  
ra las áreas de 1° para las cuales se disponía de tres años o más de datos.



**FIGURE 8.** Catches of bigeye tuna in the EPO during 1996 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

**FIGURA 8.** Capturas de atún patudo en el OPO en 1996, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

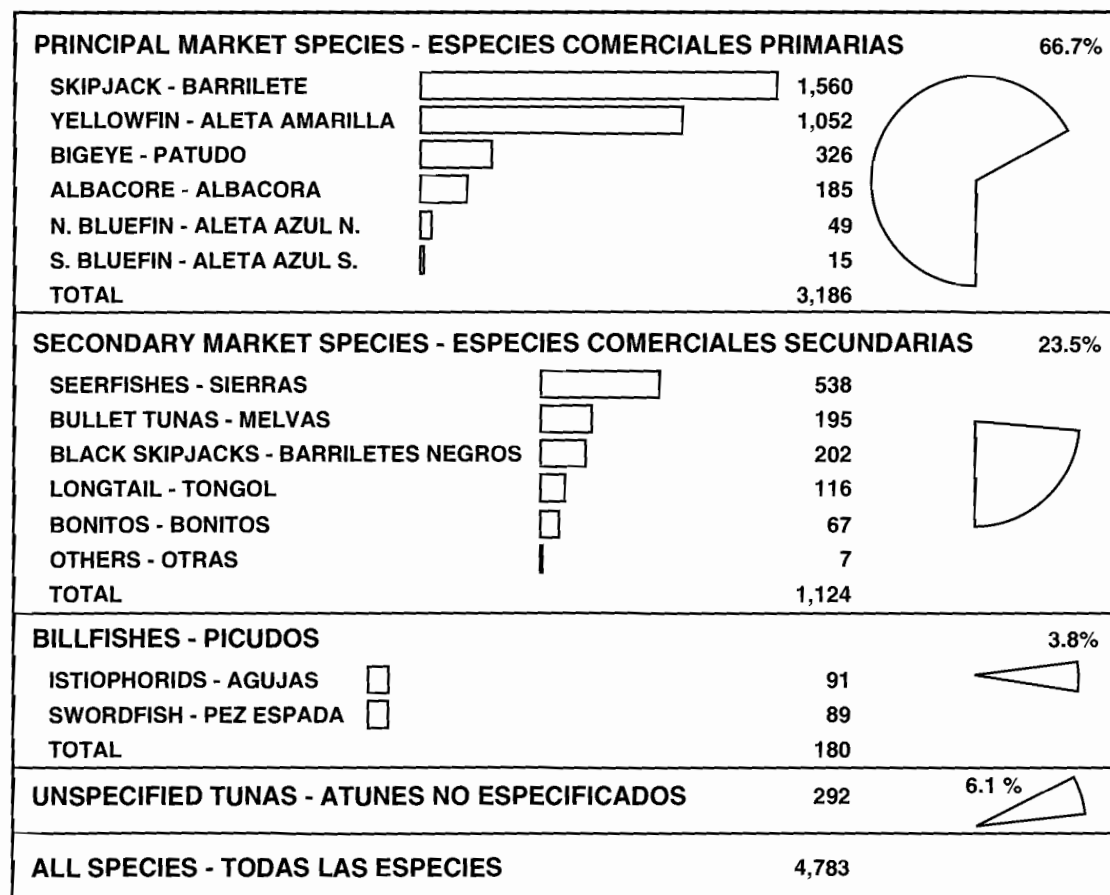
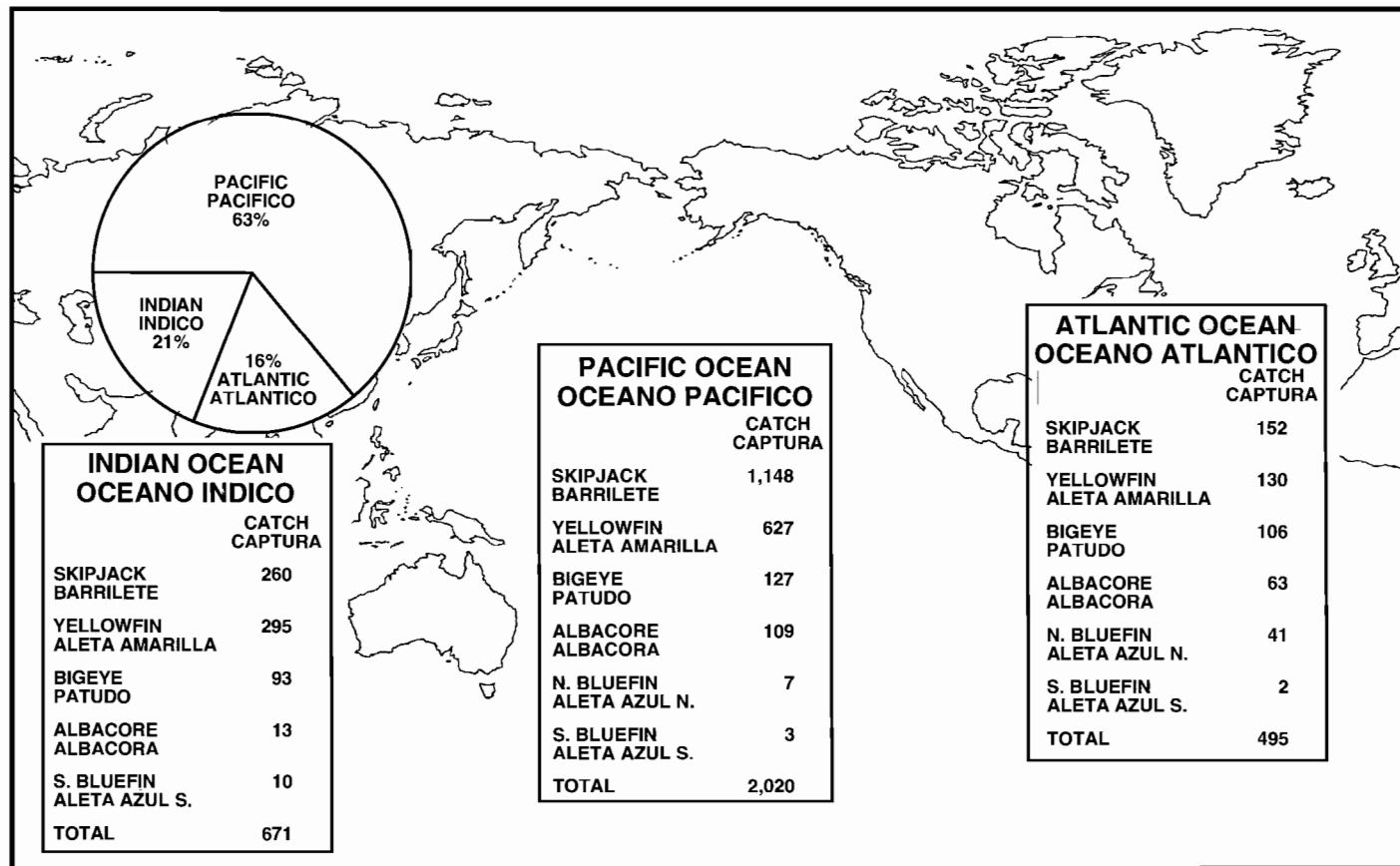


FIGURE 9. World catches of tunas and tuna-like species in 1995, in thousands of metric tons (data from FAO).

FIGURA 9. Capturas mundiales de atunes y especies afines en 1995, en miles de toneladas métricas (datos de la FAO).



**FIGURE 10.** Catches of the principal market species of tunas in 1995, in thousands of metric tons (data from FAO).

**FIGURA 10.** Capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1995, en miles de toneladas métricas (datos de la FAO).

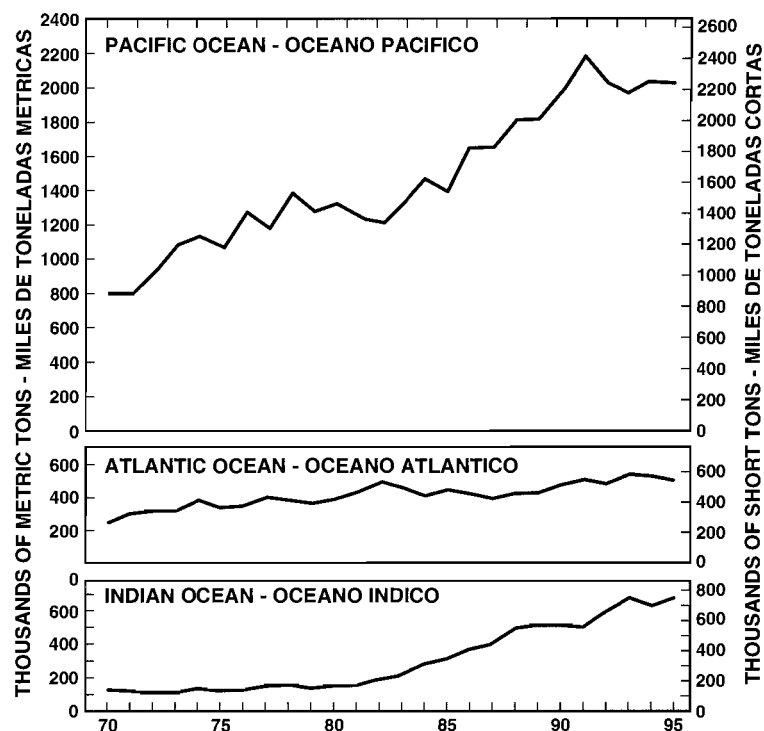


FIGURE 11. Catches of the principal market species of tunas (data from FAO).

FIGURA 11. Capturas de las principales especies comerciales de atunes (datos de la FAO).

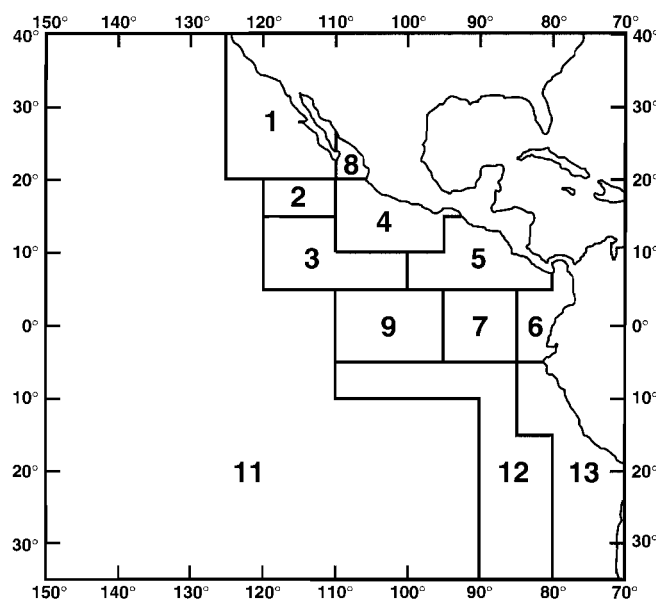
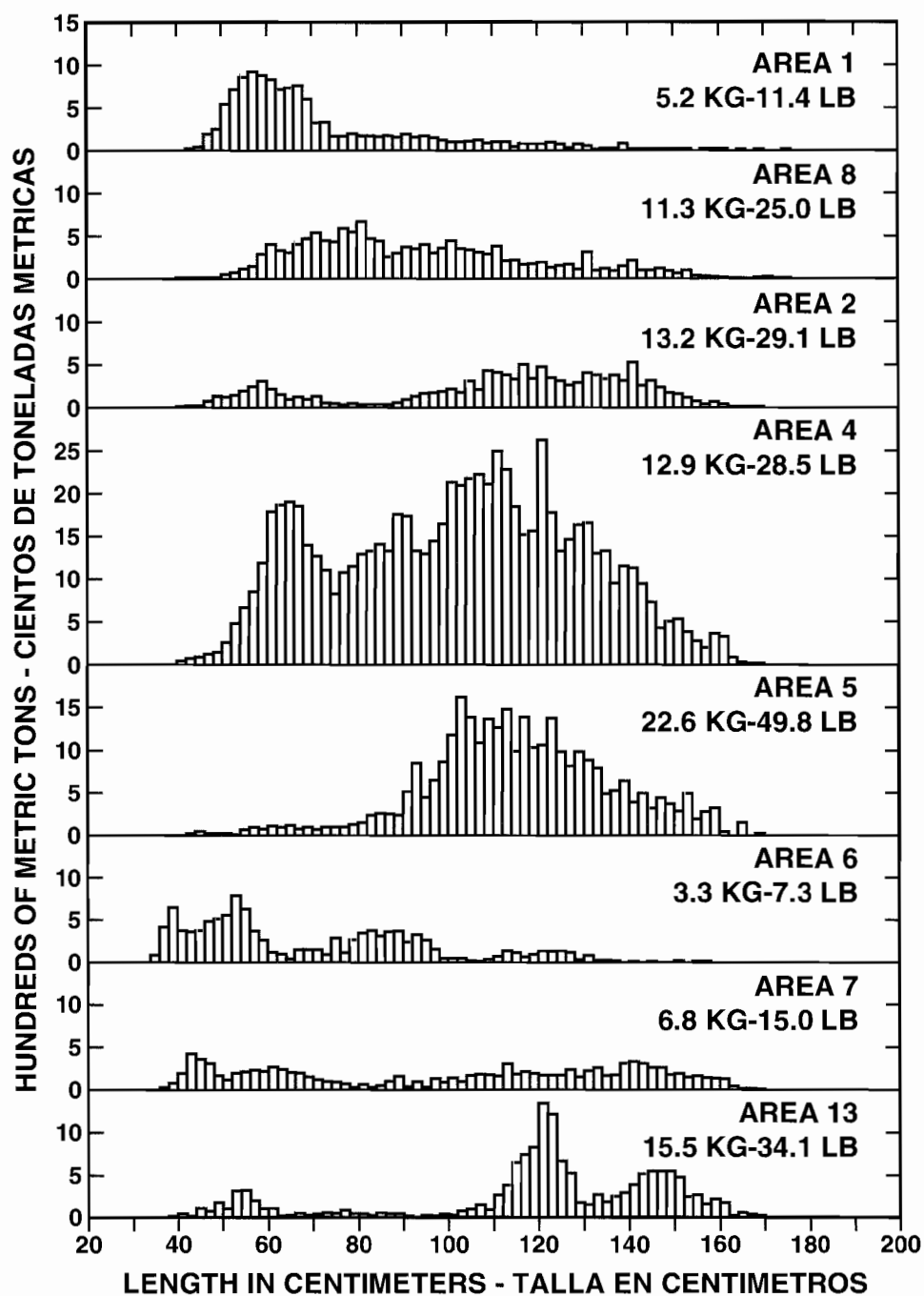


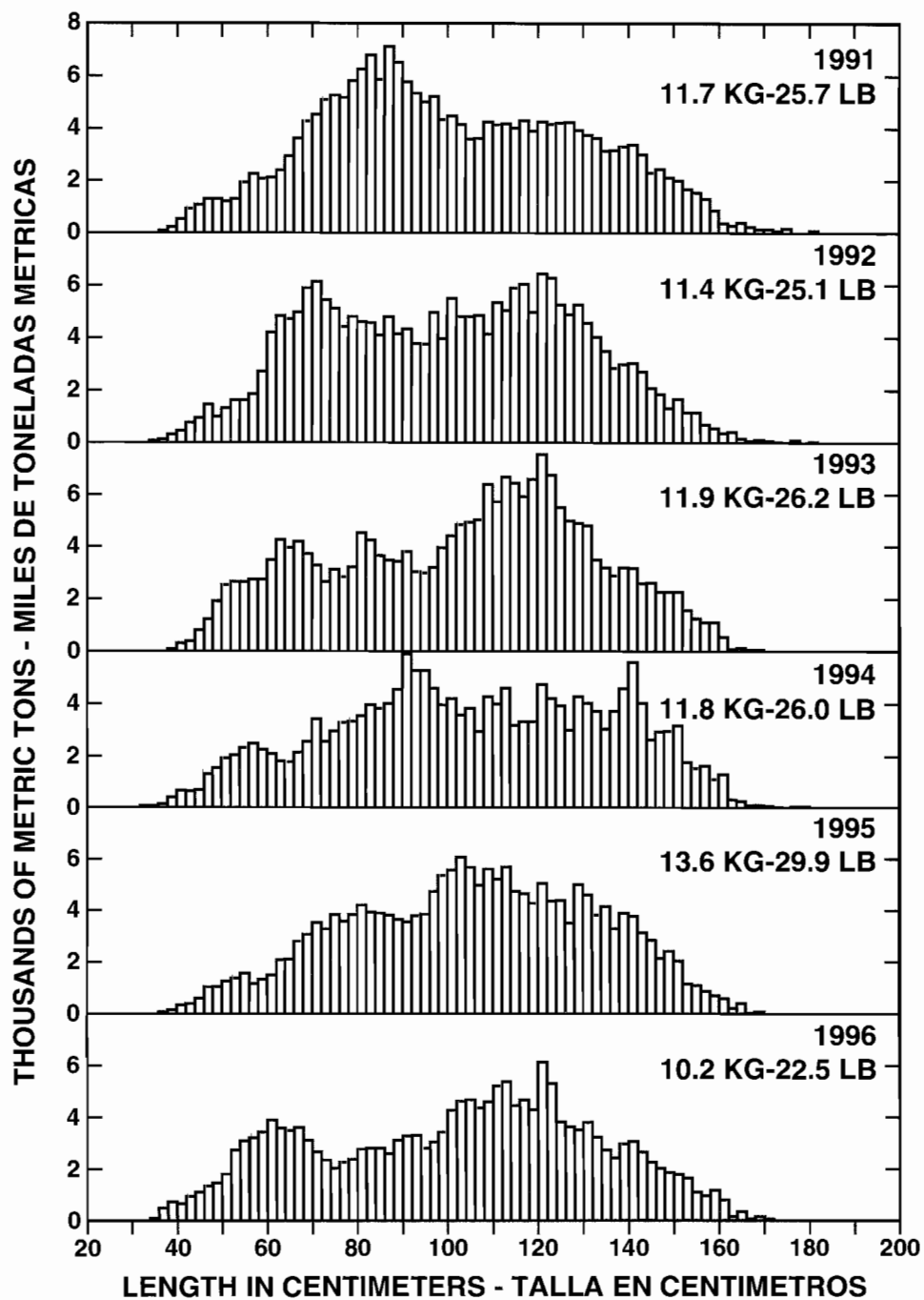
FIGURE 12. Areas used for sampling lengths of tunas in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 12. Areas usadas para el muestreo de longitud de atunes en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 13.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the market-measurement areas of the CYRA in 1996. The values in the upper right corners of the panels are the average weights.

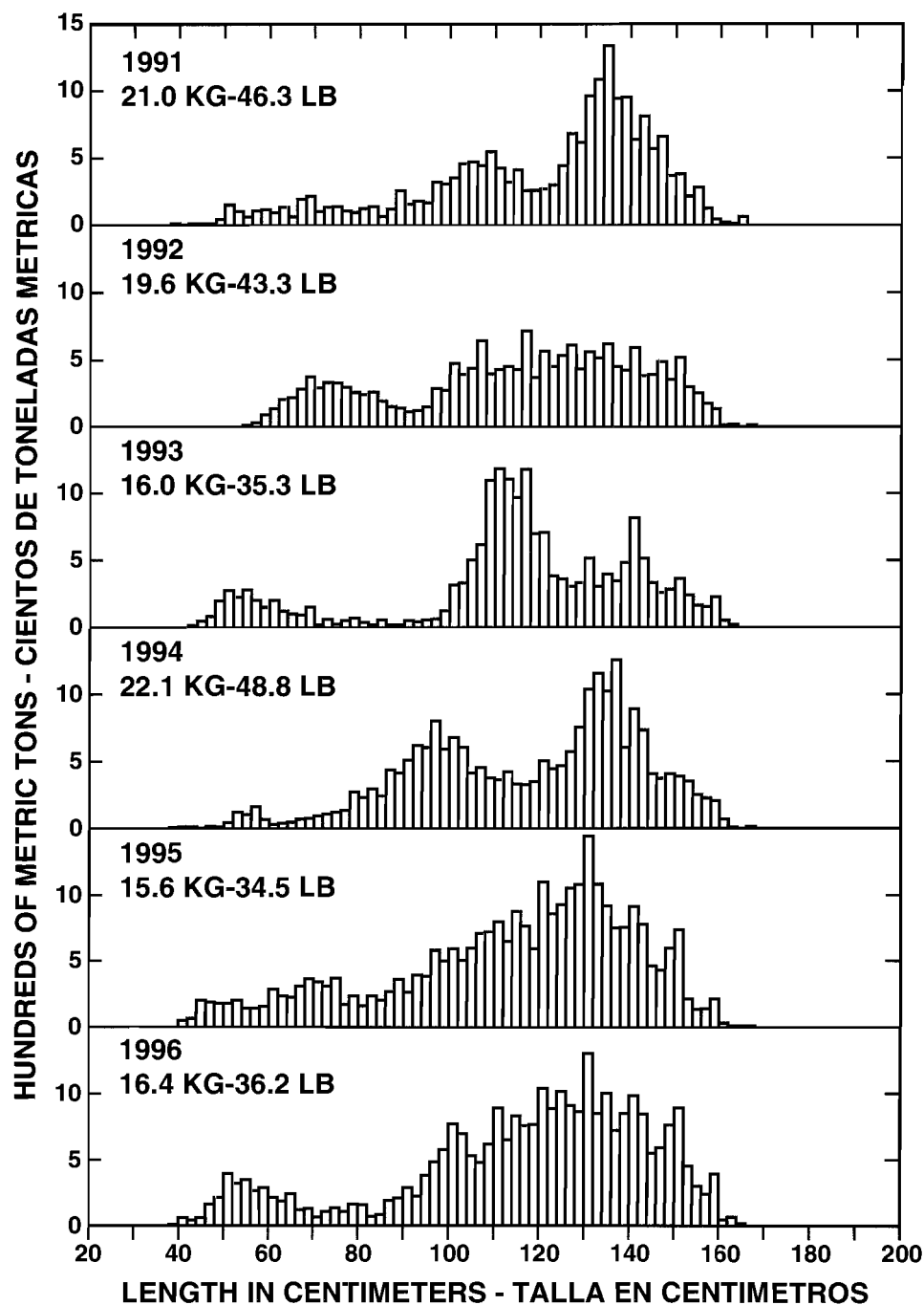
**FIGURA 13.** Captura estimada de aleta amarilla por artes de superficie en las zonas de medición del ARCAA en 1996. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



**FIGURE 14.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are the average weights.

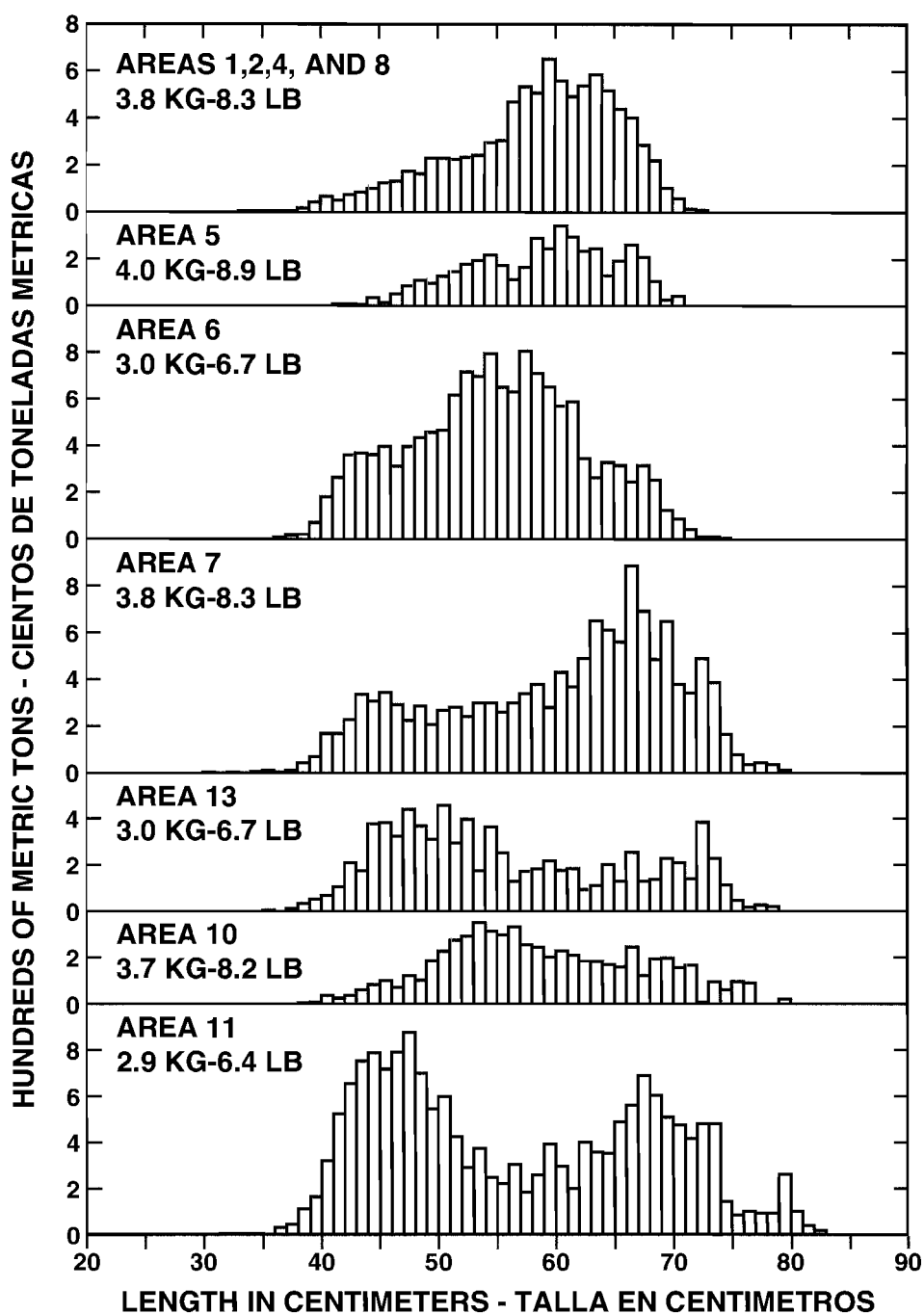
**FIGURA 14.** Captura estimada de aleta amarilla en el ARCAA por artes de superficie. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.





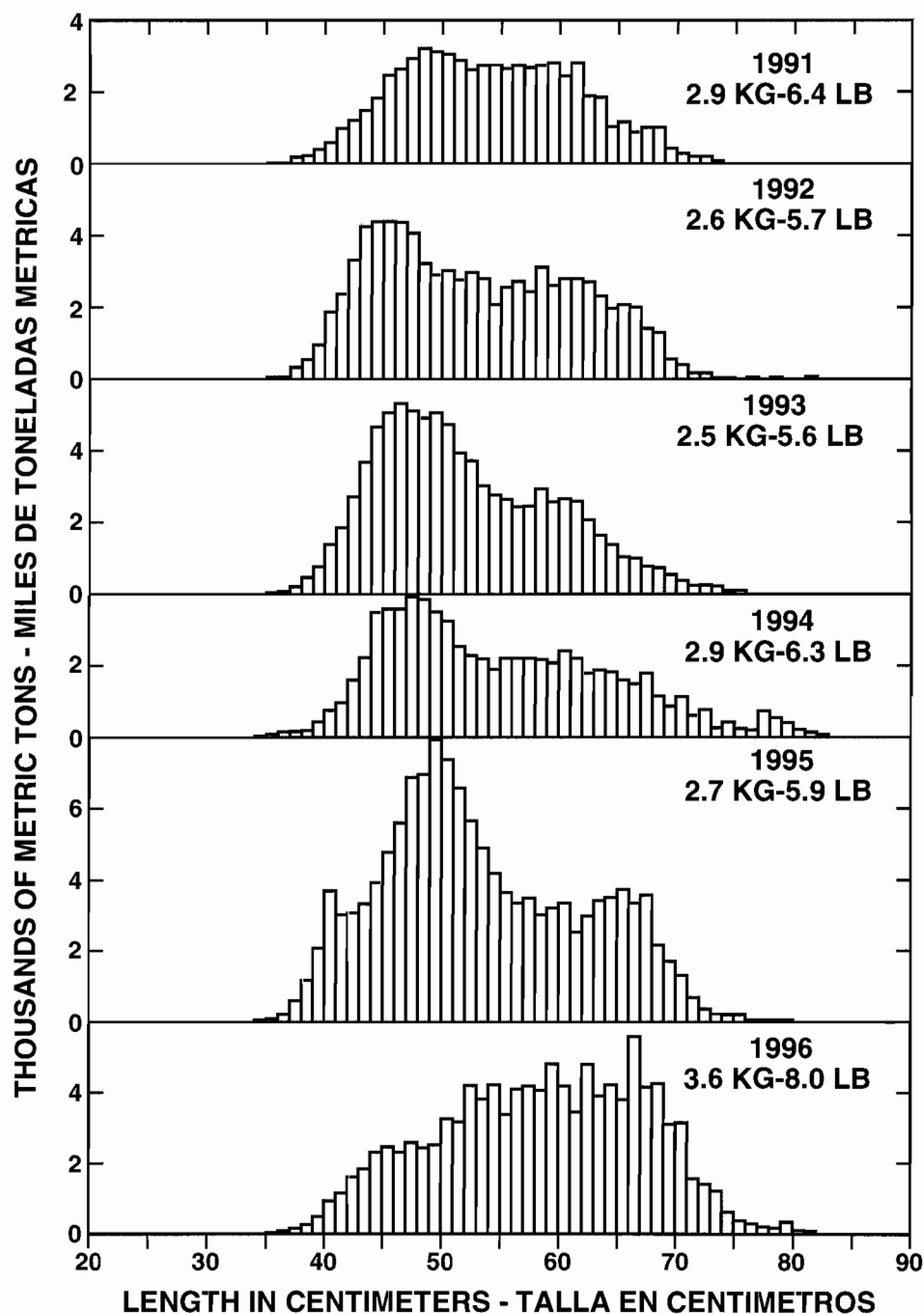
**FIGURE 15.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper left corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 15.** Captura estimada de aleta amarilla por artes de superficie en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.



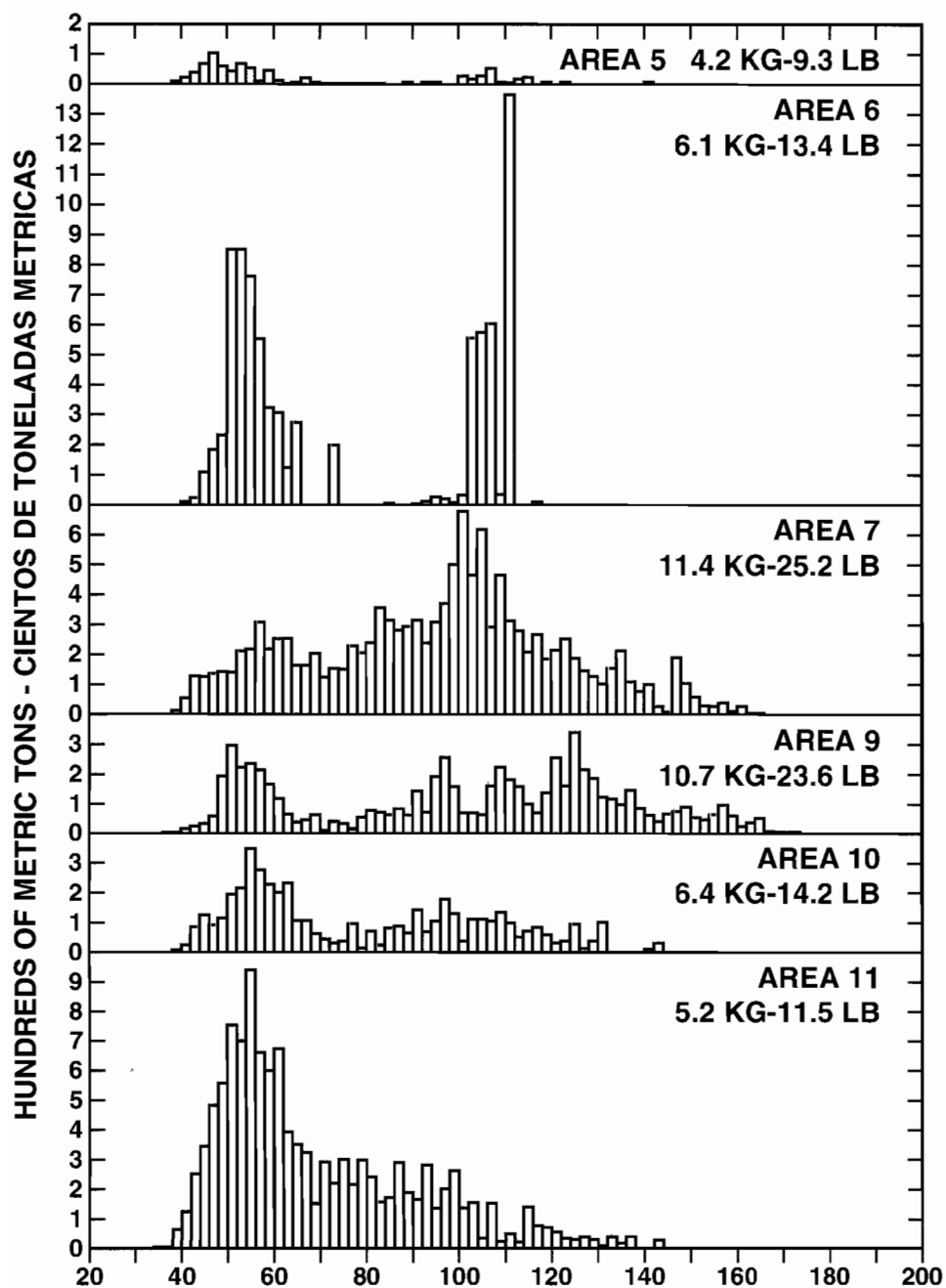
**FIGURE 16.** Estimated catches of skipjack in selected areas of the eastern Pacific Ocean in 1996. The values in the upper right corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 16.** Captura estimada de barrilete en áreas seleccionadas del Océano Pacífico oriental en 1996. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



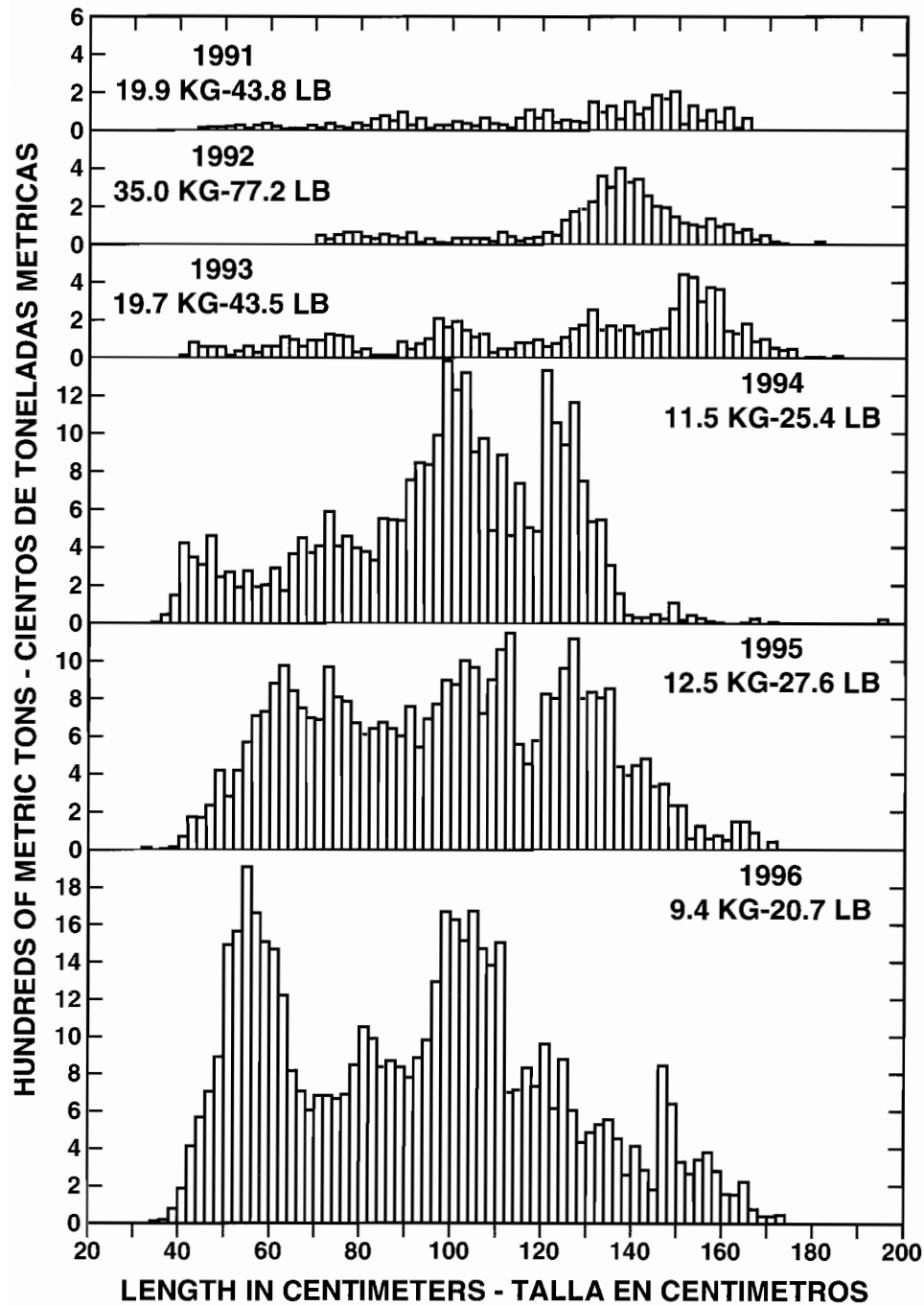
**FIGURE 17.** Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 17.** Captura estimada de barrilete en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



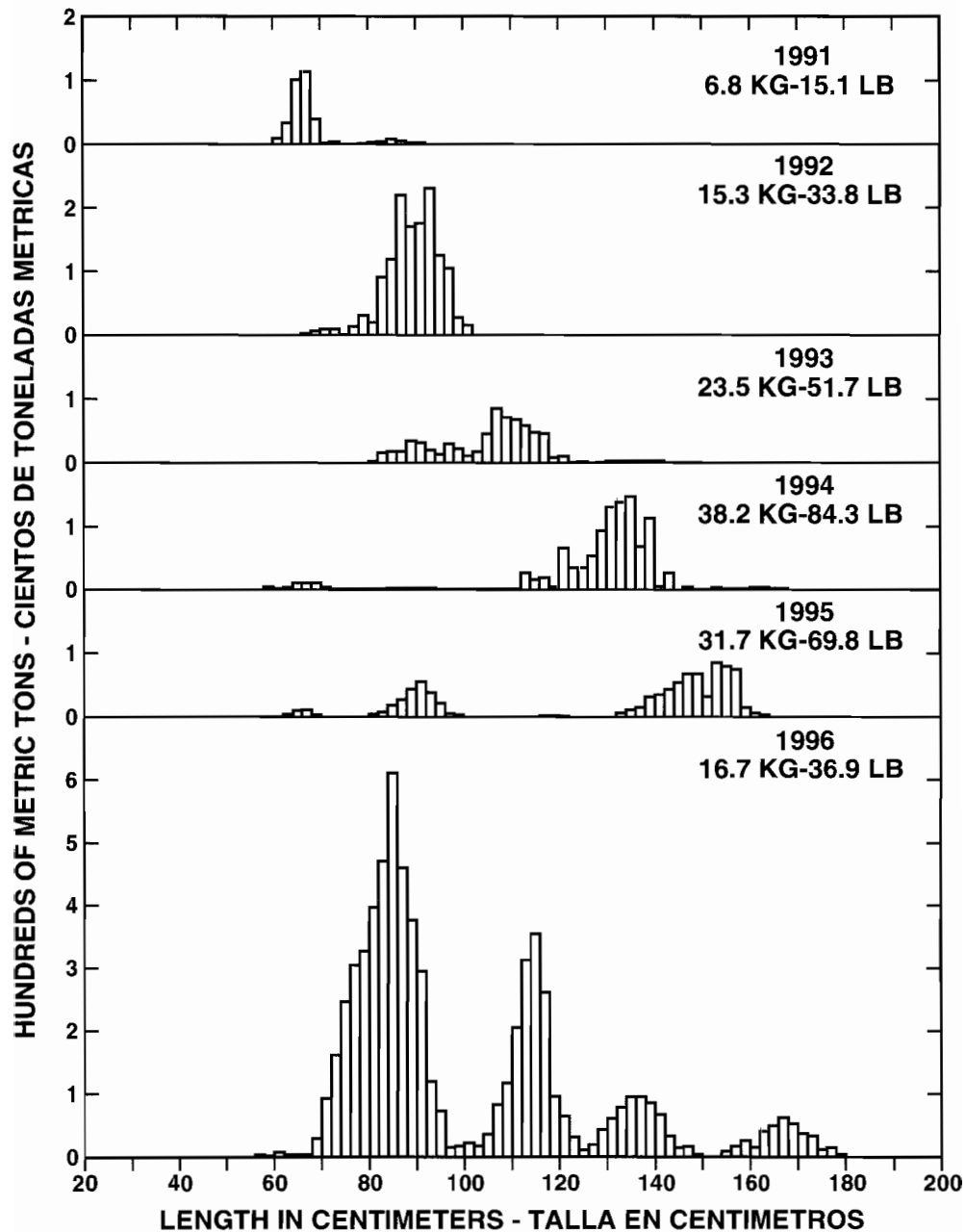
**FIGURE 18.** Estimated catches of bigeye by surface gear in the market-measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1996. The values in the upper right corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 18.** Captura estimada de patudo por artes de superficie en las zonas de medición del Océano Pacífico oriental in 1996. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



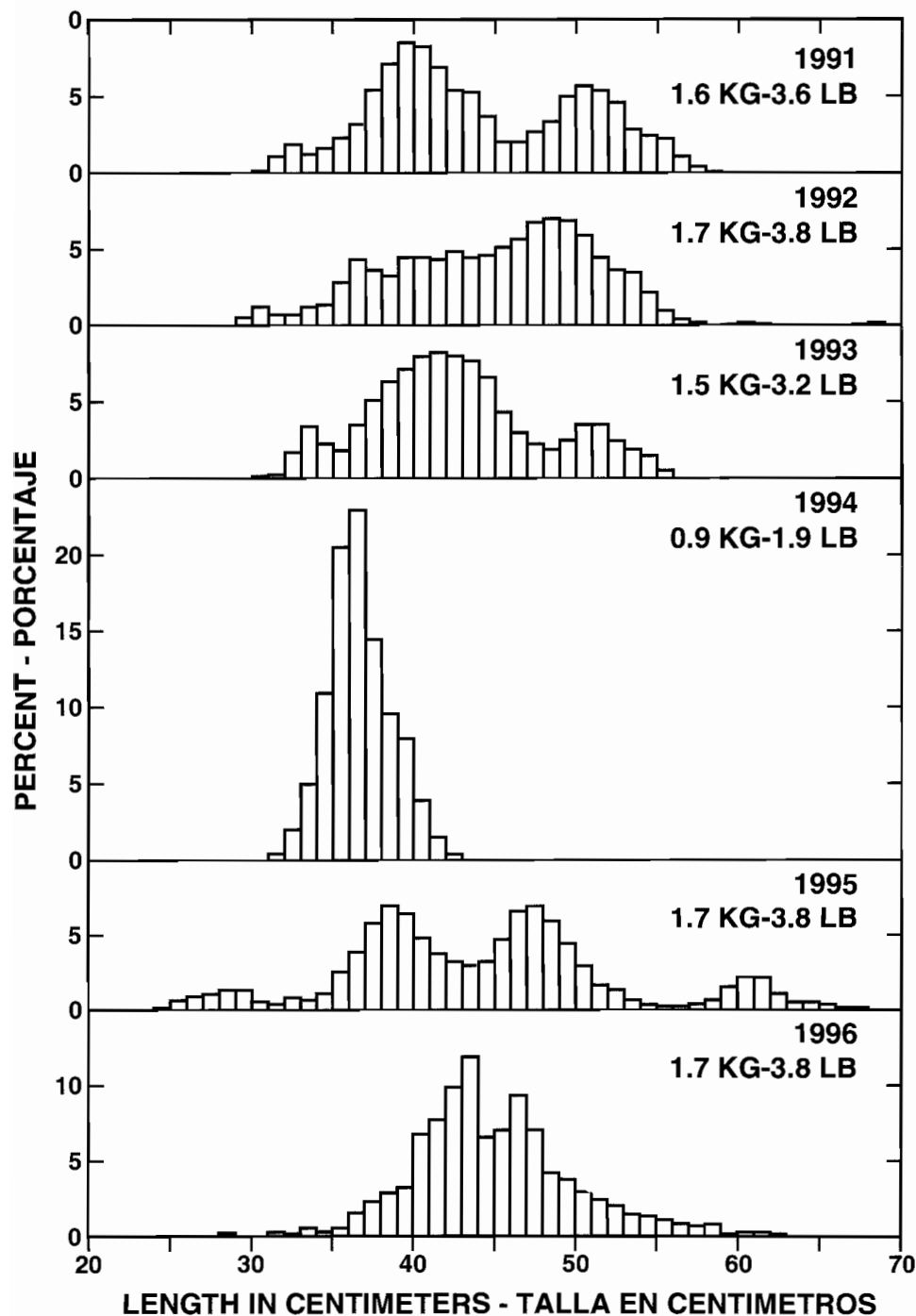
**FIGURE 19.** Estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left or right corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 19.** Captura estimada de patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior izquierda o derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



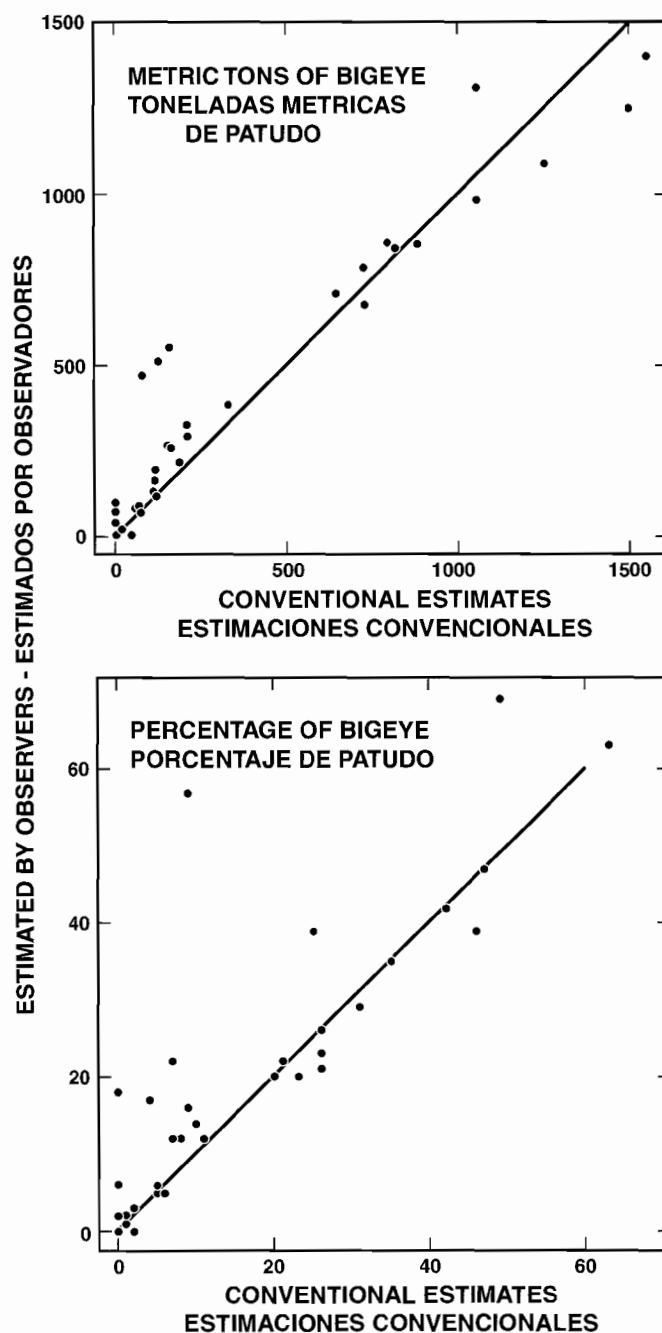
**FIGURE 20.** Estimated catches of northern bluefin by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 20.** Captura estimada de aleta azul del norte por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



**FIGURE 21.** Annual length frequencies of black skipjack caught in the eastern Pacific Ocean.

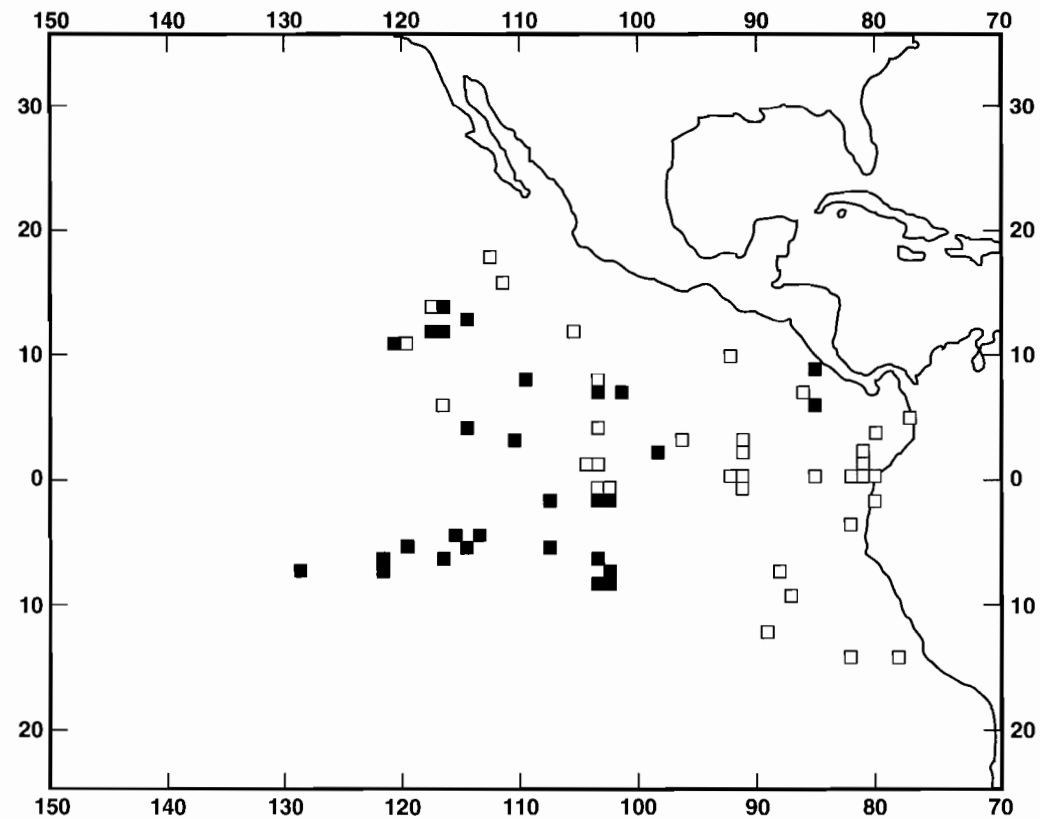
**FIGURA 21.** Distribución anual de la frecuencia de longitud de barriletes negros capturados en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 22.** Comparisons of the amounts and percentages of bigeye in catches of tuna recorded at sea by observers and in the "conventional" statistics (explained in the text). The diagonal lines represent equal values for the two axes.

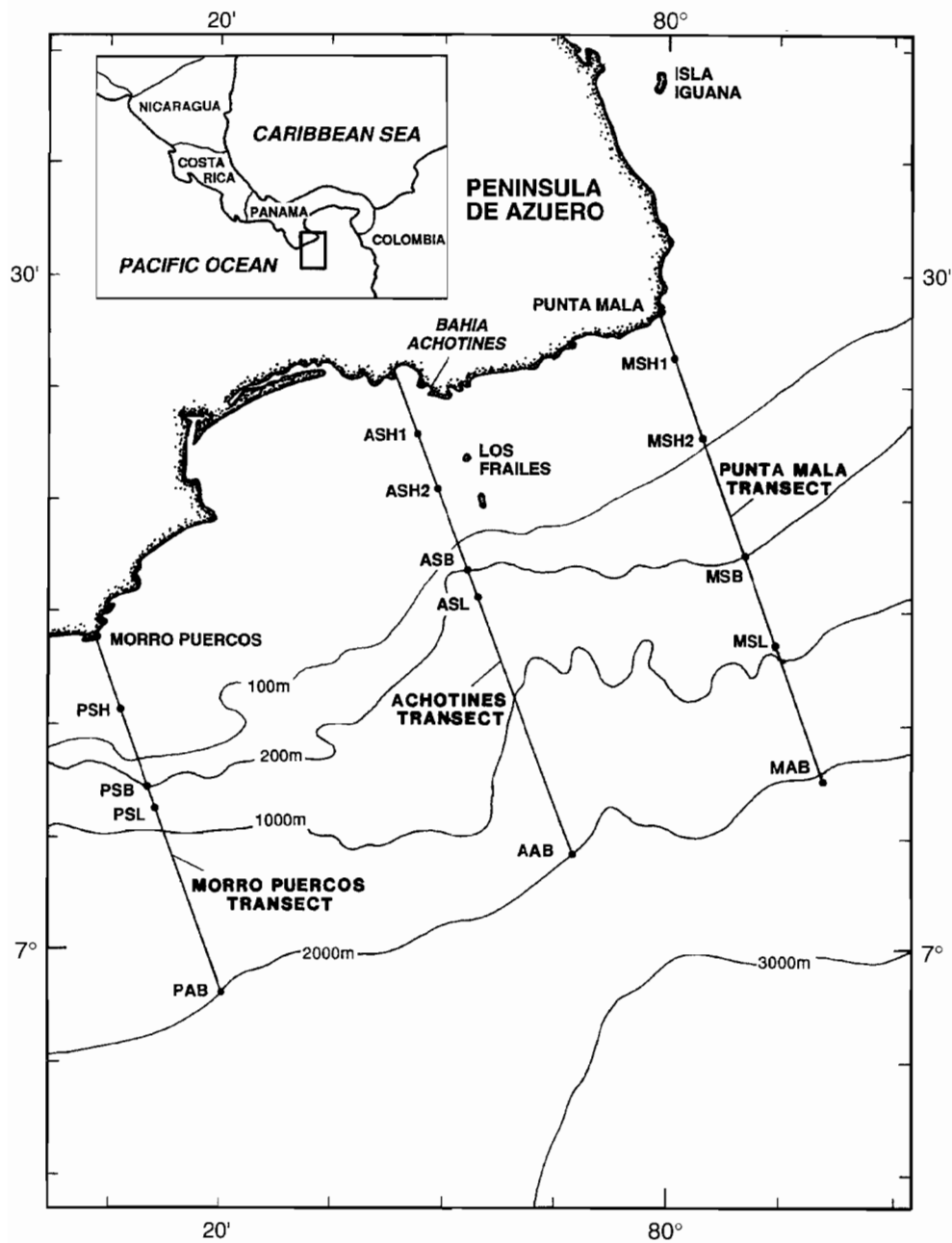
**FIGURA 22.** Comparaciones de las cantidades y porcentajes de patudo en las capturas de atún registradas en el mar por observadores y en las estadísticas "convencionales" (explicadas en el texto). Las líneas diagonales representan valores iguales para los dos ejes.





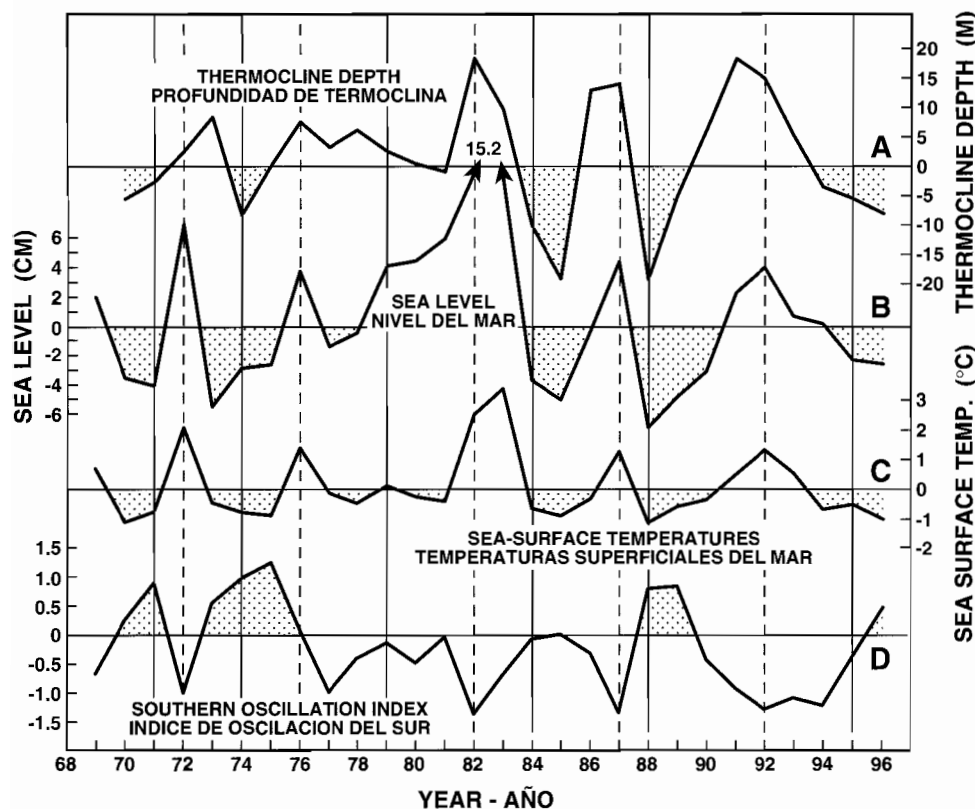
**FIGURE 23.** Spawning distribution of skipjack during 1995. The data are presented as presence (solid squares) or absence (open squares) of reproductively-active females within the 1-degree areas.

**FIGURA 23.** Distribución del desove del atún barrilete en 1995. Se presentan los datos como presencia (cuadrados sólidos) o ausencia (cuadrados abiertos) de hembras reproductivamente activas en cada área de 1°.



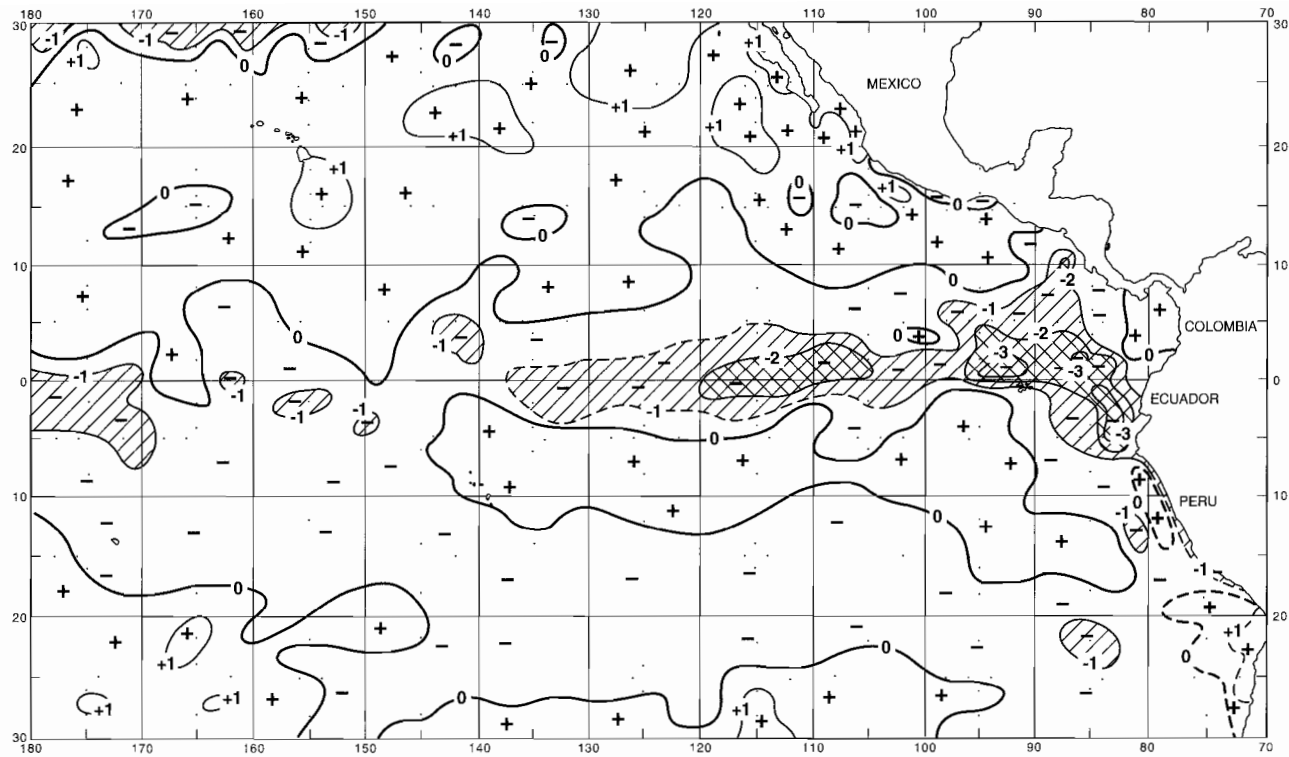
**FIGURE 24.** Location of Achotines Bay, Panama. The Achotines Laboratory is located on the east side of the bay. The dots on the transects represent sampling stations.

**FIGURA 24.** 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.



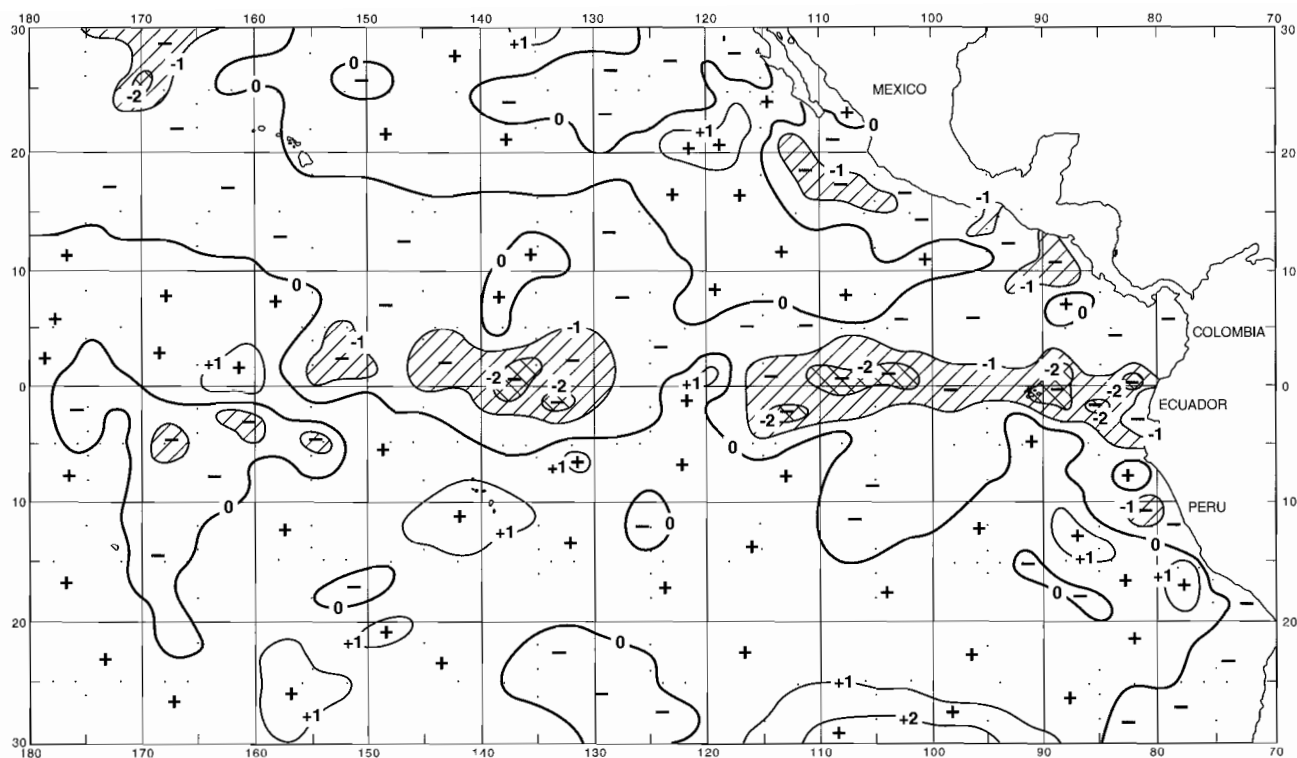
**FIGURE 25.** Mean annual anomalies (departures from normal) of the following environmental parameters: A, thermocline depth (represented by the 20°C isotherm) between 5°N and 5°S and between 90°W and 115°W; B, sea level, based on observations taken at Baltra Island and La Libertad, Ecuador, and Callao, Peru; C, sea-surface temperatures, based on observations taken at Talara, Chicama, Chimbote, and Callao, Peru; D, the Southern Oscillation Index. The first years of El Niño events are marked by dashed vertical lines, and those of anti-El Niño events are marked by solid vertical lines. The hatched areas show conditions which are normally associated with anti-El Niño episodes.

**FIGURA 25.** Anomalías medias anuales (desviaciones del nivel normal) de los siguientes parámetros ambientales: A, la profundidad de la termoclina (representada por el isóbato de 20°C) entre 5°N y 5°S y desde 90°W hasta 115°W; B, el nivel del mar, basado en observaciones en Isla Baltra y La Libertad (Ecuador) y Callao (Perú); C, la temperatura de superficie del mar, basada en observaciones en Talara, Chicama, Chimbote, y Callao (Perú); D, el Índice de oscilación del Sur. Las rayas verticales de trazos marcan el primer año de cada evento de El Niño, y las continuas los de los eventos de “anti El Niño.” Las áreas sombreadas presentan condiciones normalmente asociadas con episodios de “anti El Niño.”



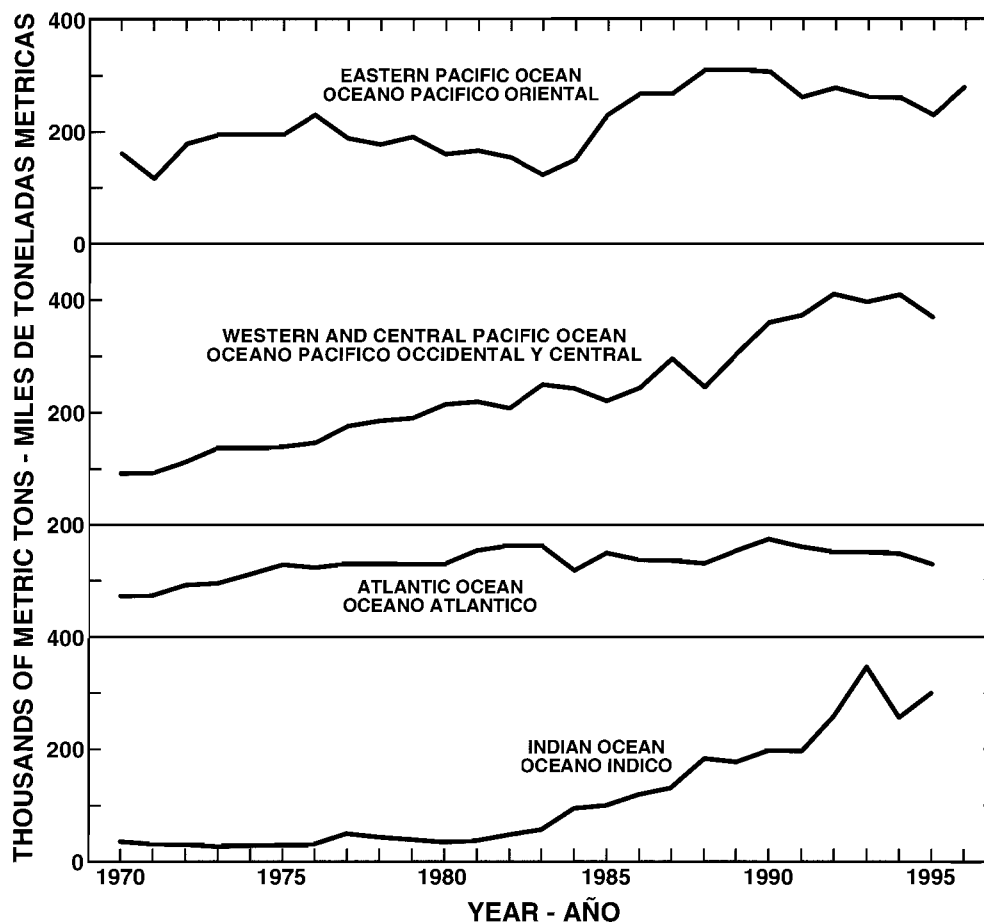
**FIGURE 26.** Sea-surface temperature (SST) anomalies (departures from long-term normals) for April 1996, based on data from fishing boats and other types of commercial vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C below normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C below normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

**FIGURA 26.** Anomalías (desviaciones del nivel normal a largo plazo) de la temperatura de superficie del mar (TSM) en abril de 1996, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y buques comerciales de otros tipos. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de 1°C inferiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C inferiores a lo normal. Los contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



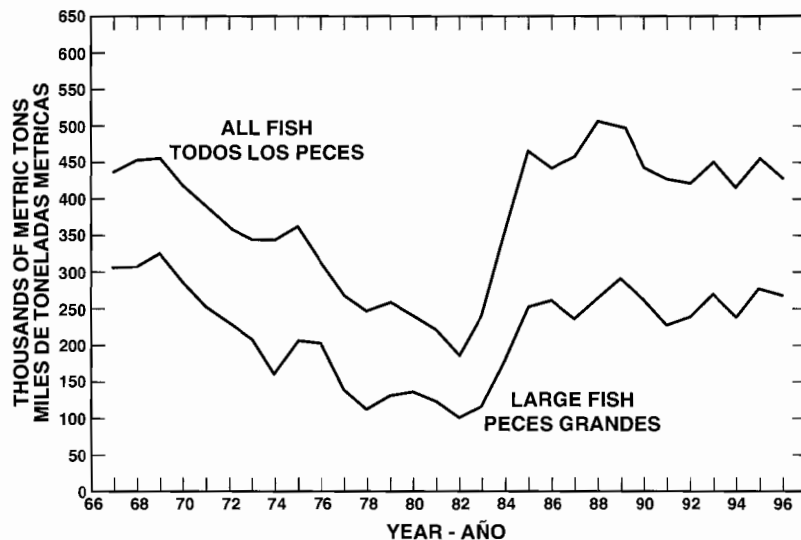
**FIGURE 27.** Sea-surface temperature (SST) anomalies (departures from long term normals) for December 1996, based on data from fishing boats and other types of commercial vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C below normal are hatched, and those areas with SSTs more than 2°C below normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

**FIGURA 27.** Anomalías (desviaciones del nivel normal a largo plazo) de la temperatura de superficie del mar (TSM) en diciembre de 1996, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y buques comerciales de otros tipos. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de 1°C inferiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C inferiores a lo normal. Los contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



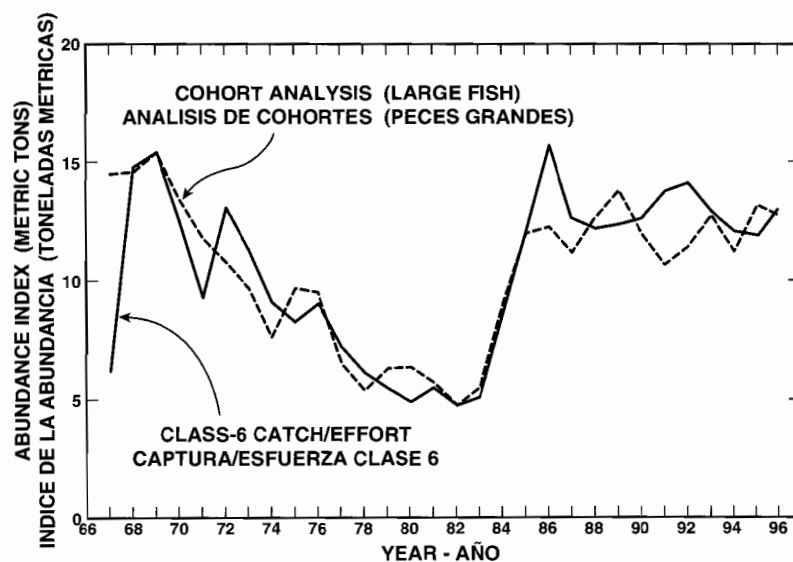
**FIGURE 28.** Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, western and central Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean. The data for 1970-1995 were obtained from FAO, and those for 1996 from Table 12.

**FIGURA 28.** Capturas de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, Océano Pacífico central y occidental, Océano Atlántico, y Océano Índico. Los datos de 1970-1995 provienen de la FAO, y los de 1996 de la Tabla 12.



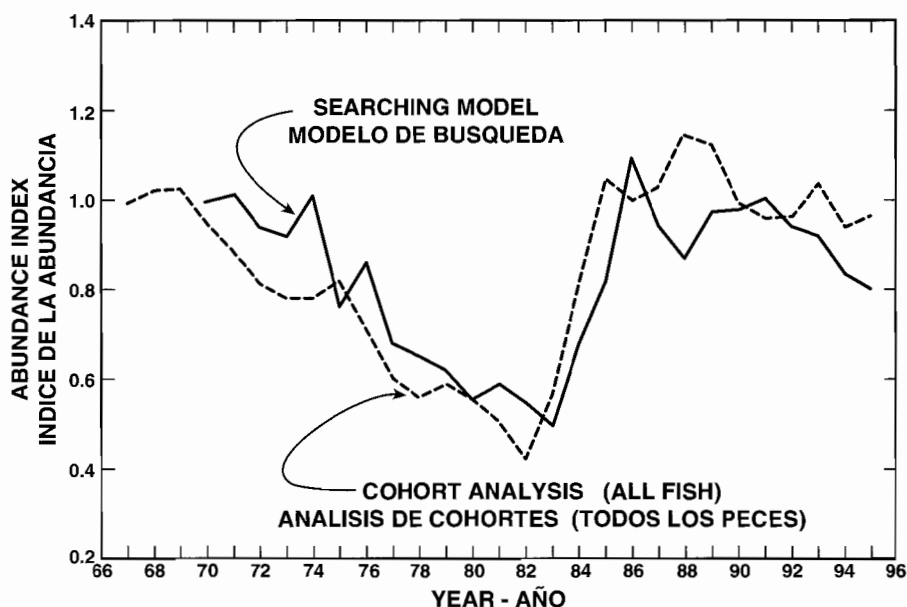
**FIGURE 29.** Estimates of the average biomass of yellowfin in the eastern Pacific Ocean for all fish and for larger fish only.

**FIGURA 29.** Estimaciones de la biomasa media del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental correspondientes a todos los peces y a los peces mayores solamente.



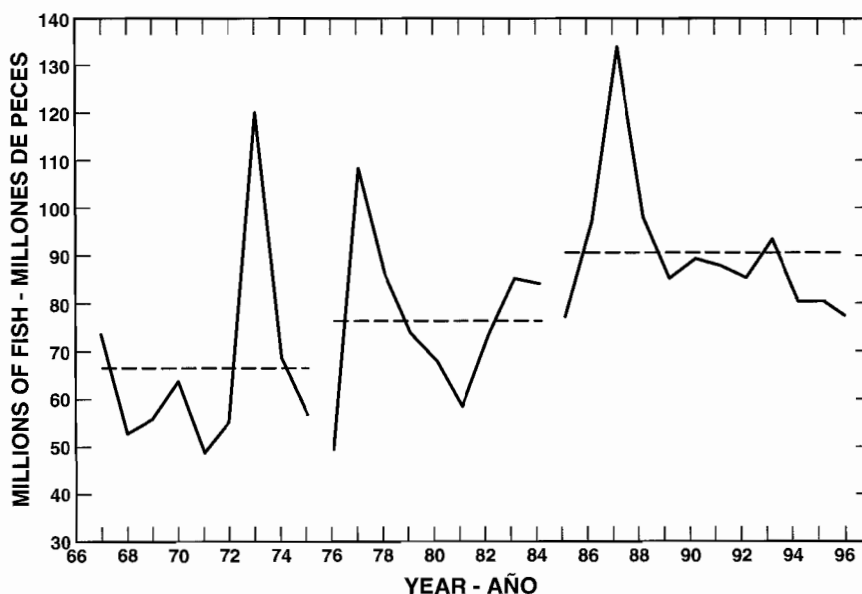
**FIGURE 30.** Indices of abundance of yellowfin derived from CPDF data, together with estimates for the biomass of larger fish obtained from the cohort analyses (adjusted so that the mean is the same as that for the CPDF).

**FIGURA 30.** Indices de abundancia del aleta amarilla derivados de datos de CPDF, junto con estimaciones de la biomasa de los peces de mayor tamaño obtenidas de los análisis de cohortes (ajustadas para que el promedio coincida con el de la CPDF).



**FIGURE 31.** Indices of abundance of yellowfin derived from searching-time data, together with estimates of the biomass of all fish obtained from the cohort analyses (adjusted so that the mean is the same as that for the searching method).

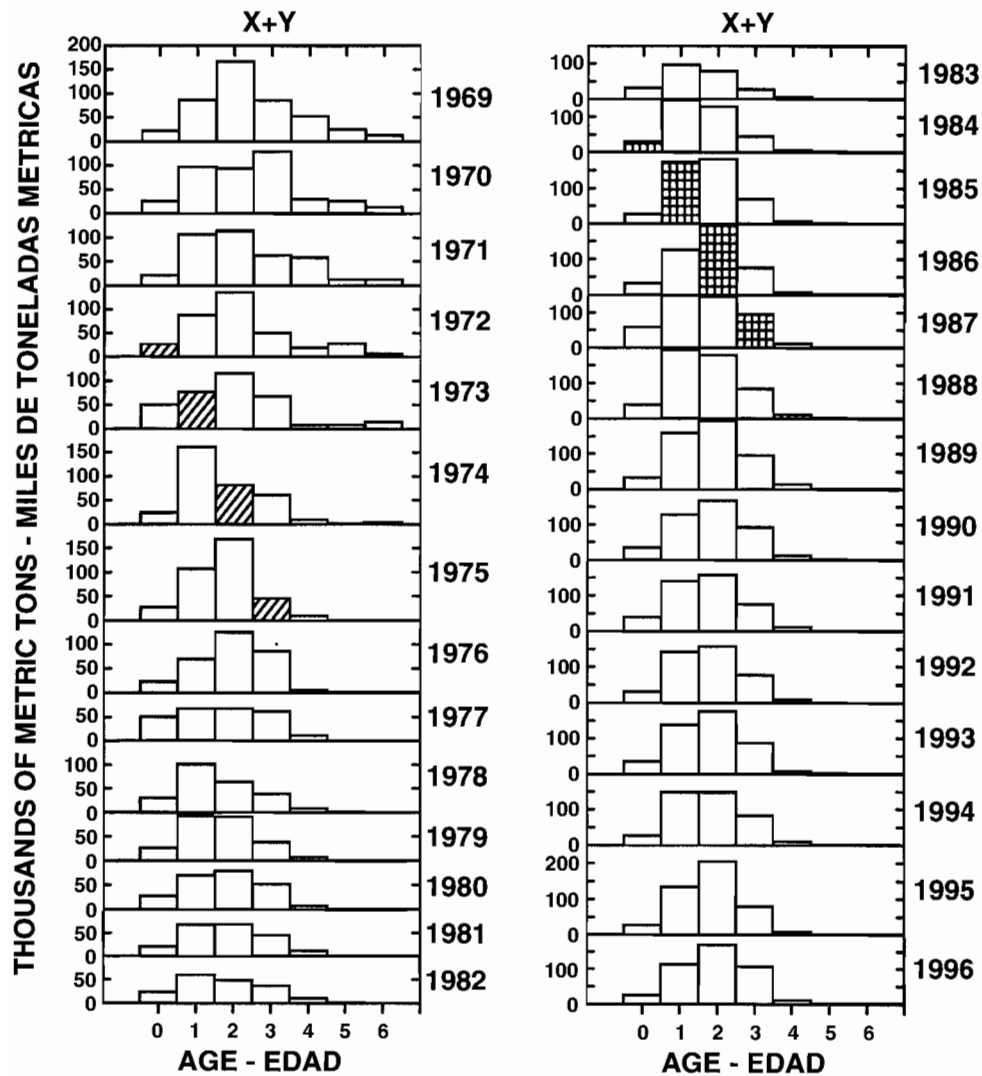
**FIGURA 31.** Índices de abundancia del aleta amarilla derivados de datos de tiempo de búsqueda, junto con estimaciones de la biomasa de todos los peces obtenido de los análisis de cohortes (ajustadas para que el promedio coincida con el del método de tiempo de búsqueda).



**FIGURE 32.** Indices of recruitment of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, with the average indices for 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1996.

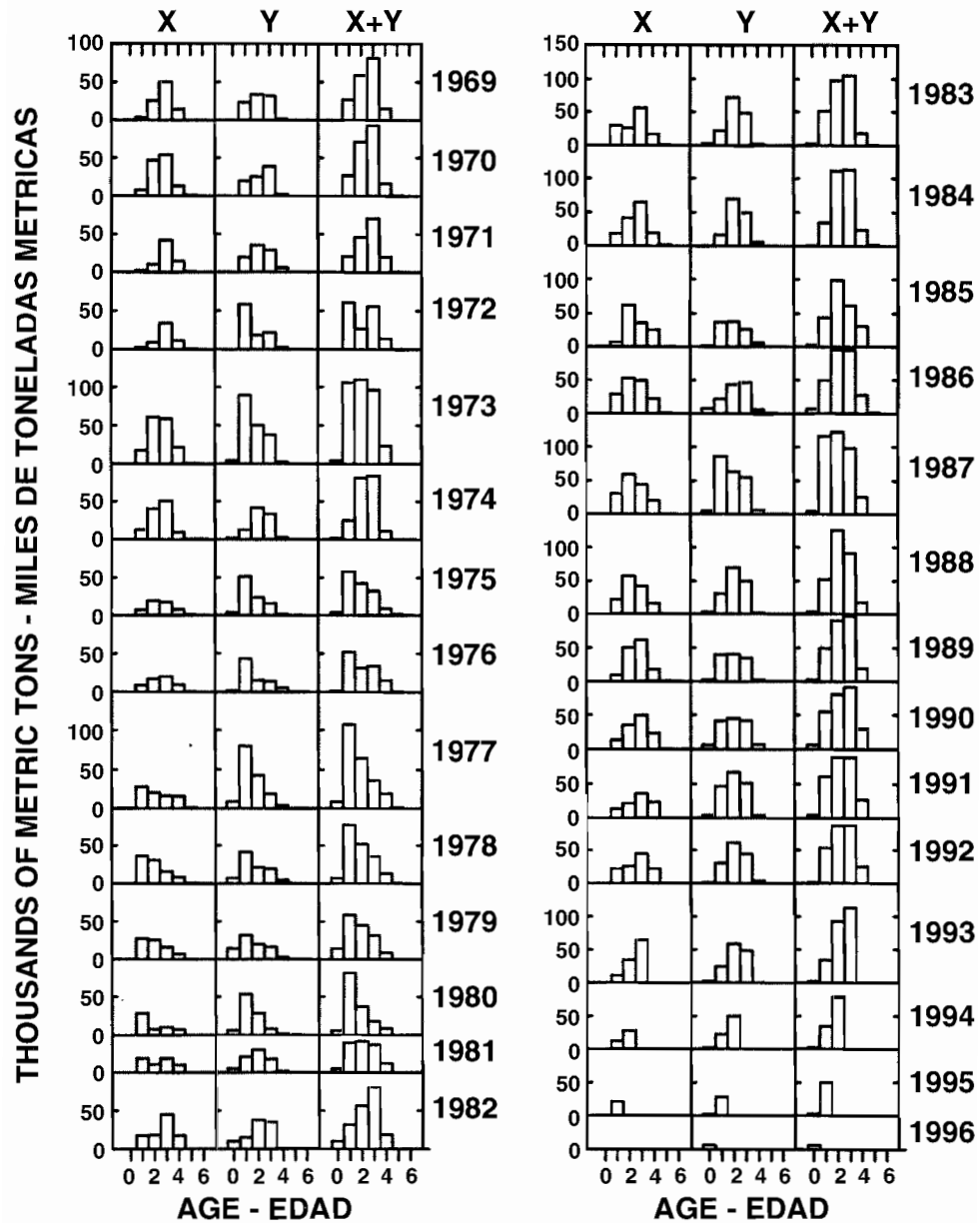
**FIGURA 32.** Índices de reclutamiento del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, con los índices medios de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1996.





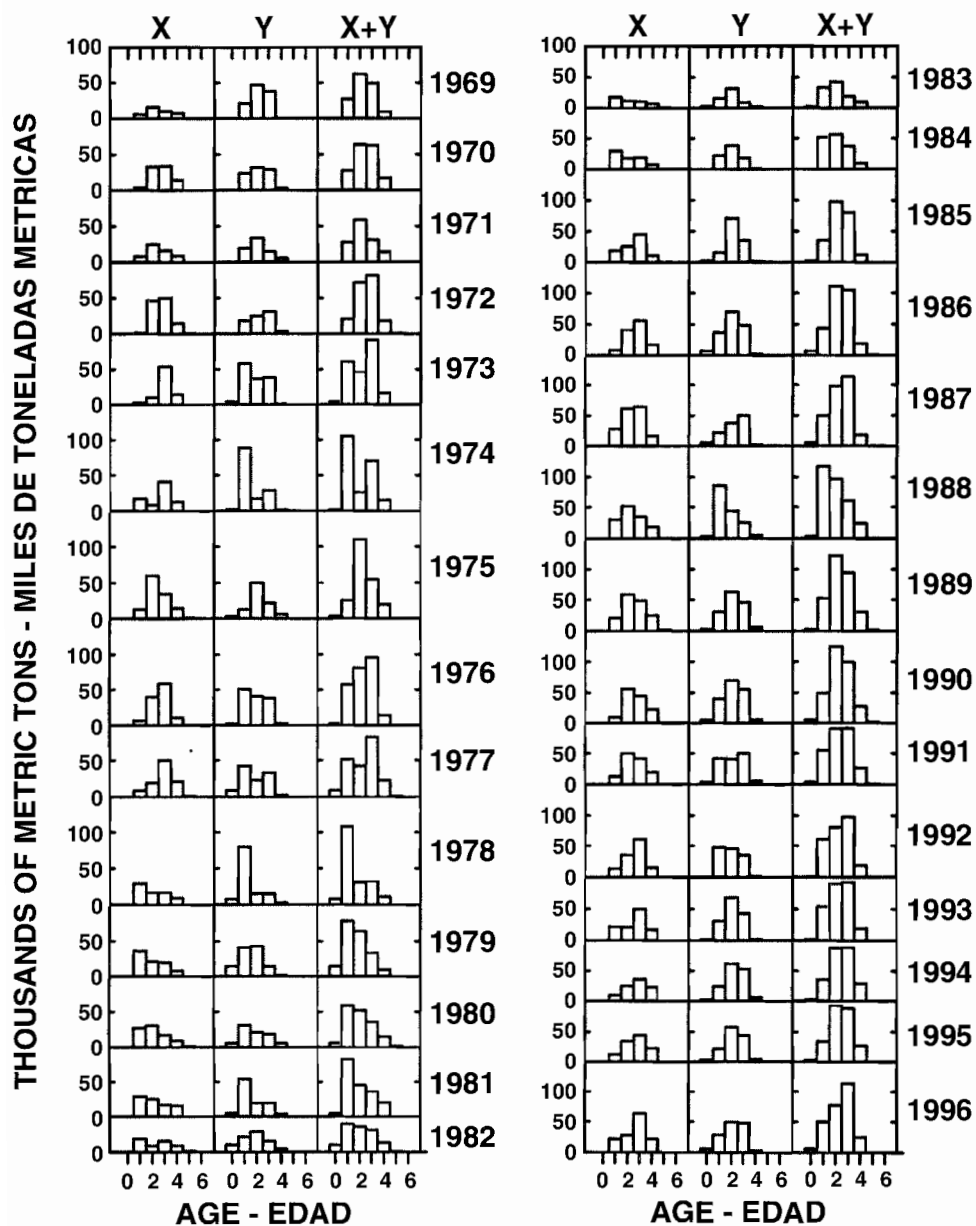
**FIGURE 33.** Estimates of the annual average biomasses, by age group, of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 33.** Estimaciones de la biomasa anual media del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, por grupo de edad.



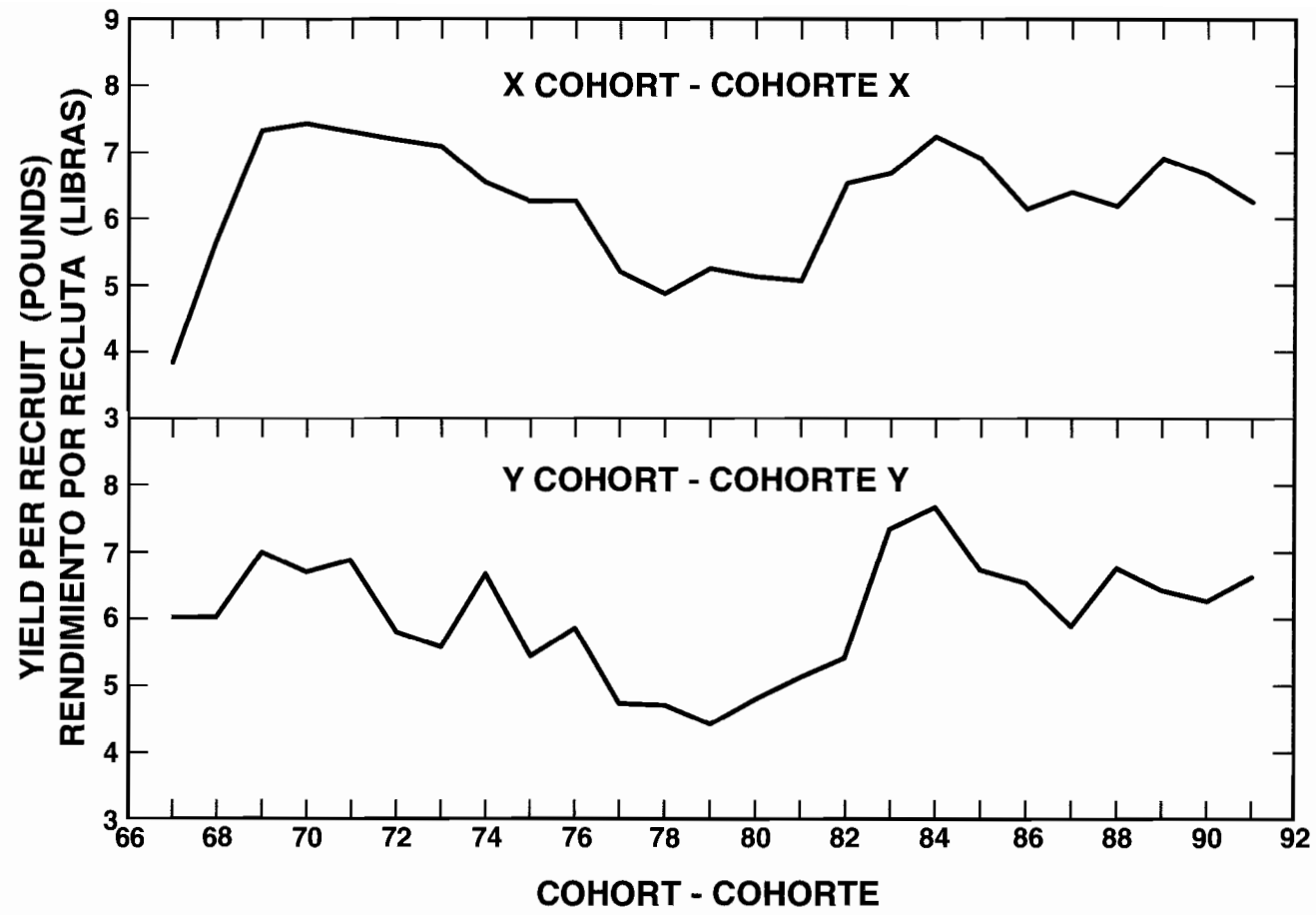
**FIGURE 34.** Estimated catches of yellowfin of the 1969 through 1996 cohorts at ages 0 through 6, by X and Y groups.

**FIGURA 34.** Capturas estimadas de aletas amarillas de 0 a 6 años de edad de las cohortes de 1969 a 1996, por grupos X e Y.



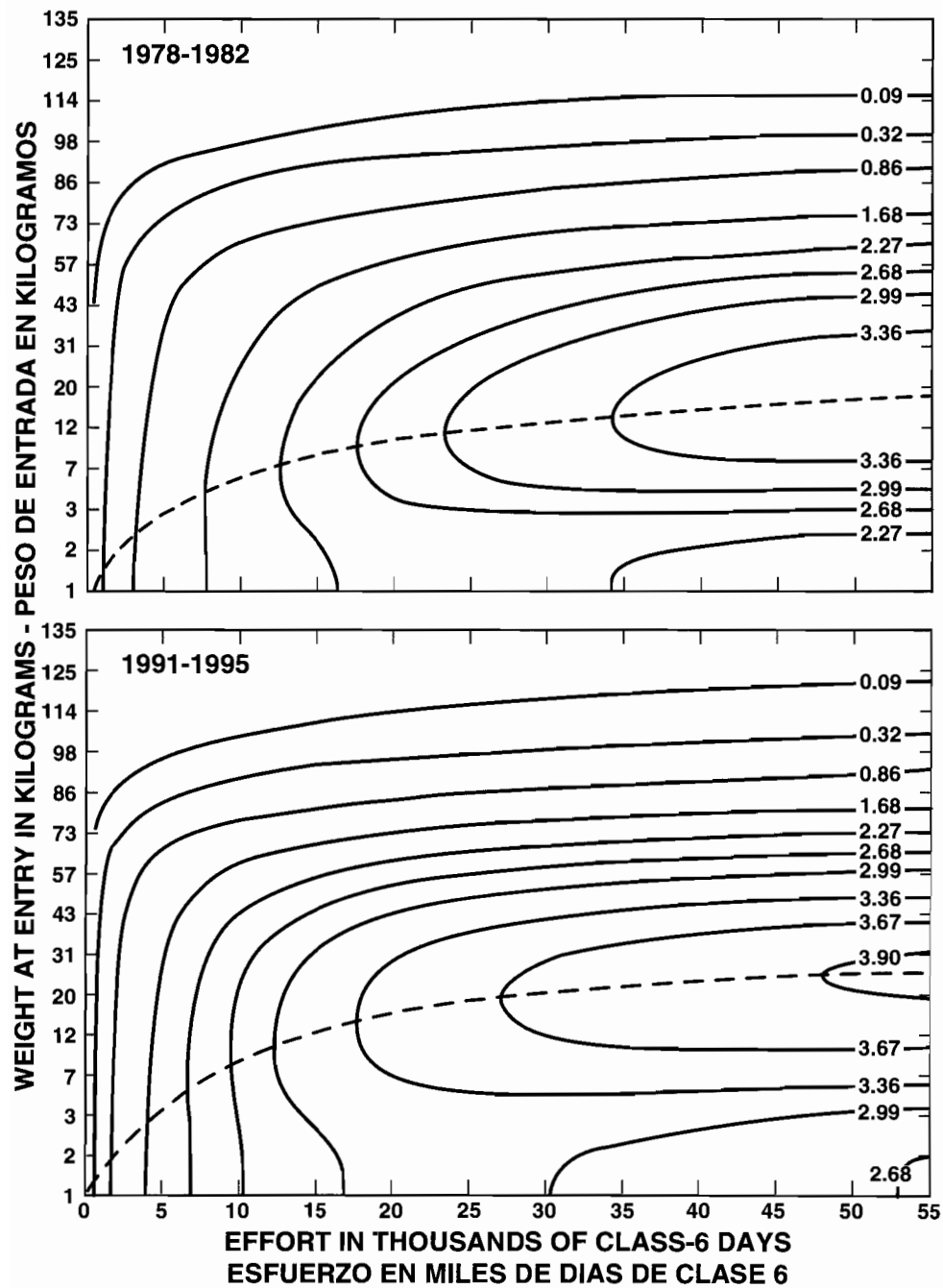
**FIGURE 35.** Estimated catches of yellowfin of ages 0 through 6 during 1969 through 1996, by X and Y cohorts.

**FIGURA 35.** Capturas estimadas de aletas amarillas de 0 a 6 años de edad entre 1969 y 1996, por cohortes X e Y.



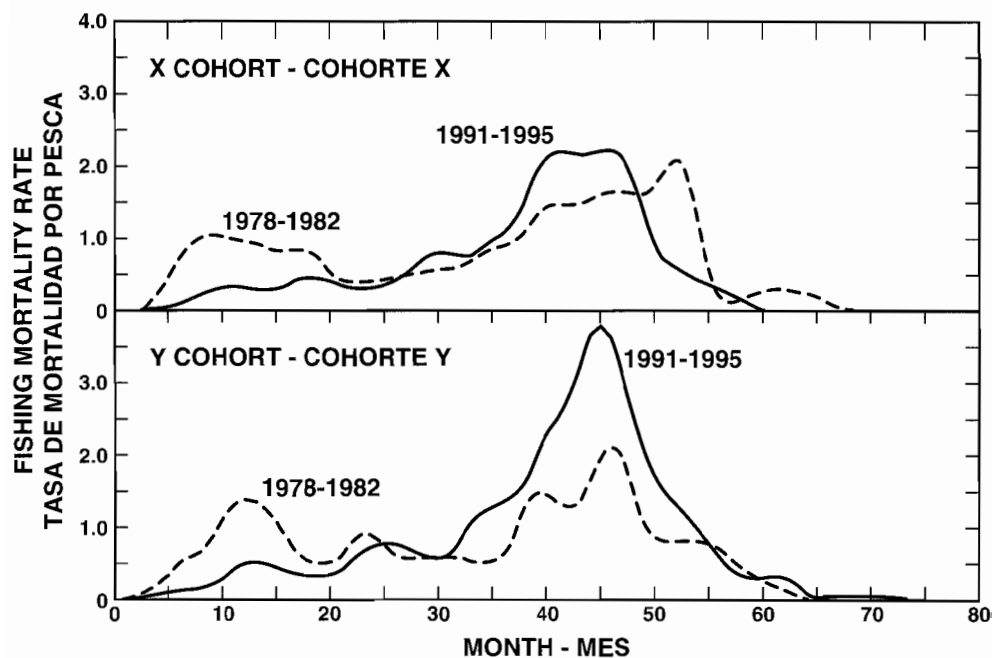
**FIGURE 36.** Yields per recruit of yellowfin of the X and Y cohorts.

**FIGURA 36.** Rendimientos por recluta de aletas amarillas de las cohortes X e Y.



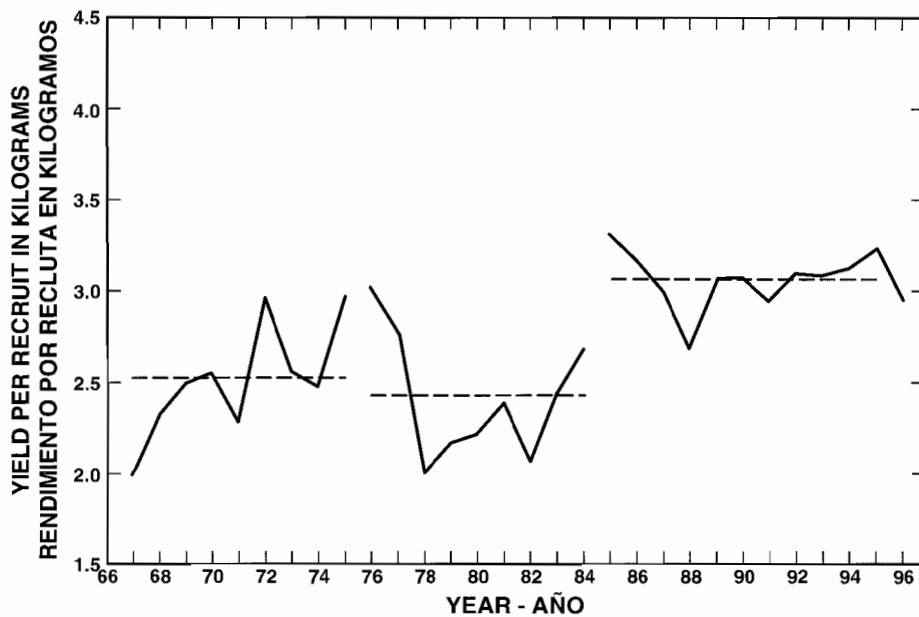
**FIGURE 37.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

**FIGURA 37.** Relación entre tamaño de ingreso, esfuerzo de pesca, y rendimiento por recluta del aleta amarilla, correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca por edad.



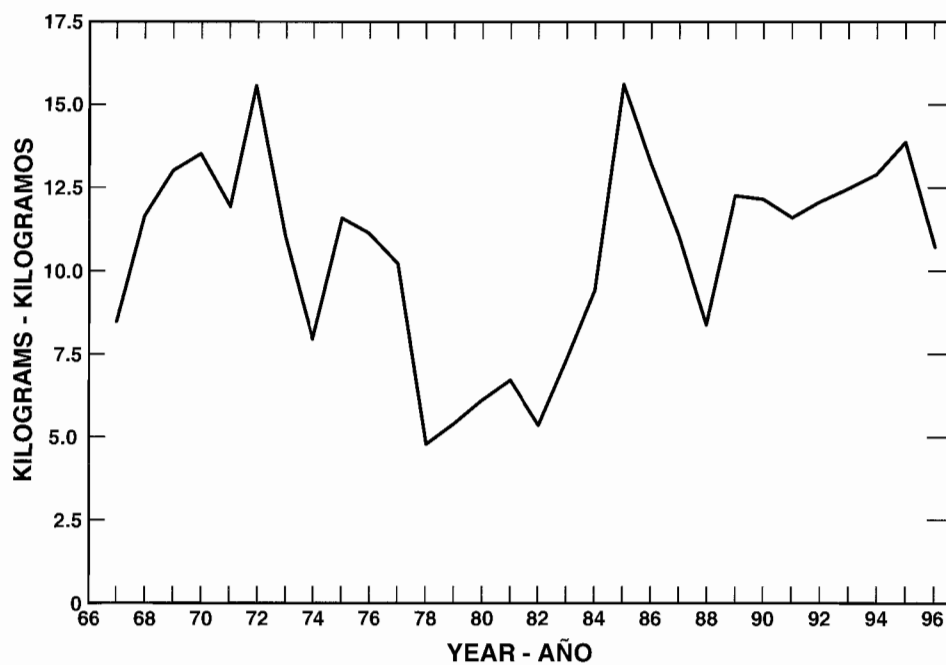
**FIGURE 38.** Smoothed age-specific annual fishing mortality rates of X- and Y-cohort yellowfin during the 1978-1982 and 1991-1995 periods.

**FIGURA 38.** Tasas anuales suavizadas de mortalidad por pesca por edad de aletas amarillas de las cohortes X e Y en los períodos de 1978-1982 y 1991-1995.



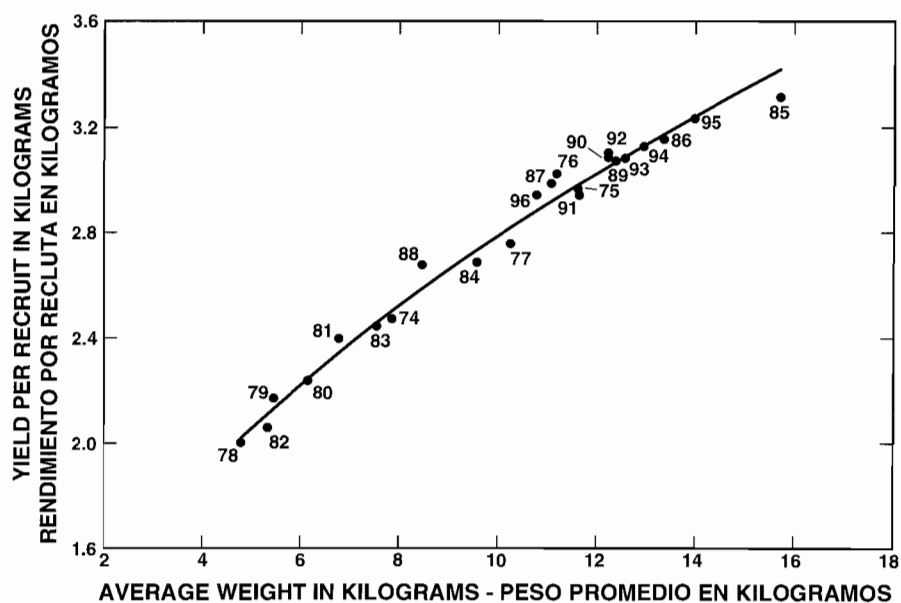
**FIGURE 39.** Yields per recruit of yellowfin during the 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1996 periods.

**FIGURA 39.** Rendimientos por recluta del aleta amarilla durante los períodos de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1996.



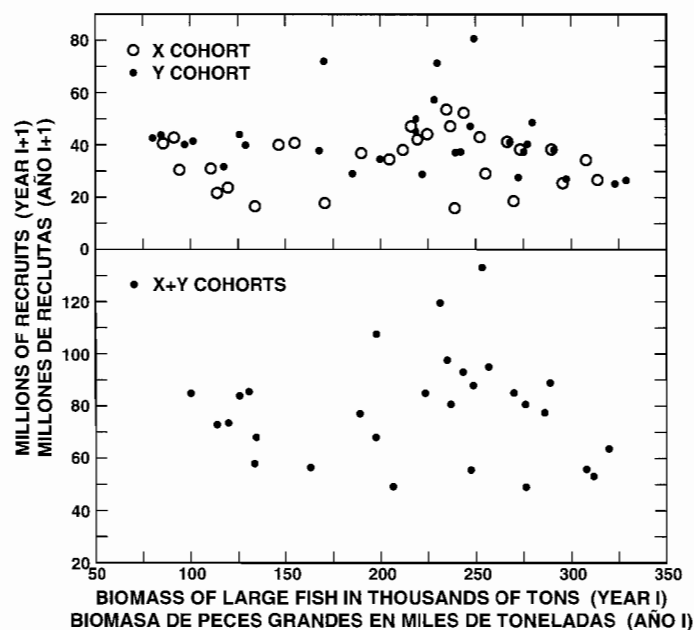
**FIGURE 40.** Average weights of yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 40.** Peso promedio de aletas amarillas capturados en el Océano Pacífico oriental.



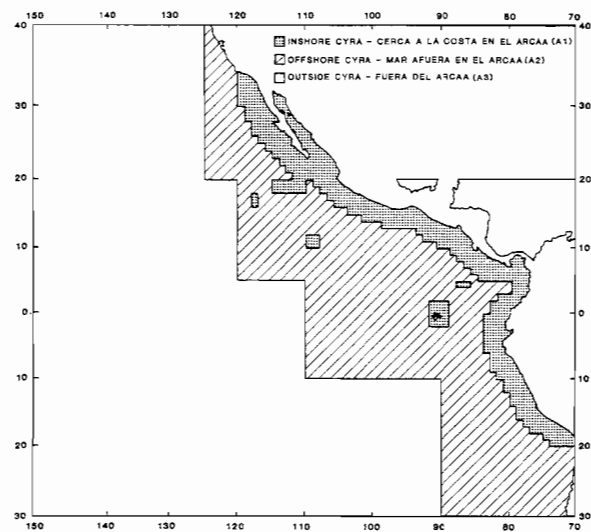
**FIGURE 41.** Relationship between yield per recruit and average weight at capture for yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 41.** Relación entre el rendimiento por recluta y el peso medio de captura de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 42.** Relationships between stock and recruitment for yellowfin in the eastern Pacific Ocean for 1967 through 1996.

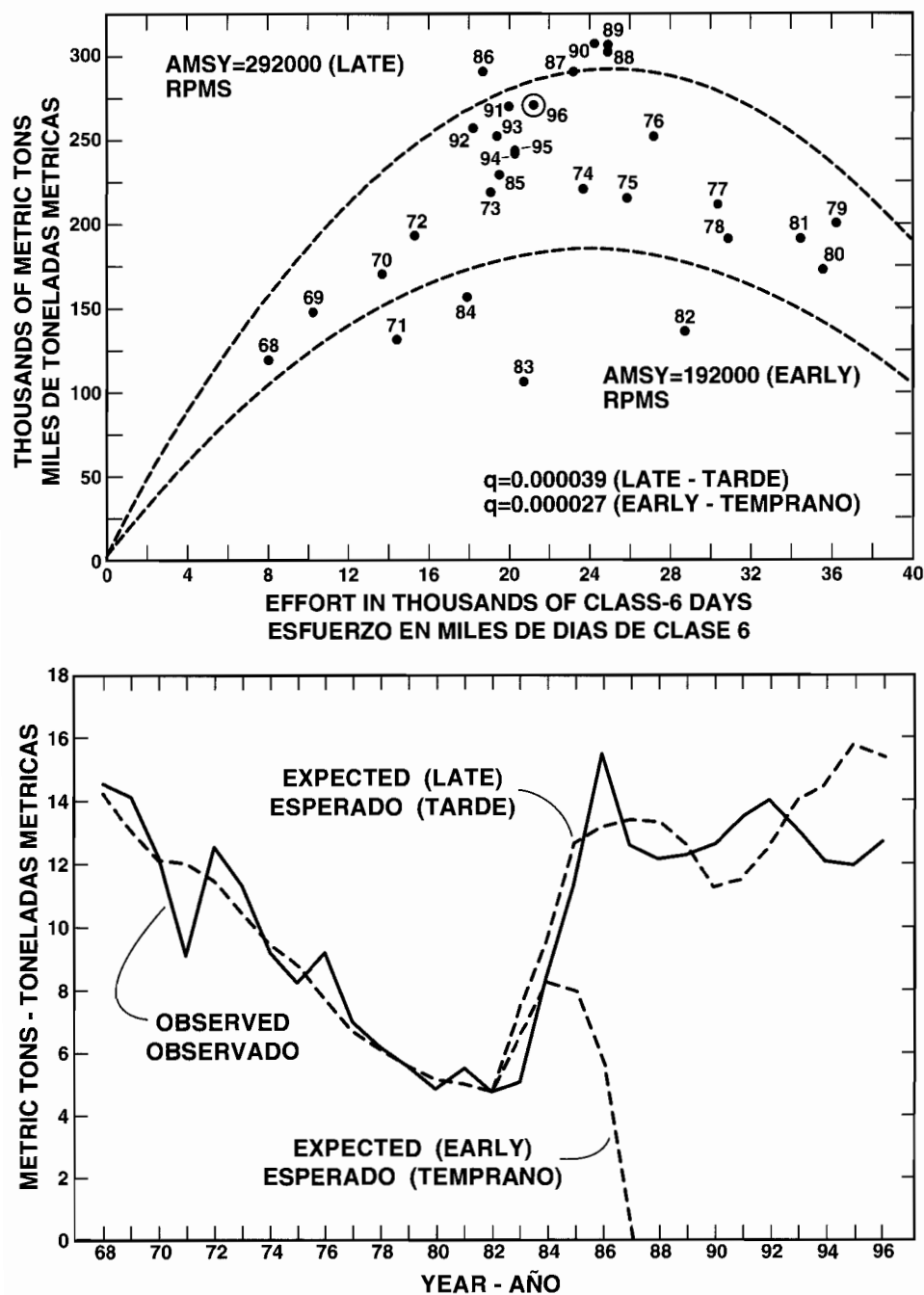
**FIGURA 42.** Relación entre stock y reclutamiento correspondientes al aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental entre 1967 y 1996.



**FIGURE 43.** 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.

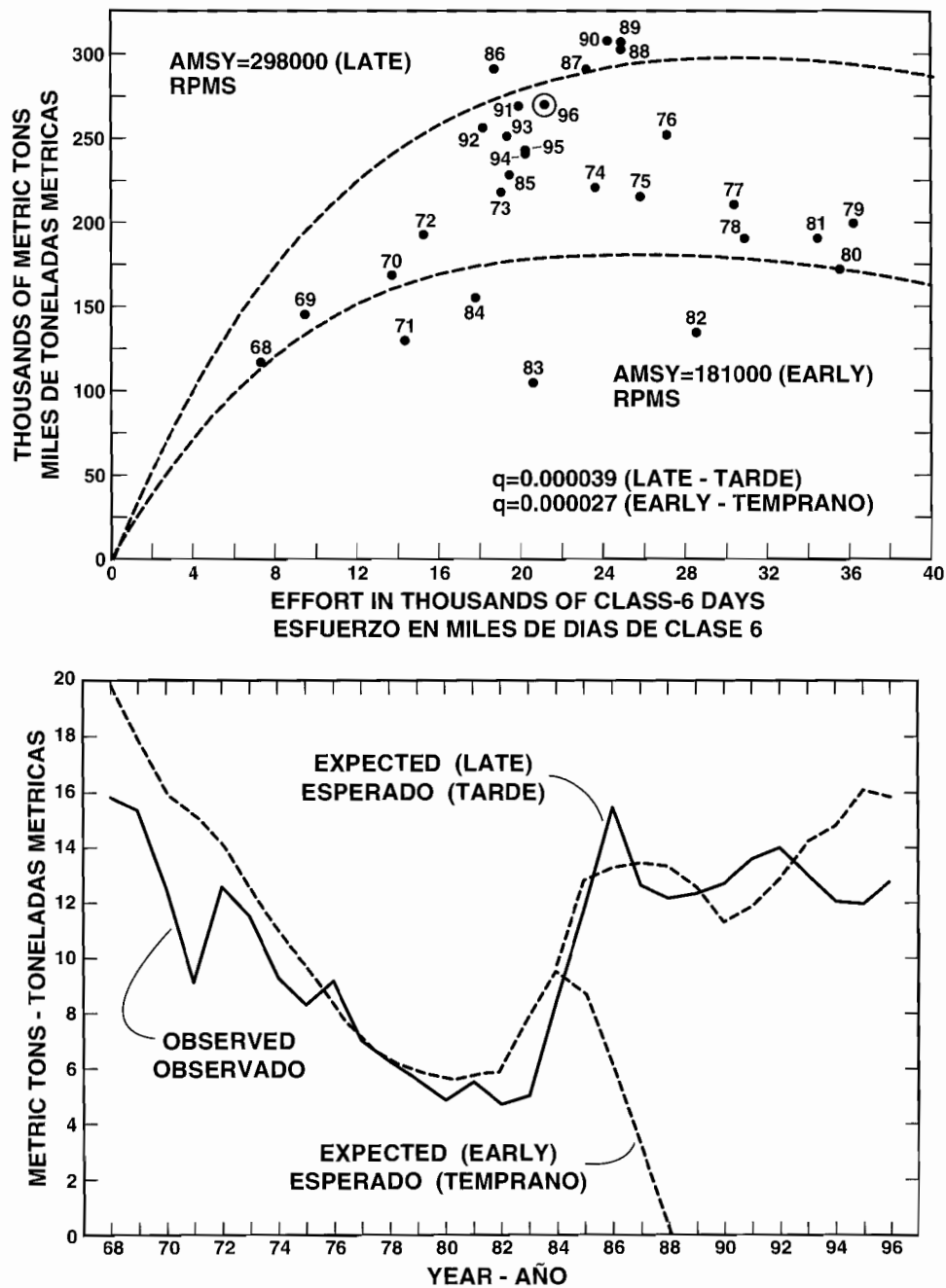
**FIGURA 43.** El Océano Pacífico oriental. Se indican las zonas históricas de pesca de aleta amarilla (A1), las zonas de pesca más recientes en el ARCAA (A2), y la zona fuera del ARCAA (exterior) (A3).





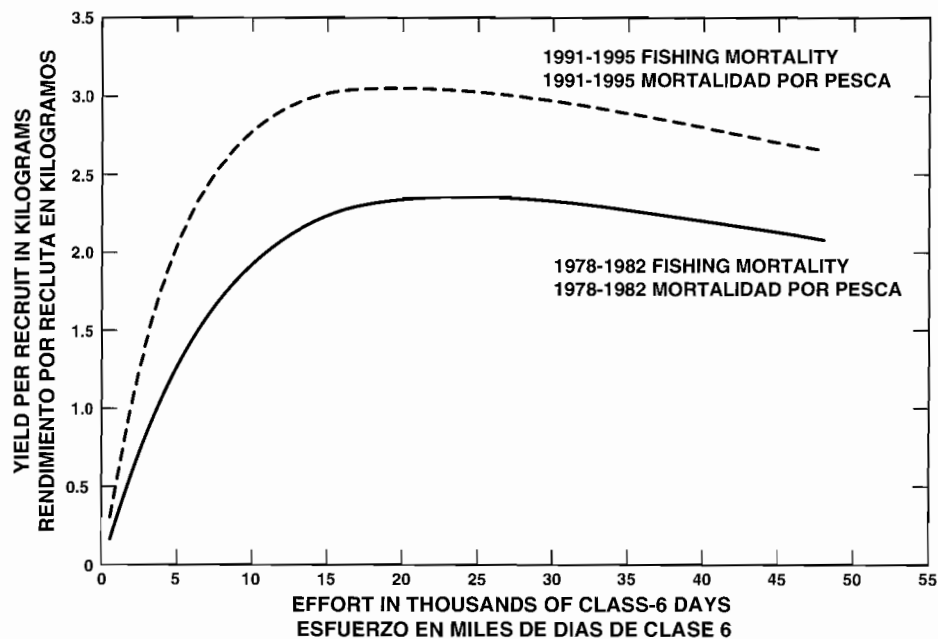
**FIGURE 44.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1996, for the logistic (symmetrical) model with  $m$  set at 2.0 (upper panel), and observed and predicted values of the CPDF (lower panel).

**FIGURA 44.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1996, según el modelo logístico (simétrico) con  $m$  fijado en 2,0 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



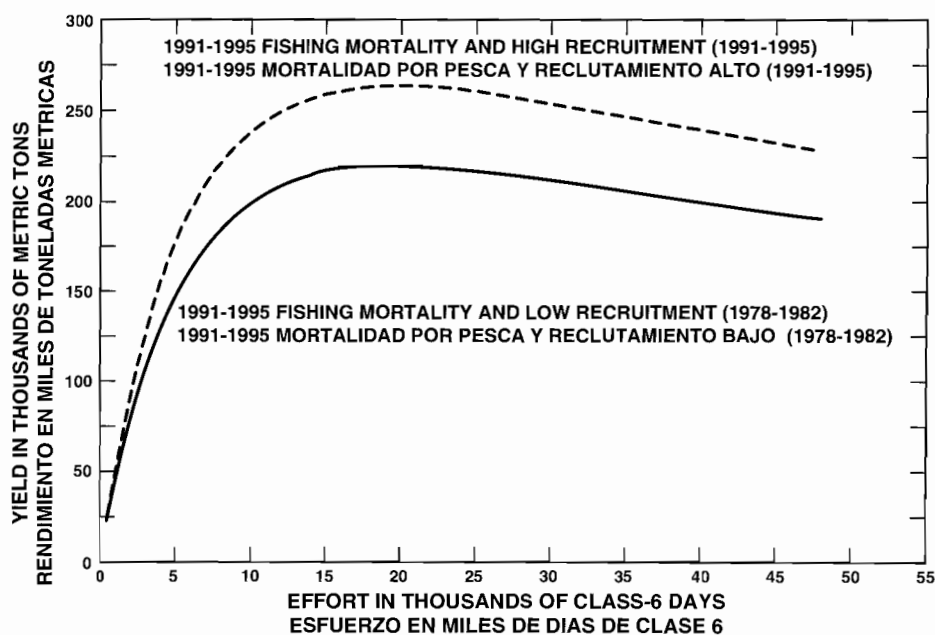
**FIGURE 45.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1996, for the generalized stock production (asymmetrical) model with  $m$  set at 0.8 (upper panel), and observed and predicted values of CPDF (lower panel).

**FIGURA 45.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1996, según el modelo generalizado de producción del stock (asimétrico) con  $m$  fijado en 0,8 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



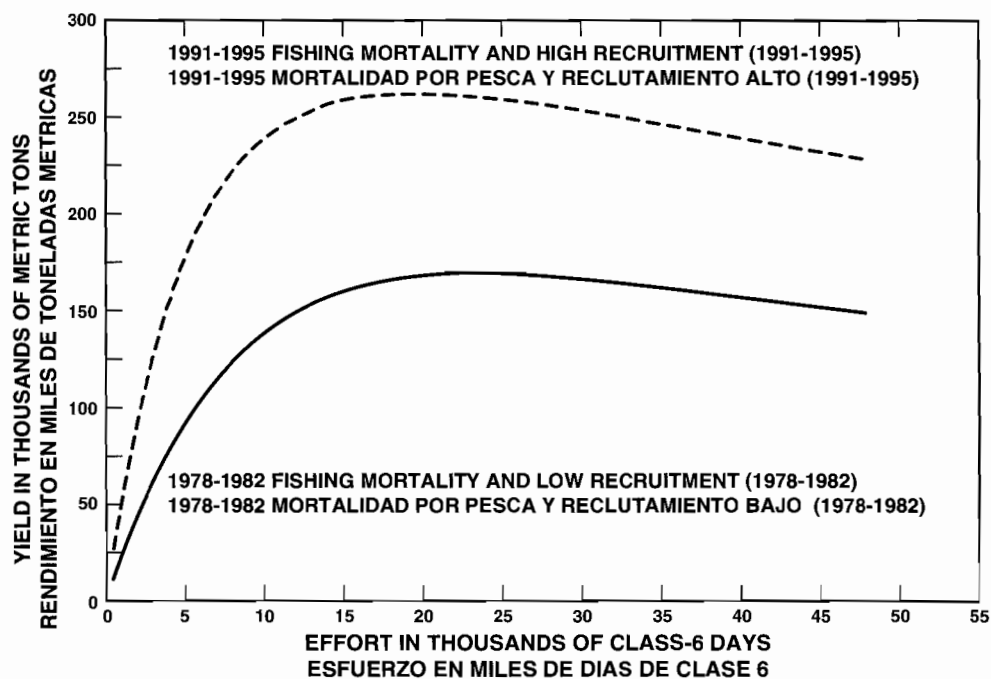
**FIGURE 46.** Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1978-1982 and 1991-1995.

**FIGURA 46.** Rendimientos por recluta correspondientes a las tasas de mortalidad por edad de 1978-1982 y 1991-1995.



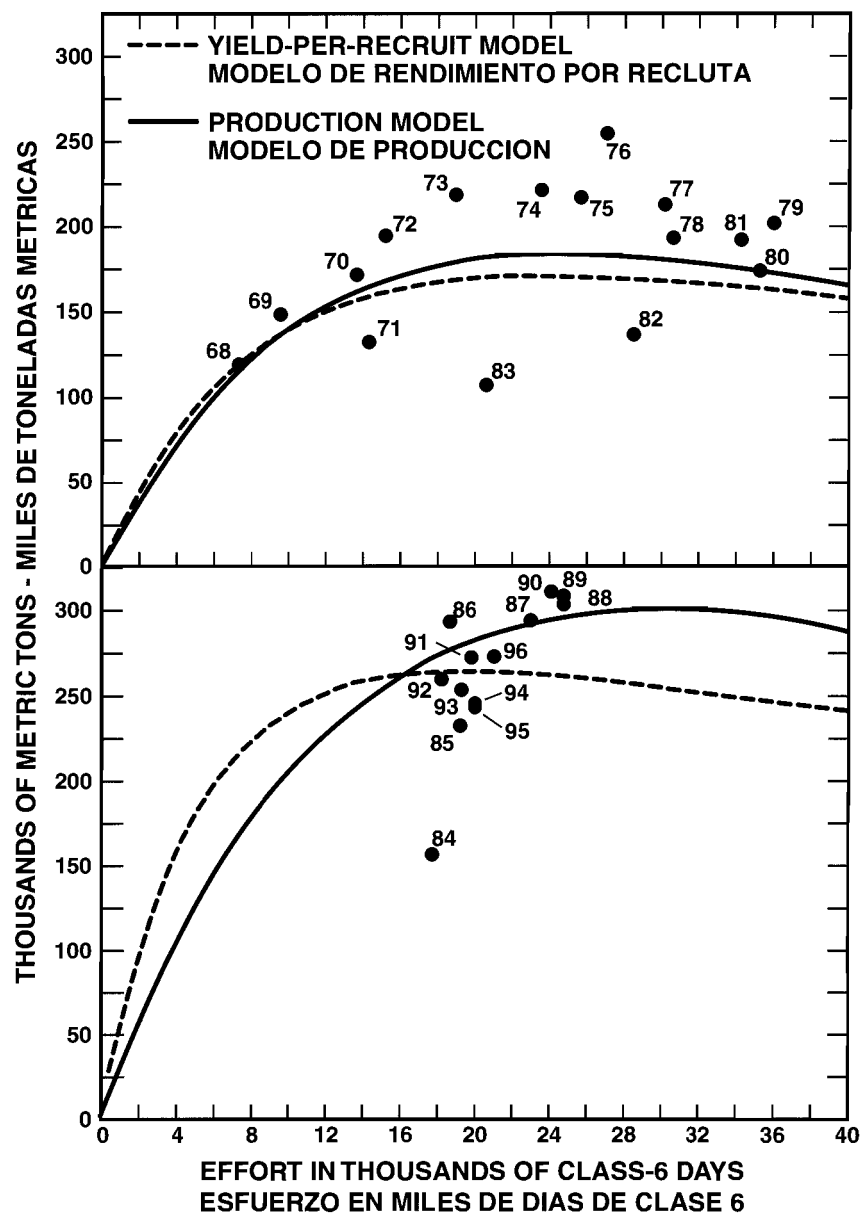
**FIGURE 47.** Yields for high and low recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1991-1995.

**FIGURA 47.** Rendimientos correspondientes a reclutamientos elevados y bajos, y mortalidad por pesca por edad similar a aquella del período de 1991-1995.



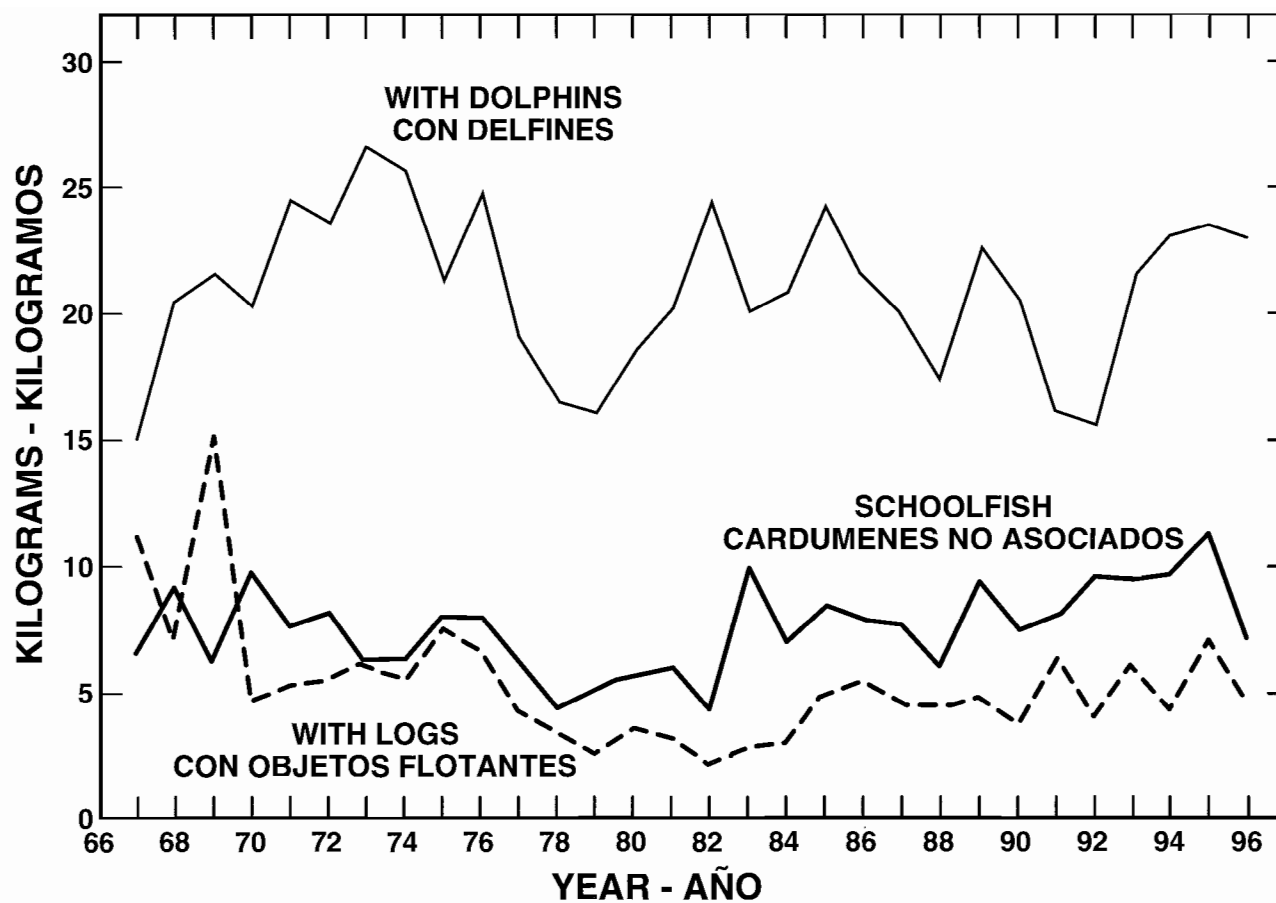
**FIGURE 48.** Yields for low recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1991-1995.

**FIGURA 48.** Rendimientos correspondientes al reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad similar a aquella de 1978-1982, y al reclutamiento elevado y mortalidad por edad e similar a aquella de 1991-1995.



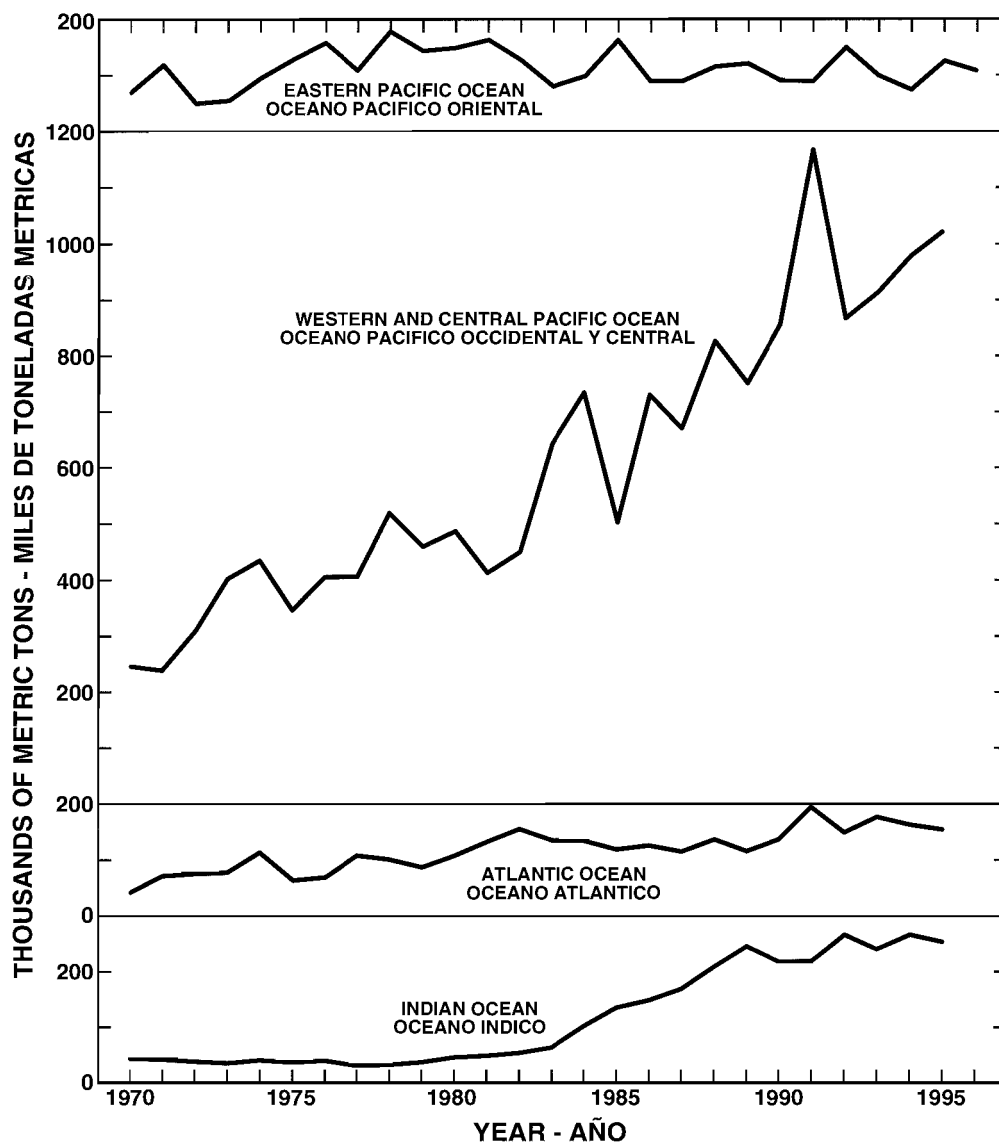
**FIGURE 49.** Yields corresponding to conditions during the 1968-1983 (upper panel) and 1984-1996 (lower panel) periods estimated from YPR and production models.

**FIGURA 49.** Rendimientos correspondientes a condiciones en los periodos de 1968-1983 (recuadro superior) y 1984-1996 (recuadro inferior) estimados con los modelos de RPR y producción.



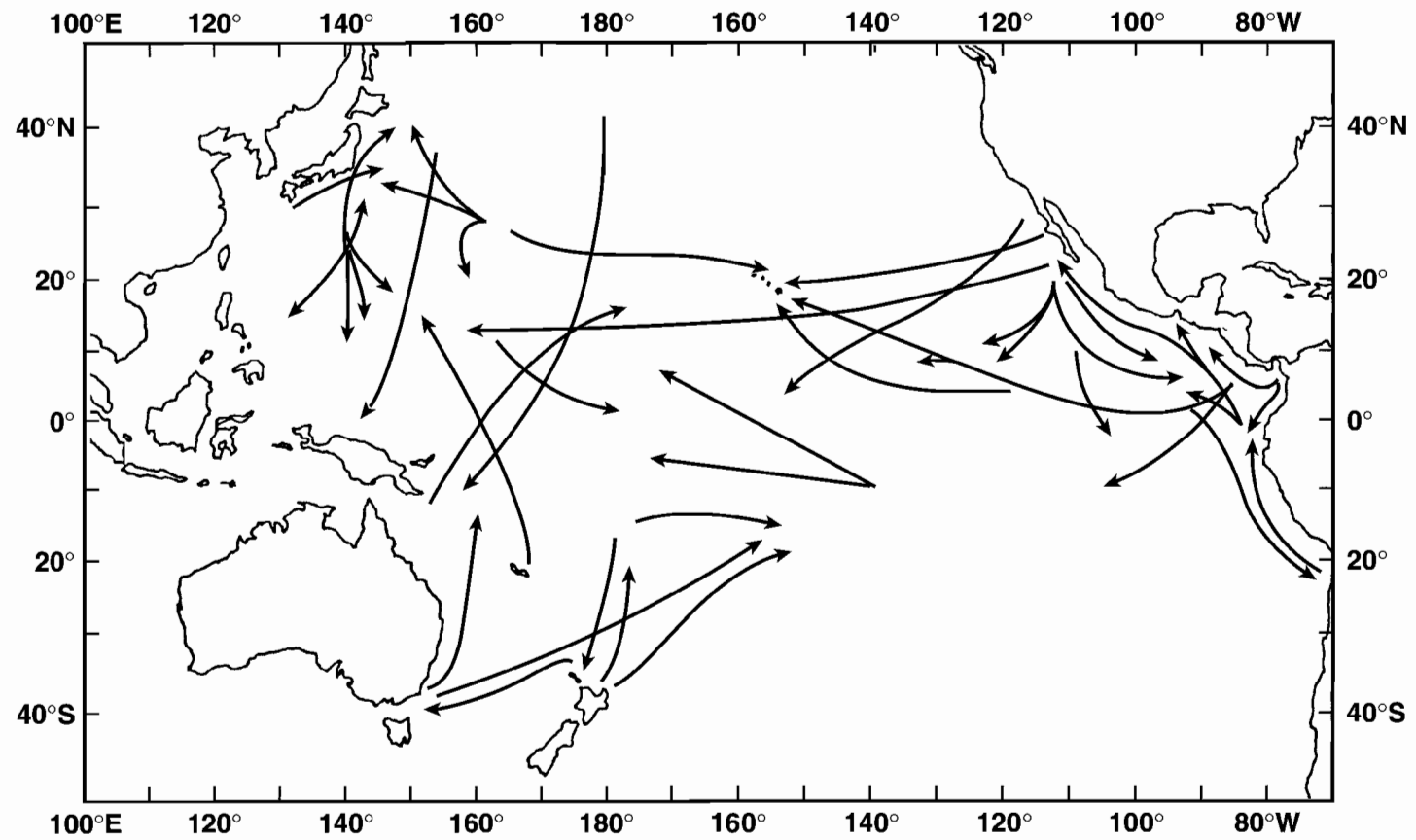
**FIGURE 50.** Average weights of dolphin-associated fish, log-associated fish, and “schoolfish” (fish associated only with other fish).

**FIGURA 50.** Peso promedio de peces asociados con delfines, con objetos flotantes, y no asociados (asociados solamente con otros peces).



**FIGURE 51.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean. The data for 1970-1995 were obtained from FAO, and those for 1996 from Table 3.

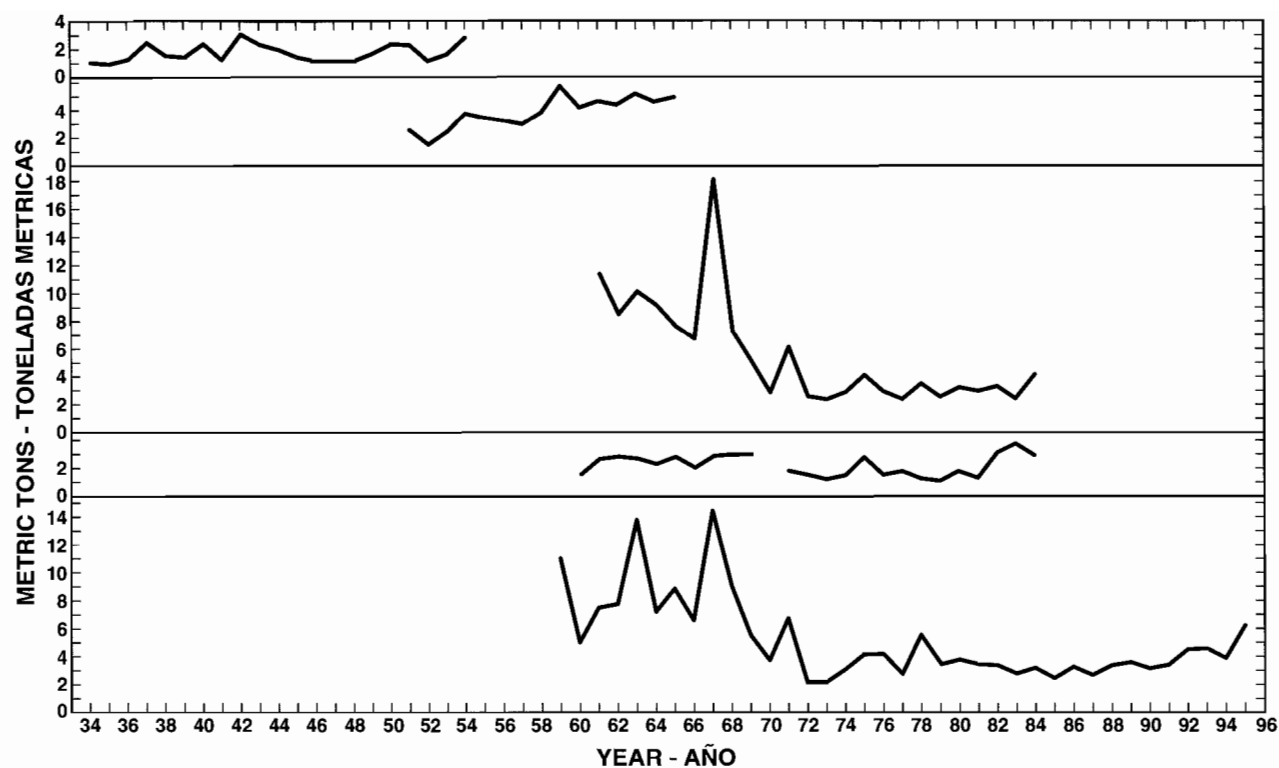
**FIGURA 51.** Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, Pacífico central y occidental, y Océanos Atlántico e Índico. Los datos de 1970-1995 provienen de la FAO, y los de 1996 de la Tabla 3.



**FIGURE 52.** Some long-distance movements which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

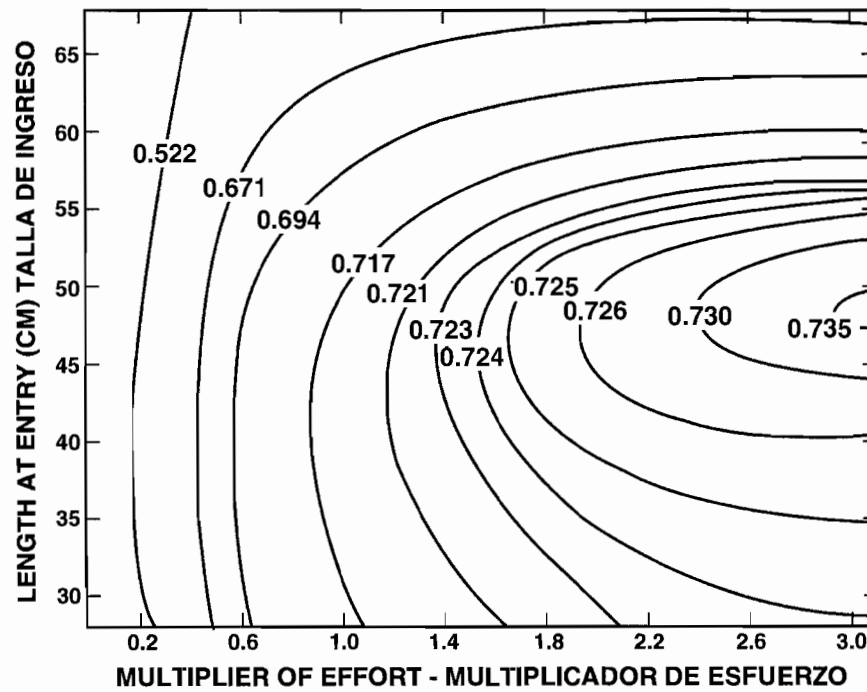
**FIGURA 52.** Algunas migraciones a larga distancia registradas para barriletes marcados en el Océano Pacífico.





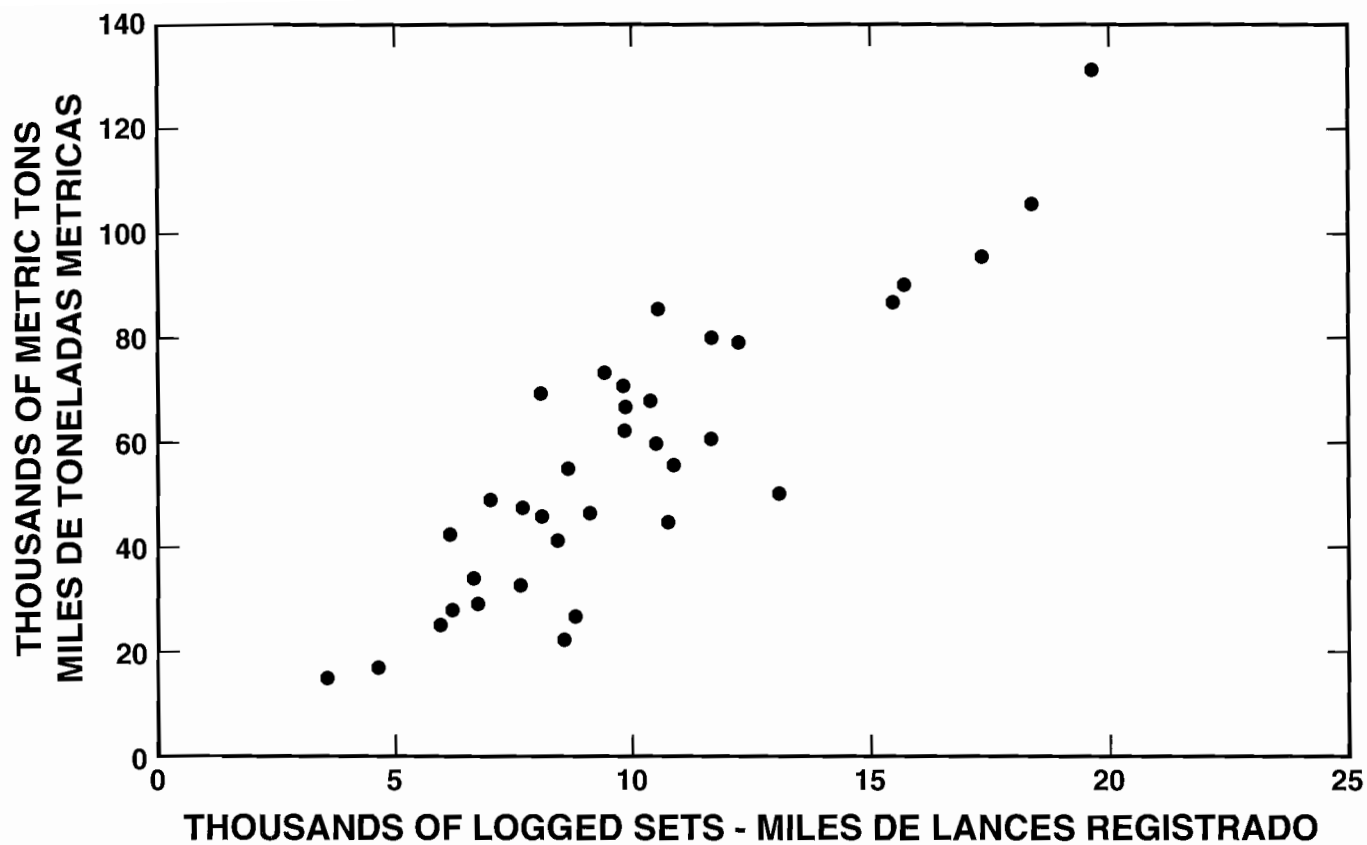
**FIGURE 53.** Indices of abundance of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The sources of the data are as follows: top panel, IATTC Bulletin, Vol. 1, No. 7, Table 20; second panel, IATTC Bulletin, Vol. 13, No. 1, Table 7; third panel, IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Table 10; fourth panel, IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Table 29; fifth panel, unpublished (equivalent to IATTC Annual Report for 1994, Figure 10, bottom panel).

**FIGURA 53.** Índices de abundancia del barrilete en el Océano Pacífico oriental. Las fuentes de los datos son: recuadro superior, Boletín de la CIAT, Vol. 1, N° 7, Tabla 20; segundo recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 13, N° 1, Tabla 7; tercer recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tabla 10; cuarto recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tabla 29; quinto recuadro, inédito (equivalente al Informe Anual de la CIAT de 1994, Figura 10, recuadro inferior).



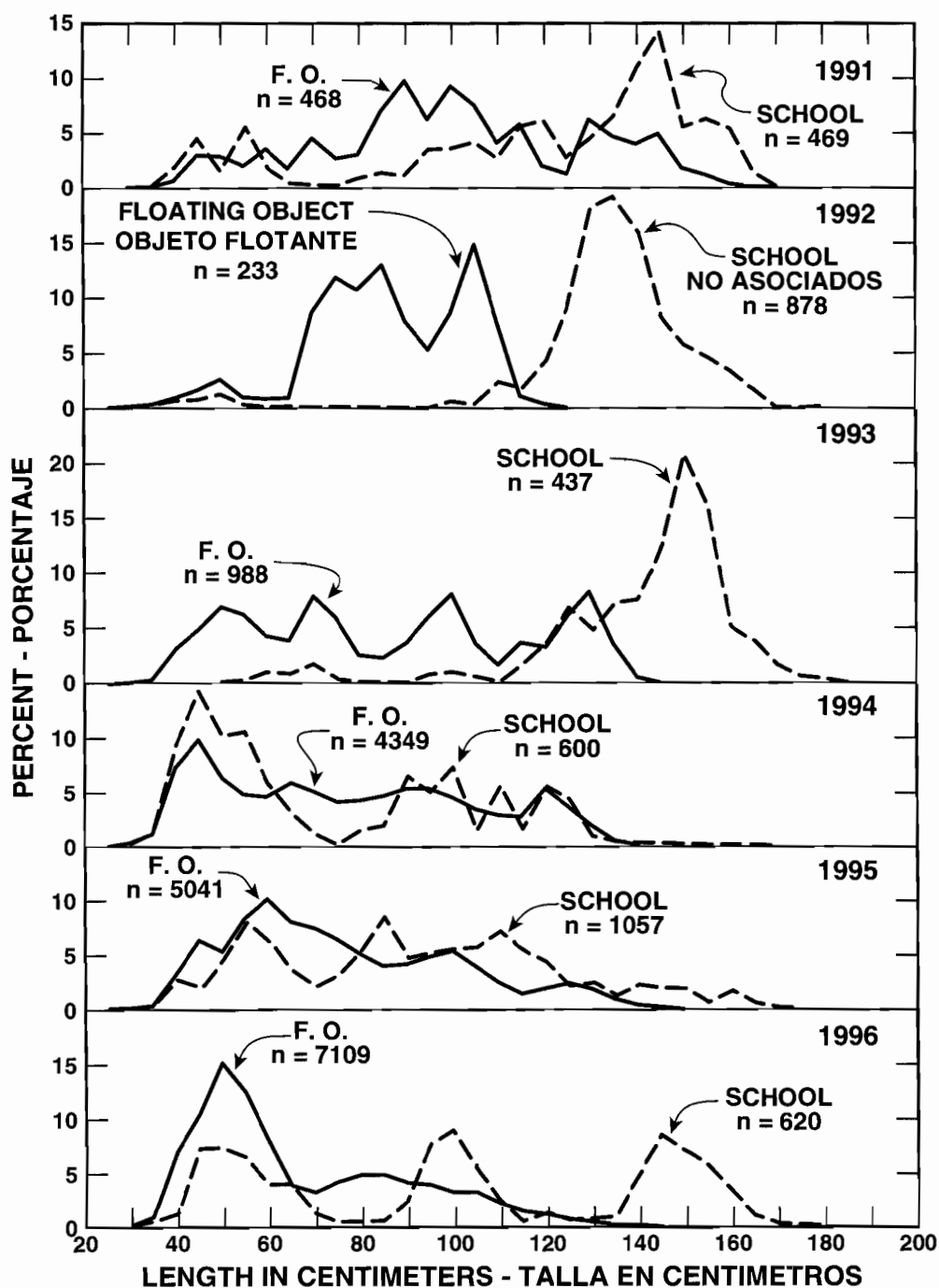
**FIGURE 54.** Yields per recruit, in kilograms, for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and length at entry into the fishery.

**FIGURA 54.** Rendimientos por recluta, en kilogramos, del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y longitud de ingreso a la pesquería.

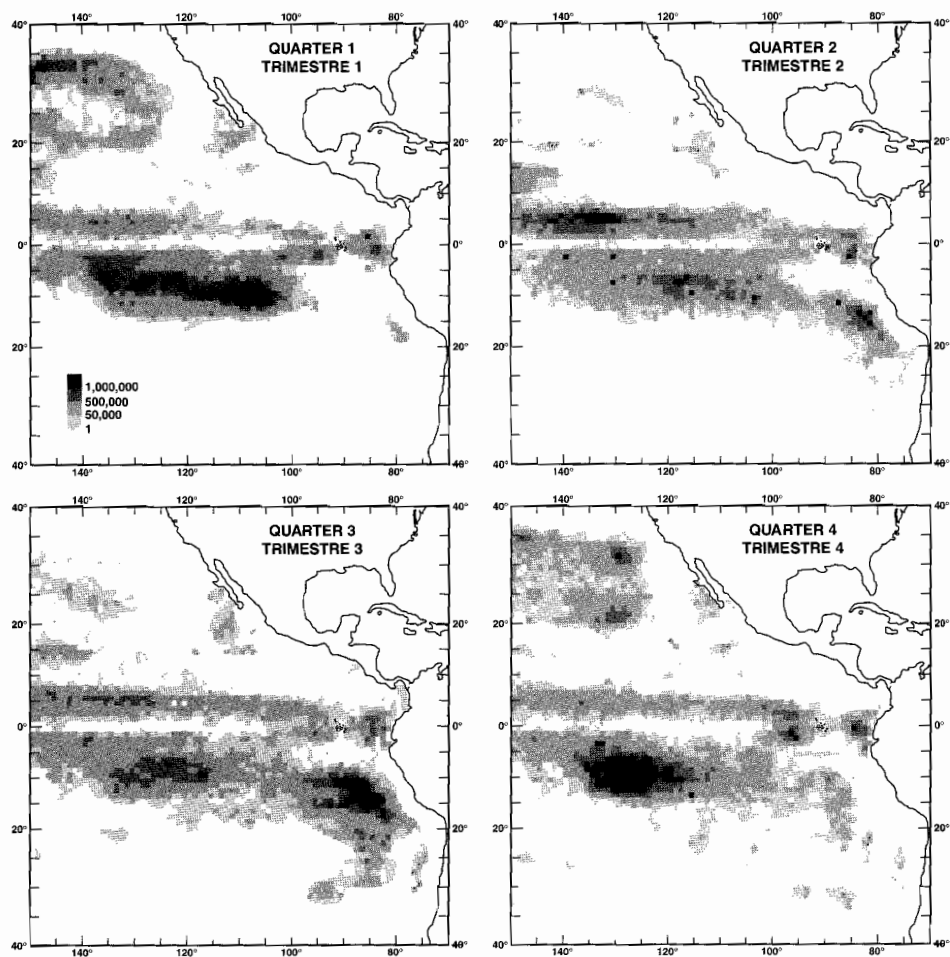


**FIGURE 55.** Logged catches of skipjack in sets on tunas in free-swimming schools and tunas associated with floating objects, and numbers of logged sets on those types of schools.

**FIGURA 55.** Capturas registradas de barrilete en lances sobre cardúmenes de atunes no asociados y asociados con objetos flotantes, y el número de lances registrado sobre esos tipos de cardúmenes.

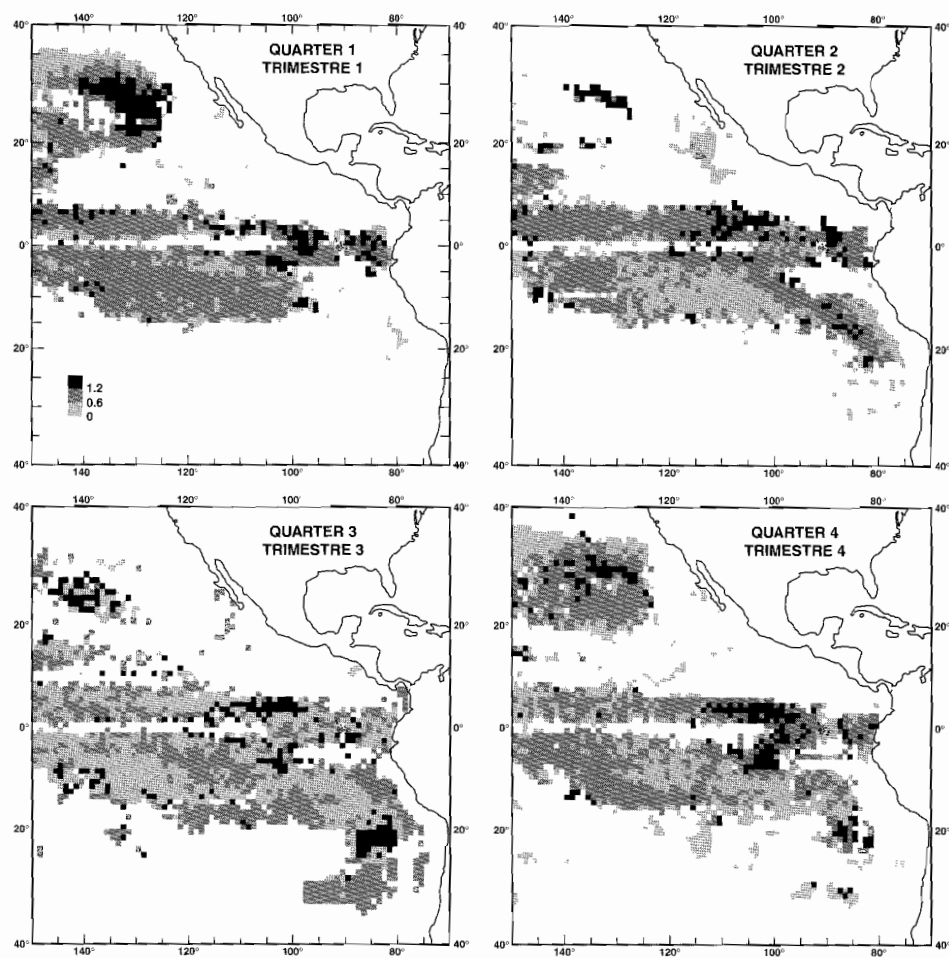


**FIGURE 56.** Length-frequency distributions, in percentages of numbers of fish, for bigeye tuna caught in sets made on schools of fish associated with floating objects and sets made on free-swimming schools of fish.  
**FIGURA 56.** Distribuciones de las frecuencias de longitud, en porcentajes del número de peces, de patudos capturados en lances sobre objetos flotantes y sobre cardúmenes no asociados.



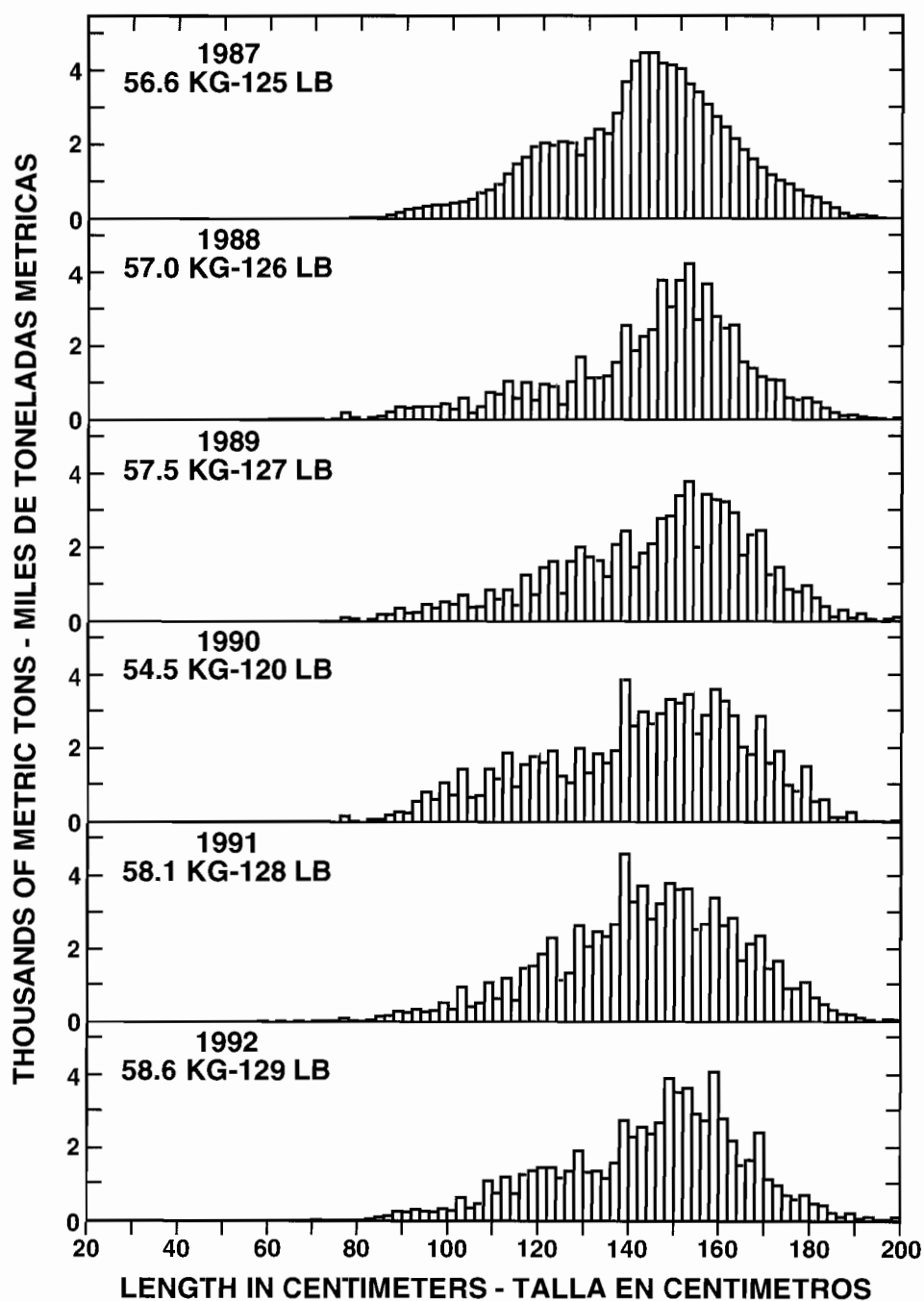
**FIGURE 57.** Quarterly distributions of effort, in numbers of hooks, by Japanese longline vessels in the EPO during 1988-1992.

**FIGURA 57.** Distribuciones trimestrales del esfuerzo, en número de anzuelos, de barcos palangreros japoneses en el OPO durante 1988-1992.



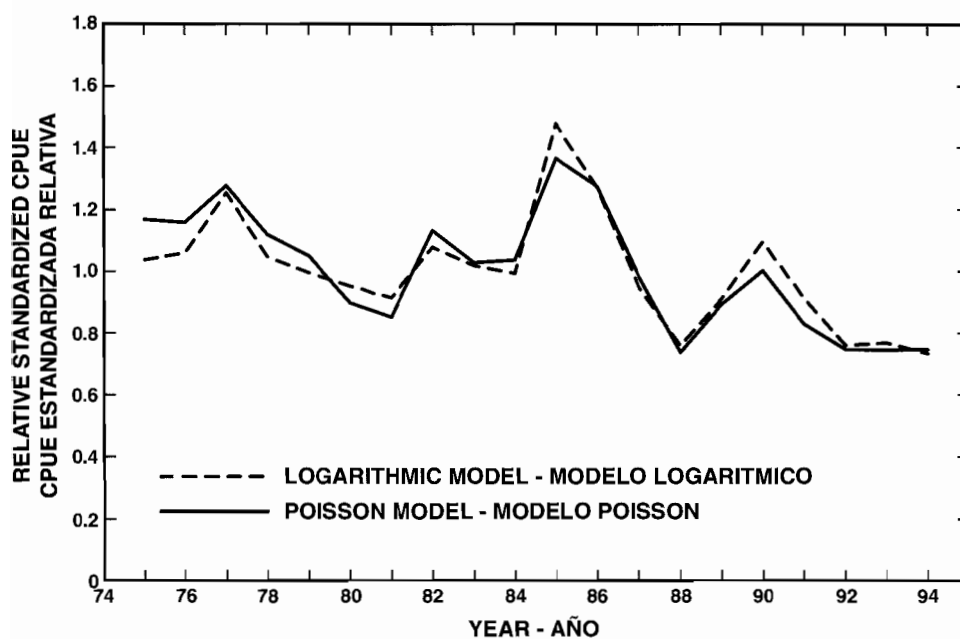
**FIGURE 58.** Quarterly distributions of average CPUEs of bigeye tuna, in numbers of fish per hundred hooks, by Japanese longline vessels in the EPO during 1988-1992.

**FIGURA 58.** Distribuciones trimestrales de las CPUE promedio de atún patudo, en número de pescados por cien anzuelos, de barcos palangreros japoneses en el OPO en 1988-1992.



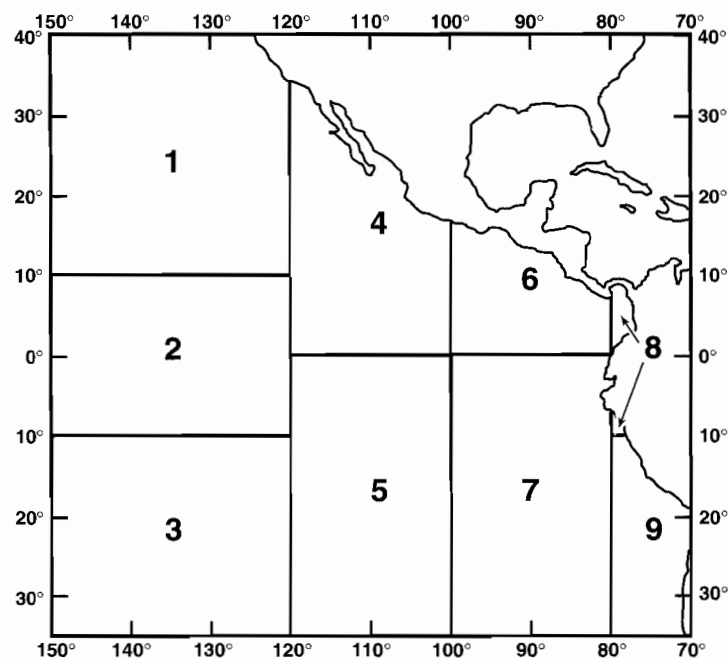
**FIGURE 59.** Length-frequency distributions of bigeye tuna caught by Japanese longline vessels in the EPO. The values in the upper left corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 59.** Distribuciones de la frecuencia de longitud de atún patudo capturado por barcos palangreros japoneses en el OPO. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.



**FIGURE 60.** Estimates of standardized CPUEs of bigeye in the EPO.

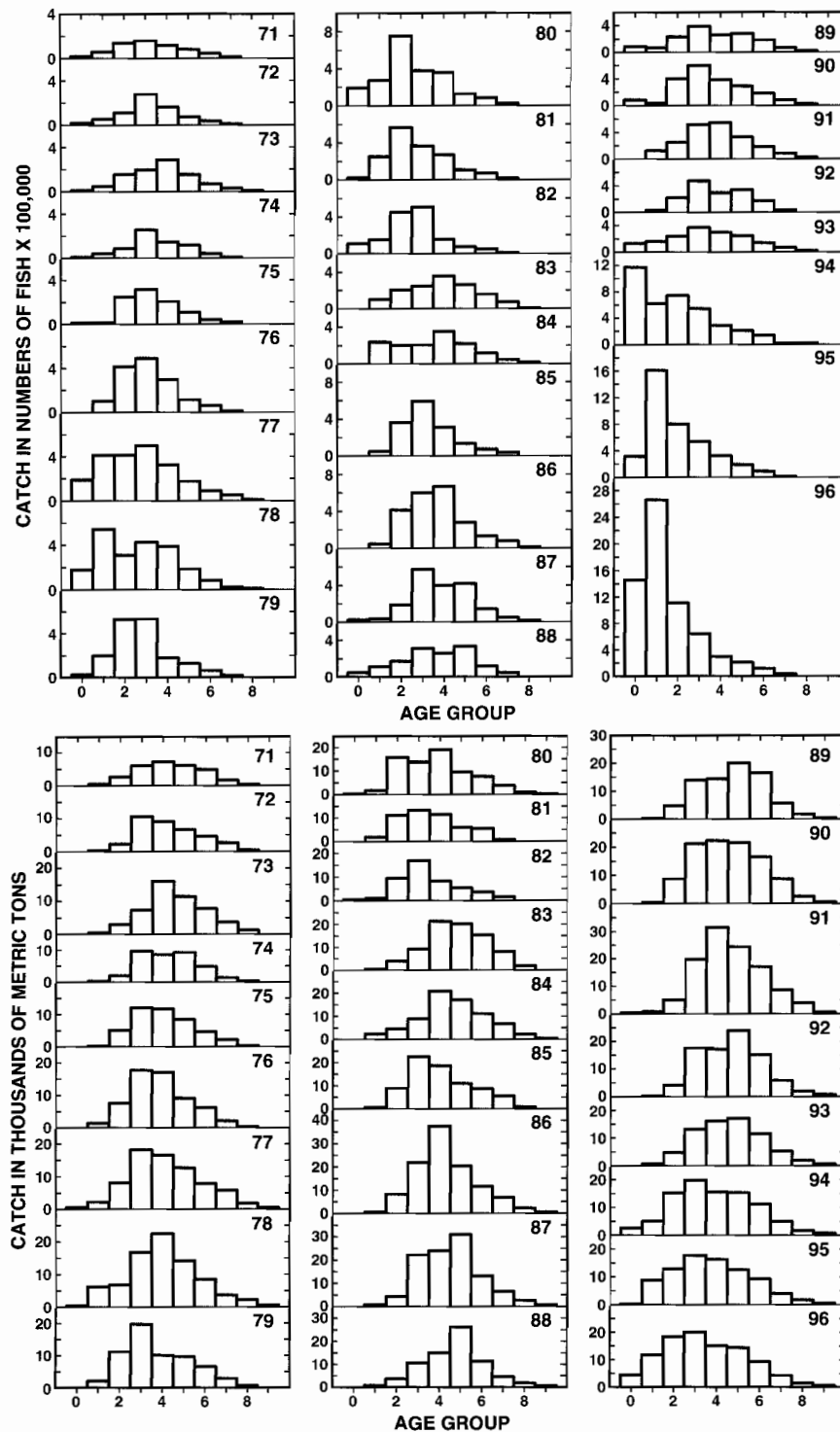
**FIGURA 60.** Estimaciones de las CPUE estandarizadas de patudo en el OPO.



**FIGURE 61.** Areas used for stratification of catches and length frequencies of longline-caught bigeye tuna in the EPO.

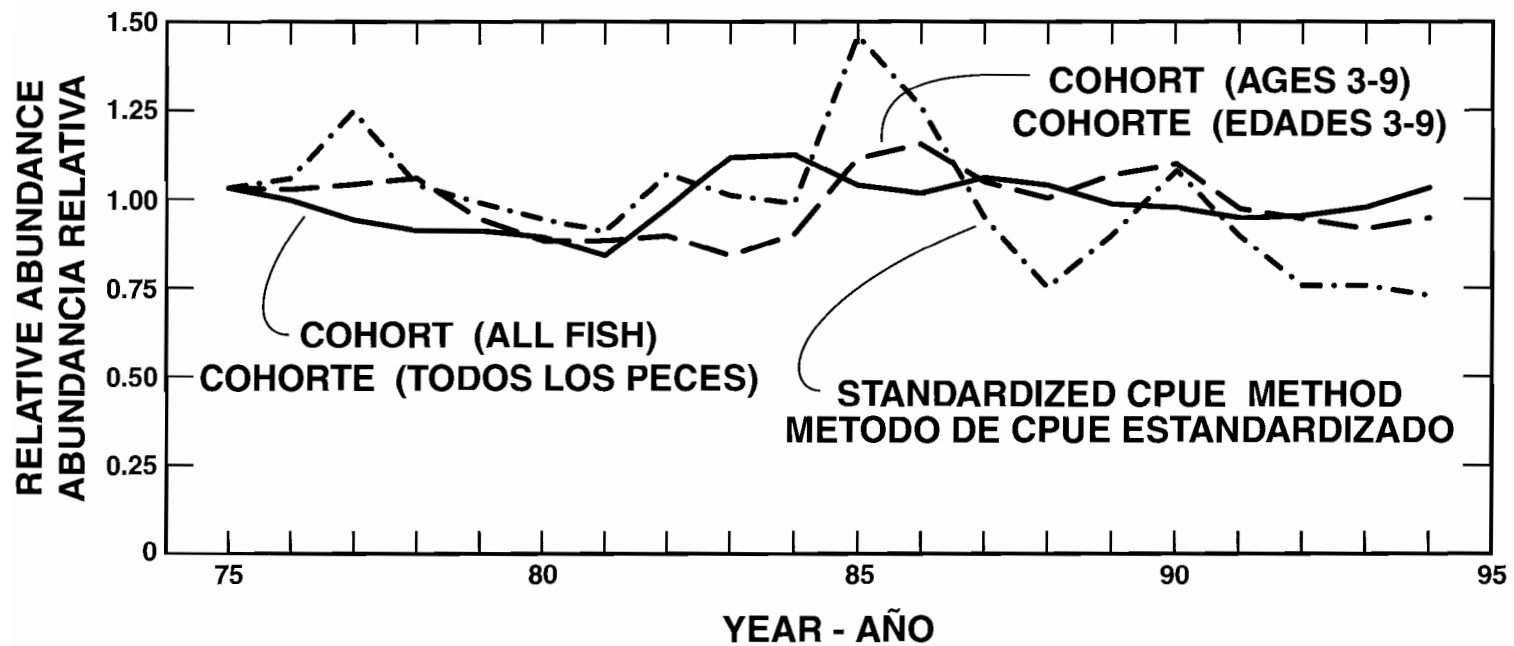
**FIGURA 61.** Areas usadas para la estratificación de las capturas y frecuencias de longitud de atunes patudo capturados con palangre en el OPO.





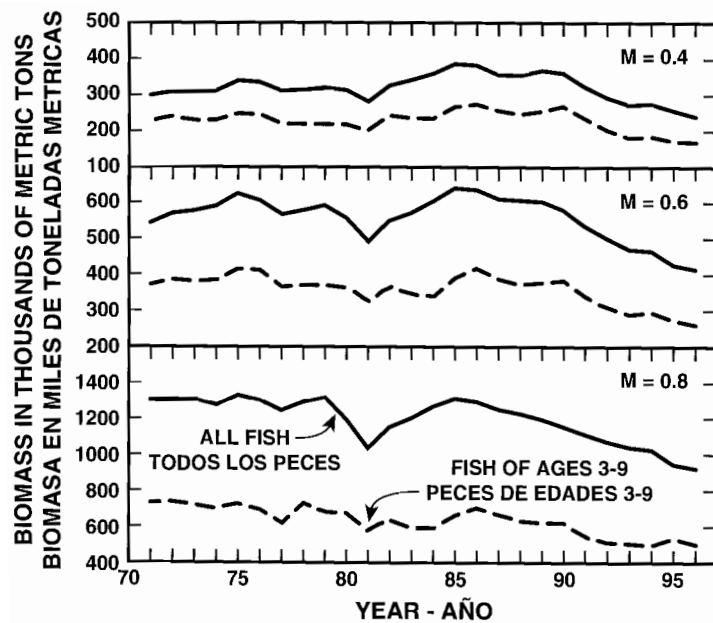
**FIGURE 62.** Estimated catches of bigeye tuna of ages 0 through 9 in the EPO.

**FIGURA 62.** Capturas estimadas de atunes patudo de 0 a 9 años de edad en el OPO.



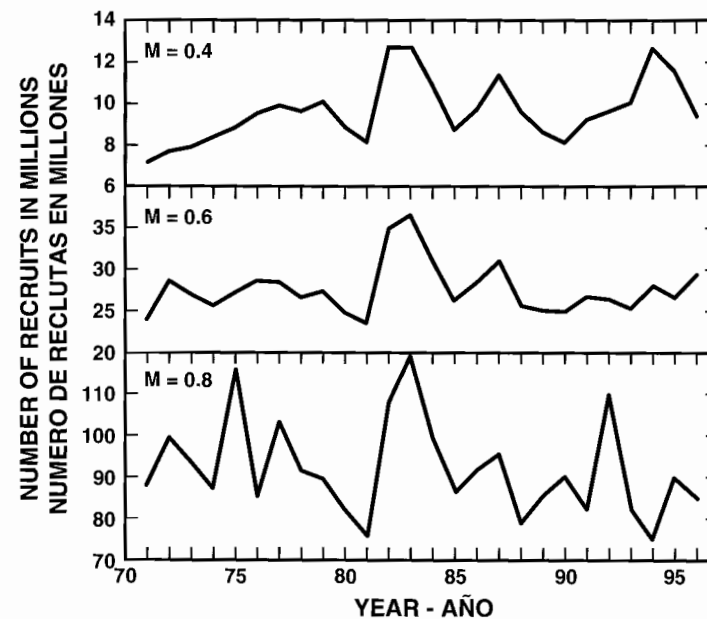
**FIGURE 63.** Comparison of two estimates of the relative abundance of bigeye tuna in the EPO, in numbers of fish, obtained by cohort analyses with  $M = 0.6$ , to data for standardized CPUEs. All three indices were adjusted to averages of 1.0.

**FIGURA 63.** Comparación de dos estimaciones de la abundancia relativa del atún patudo en el OPO, en número de pescados, obtenido de análisis de cohortes con  $M = 0.6$ , con datos de CPUE estandarizadas. Se ajustaron los tres índices a un promedio de 1.0.



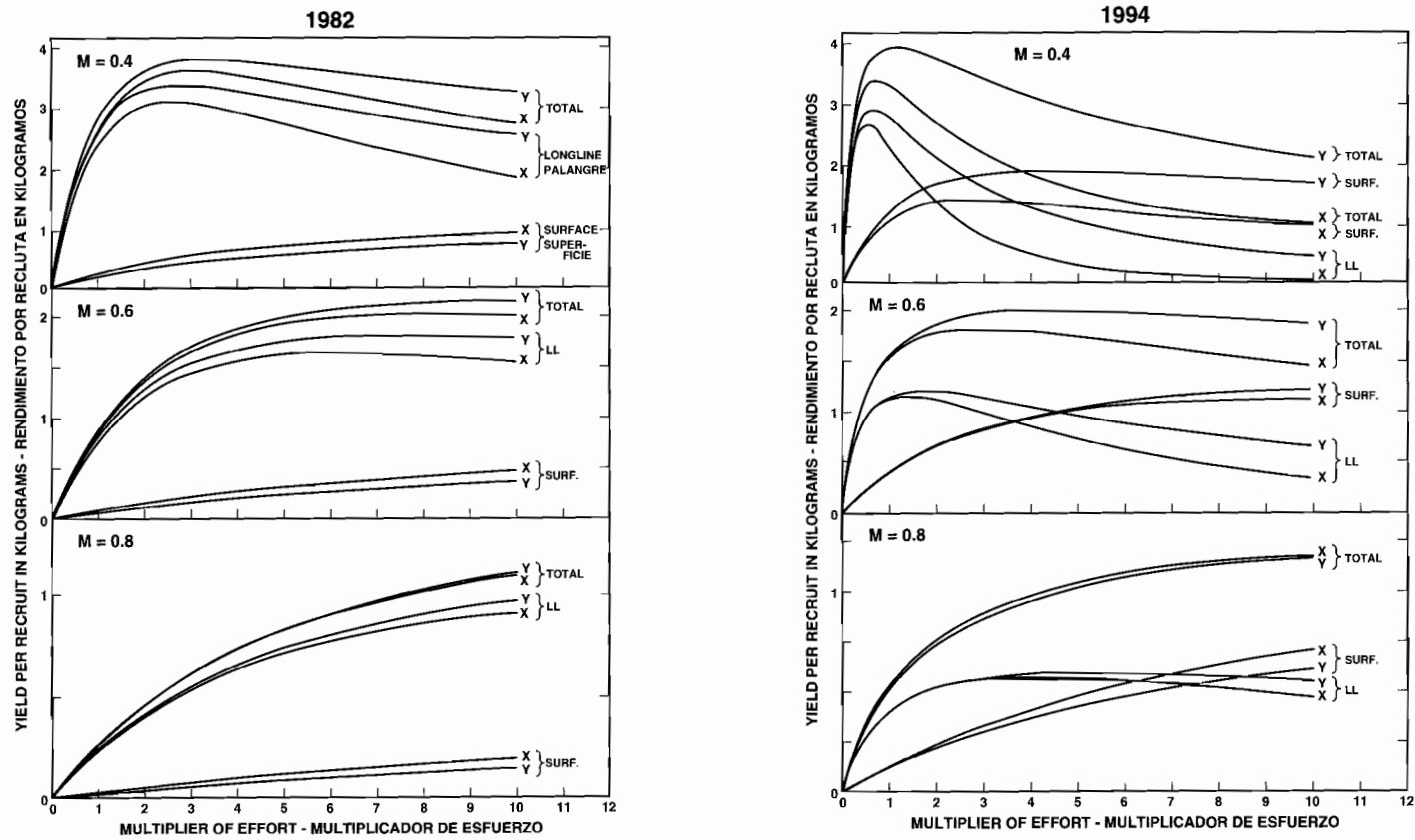
**FIGURE 64.** Estimates, obtained from cohort analyses, of average biomasses of bigeye tuna.

**FIGURA 64.** Estimaciones, obtenidas de análisis de cohortes, de la biomasa promedio del atún patudo.

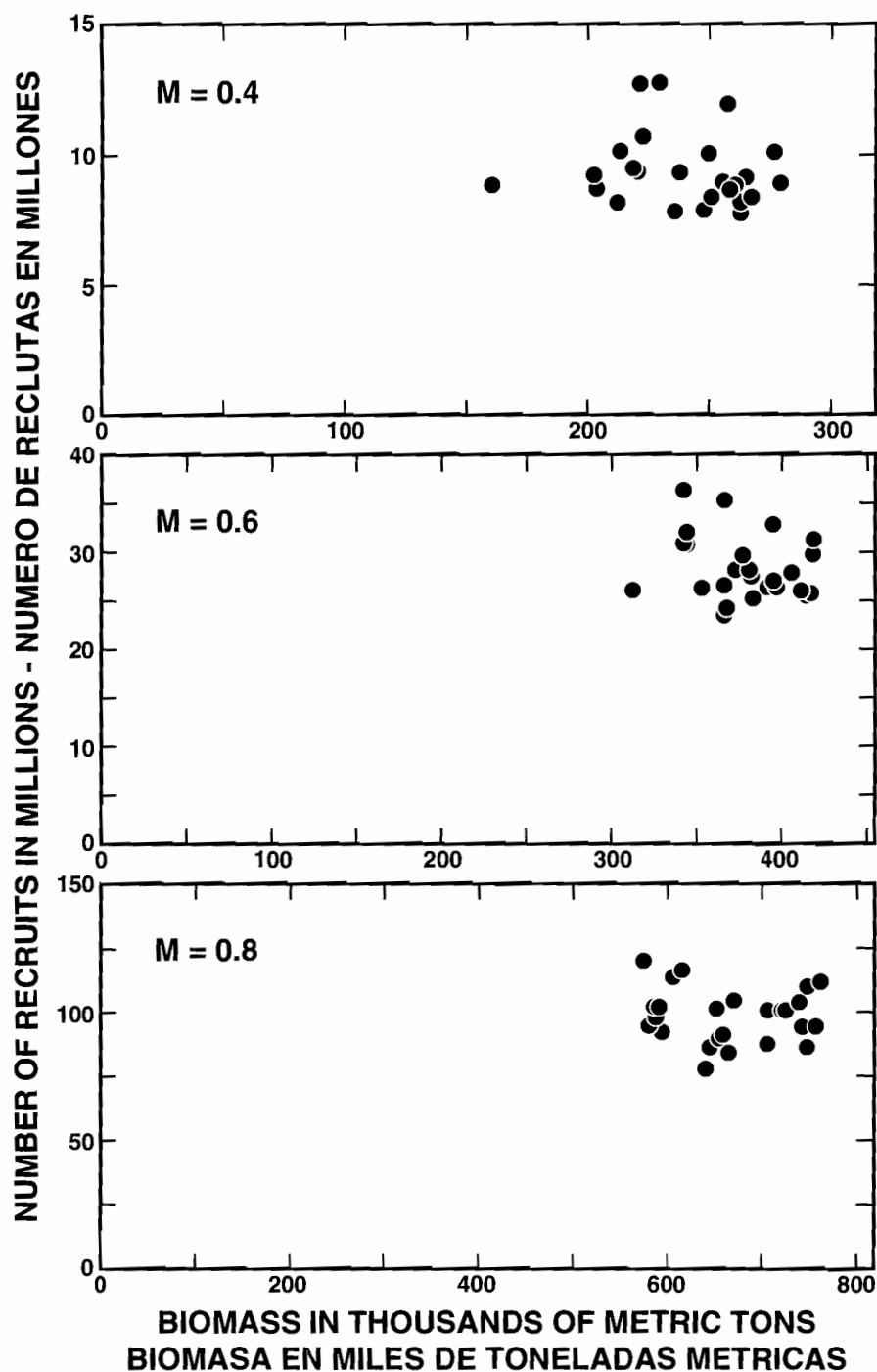


**FIGURE 65.** Estimates, obtained from cohort analyses, of recruitment of bigeye tuna, of the X and Y cohorts combined, in the EPO.

**FIGURA 65.** Estimaciones, obtenidas de análisis de cohortes, del reclutamiento de atún patudo, de las cohortes X e Y combinadas, en el OPO.

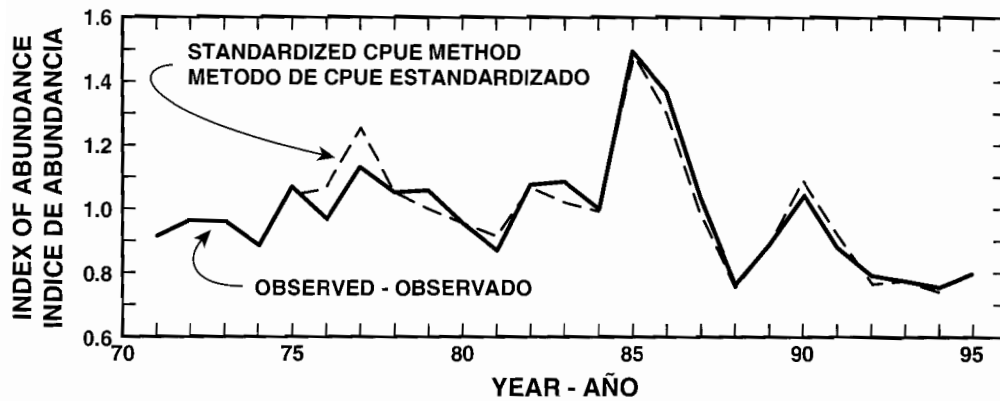


**FIGURE 66.** Yields per recruit for bigeye tuna with various multiples of the fishing effort of 1982 and 1994.  
**FIGURA 66.** Rendimientos por recluta del atún patudo con varios múltiplos del esfuerzo de pesca de 1982 y 1994.



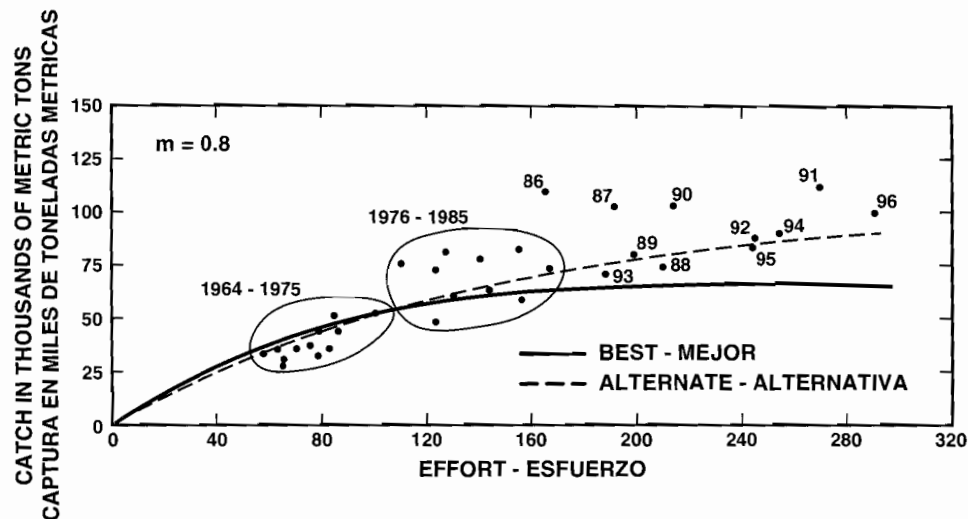
**FIGURE 67.** Relationships between estimates of recruitment and biomass of bigeye tuna of ages 3-9[, in thousands of metric tons,] in the EPO, obtained from cohort analyses, 1971-1995.

**FIGURA 67.** Relaciones entre las estimaciones de reclutamiento y biomasa de atunes patudo de entre 3 y 9 años de edad, en miles de toneladas métricas, en el OPO, obtenidas de análisis de cohortes, 1971-1995.



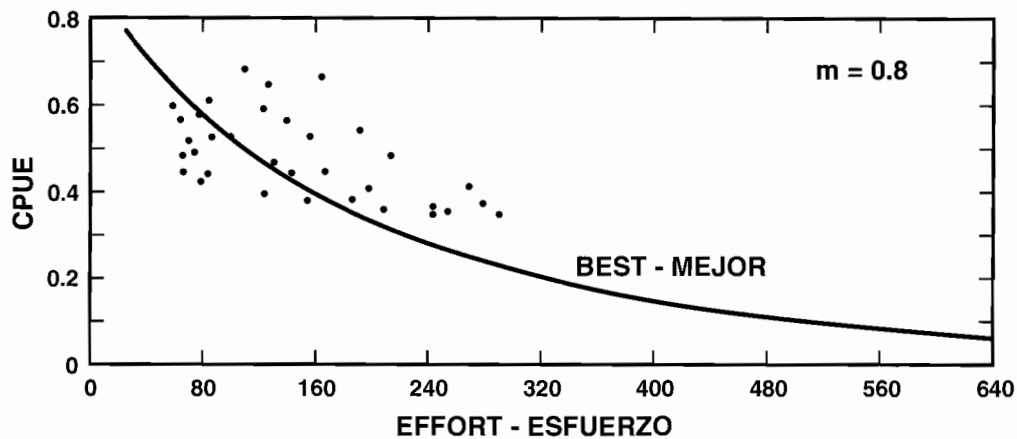
**FIGURE 68.** Indices of abundance of bigeye tuna in the EPO derived from catches per hook and from a generalized linear model. Both sets of values are adjusted to a mean of 1.0.

**FIGURA 68.** Índices de la abundancia del atún patudo en el OPO derivadas de capturas por anzuelo y de un modelo lineal generalizado. Ambos conjuntos de valores están ajustados a un promedio de 1.0.



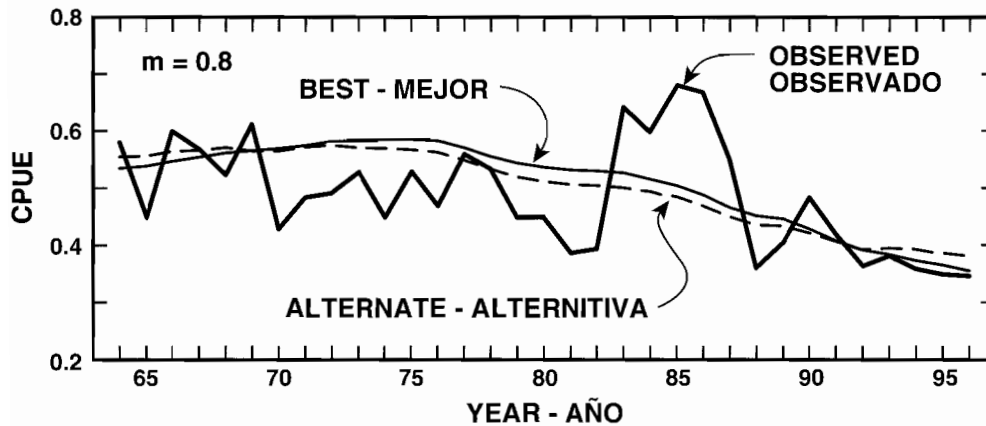
**FIGURE 69.** Estimates, from production modeling, of the relationships between the total catch of bigeye tuna and the total effort, standardized to longline effort in millions of hooks, for two values of optimum effort. The dots indicate observed values, and the curves indicate expected catches under equilibrium conditions.

**FIGURA 69.** Estimaciones, del modelado de producción, de las relaciones entre la captura total de atún patudo y el esfuerzo total, estandarizado al esfuerzo palangrero en millones de anzuelos, correspondientes a dos valores de esfuerzo óptimo. Los puntos indican valores observados, y las curvas las capturas esperadas bajo condiciones de equilibrio.



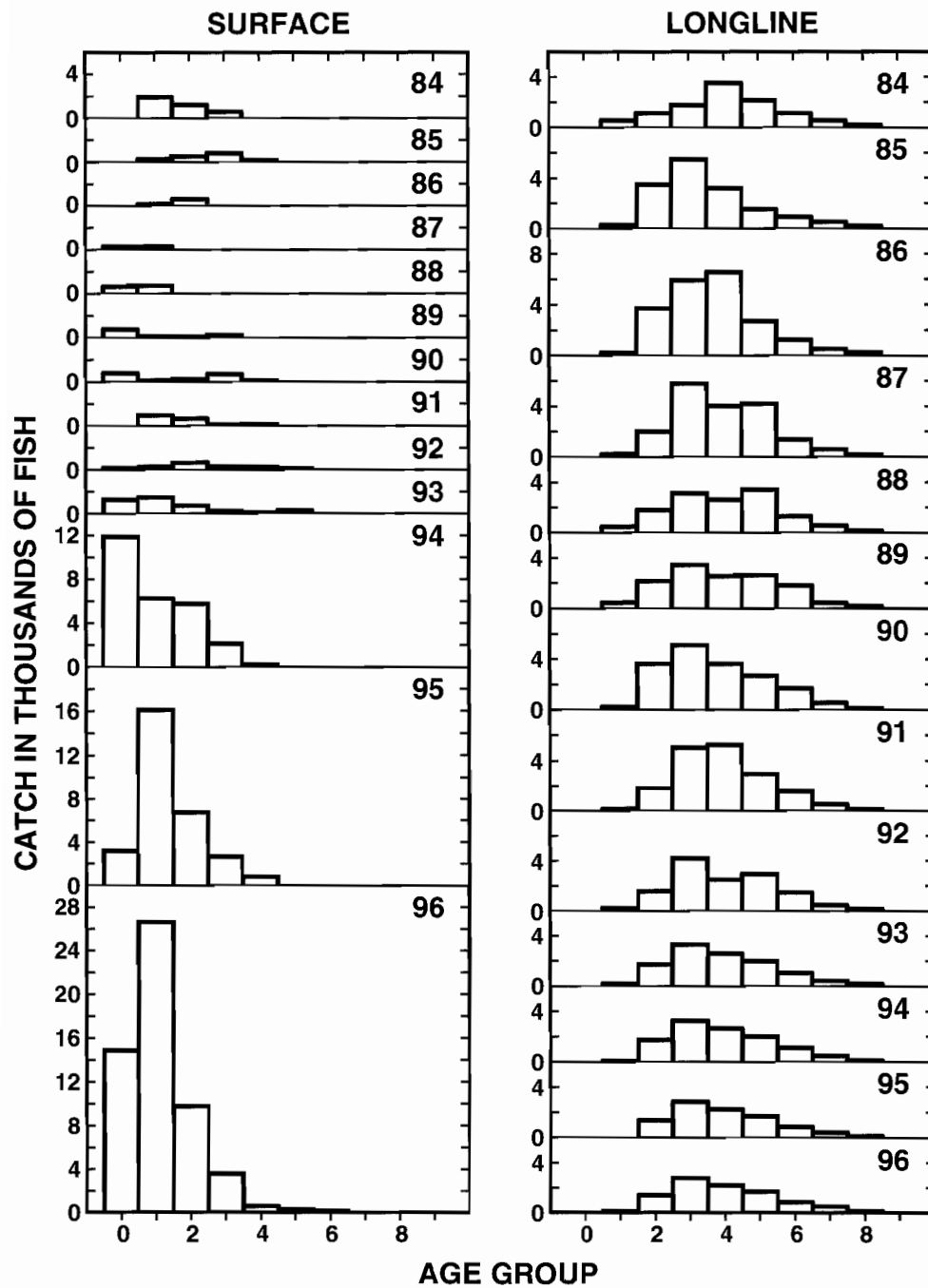
**FIGURE 70.** Estimates, from production modeling, of the relationships between longline CPUE of bigeye tuna, in metric tons per thousand hooks, and total effort, standardized to longline effort in millions of hooks, for the best fit with  $m = 0.8$ . The dots indicate observed values, and the curves indicate expected catches under equilibrium conditions.

**FIGURA 70.** Estimaciones, del modelado de producción, de las relaciones entre la CPUE palangrera de atún patudo, en toneladas métricas por mil anzuelos, y el esfuerzo total, estandarizado al esfuerzo palangrero en millones de anzuelos, correspondientes al mejor ajuste con  $m = 0.8$ . Los puntos indican valores observados, y las curvas las capturas esperadas bajo condiciones de equilibrio.



**FIGURE 71.** Temporal trends for the longline CPUE of bigeye tuna, in metric tons per thousand hooks, in the EPO, and trends predicted with production modeling for the best fit and the alternate fit.

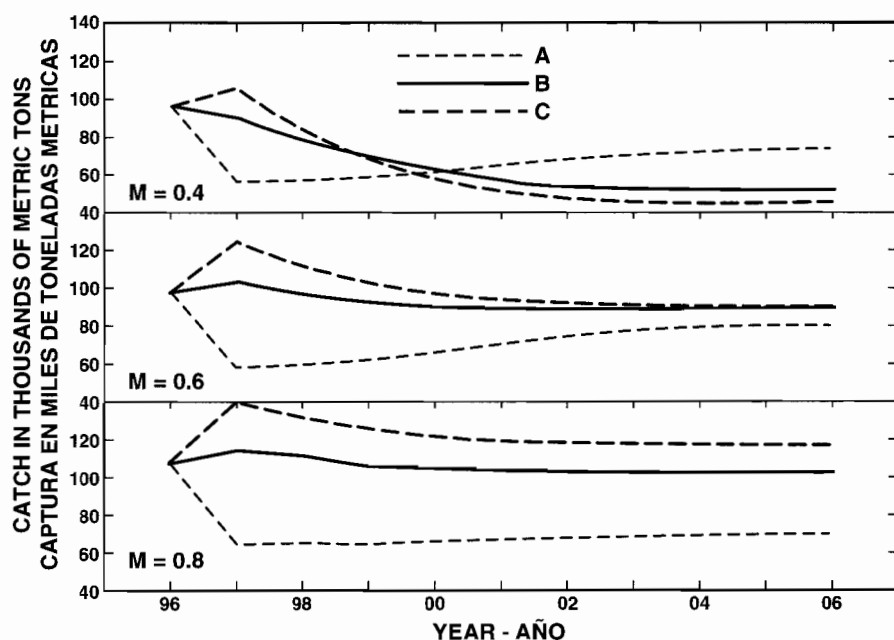
**FIGURA 71.** Tendencias temporales en la CPUE palangrera de atún patudo, en toneladas métricas por mil anzuelos, en el OPO, y tendencias predichas con el modelo de producción correspondientes al mejor ajuste y al ajuste alternativo.



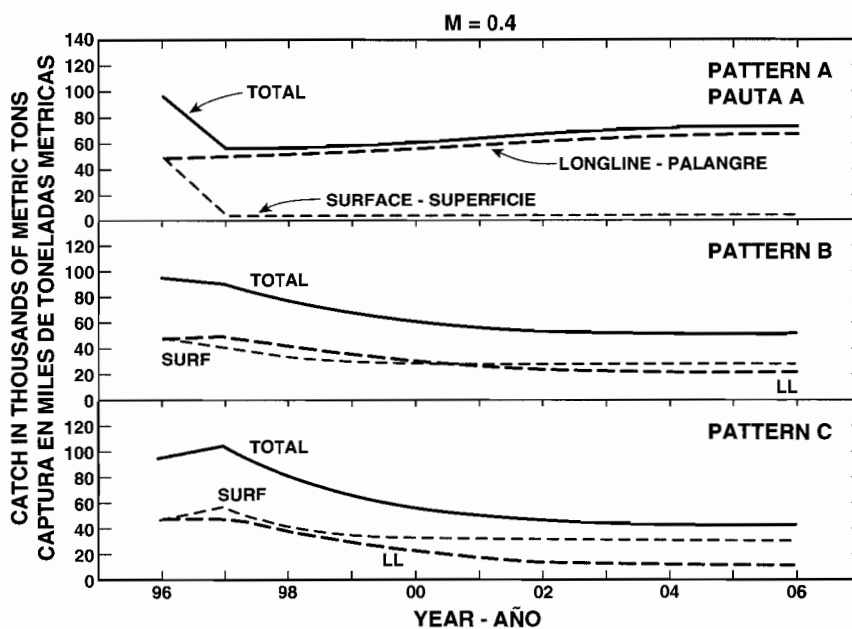
**FIGURE 72.** Estimated catches of bigeye tuna of ages 0 through 9, in thousands of fish, in the EPO by the surface and longline fisheries.

**FIGURA 72.** Capturas estimadas de atunes patudo de edad 0 a 9, en miles de pescados, en el OPO por las pesquerías de superficie y palangrera.





**FIGURE 73.** Estimated total catches of bigeye tuna with the three patterns of fishing described in the text.  
**FIGURA 73.** Capturas totales estimadas de atunes patudo con los tres patrones de pesca descritos en el texto.



**FIGURE 74.** Estimated total catches of bigeye tuna with the three patterns of fishing described in the text and  $M = 0.4, 0.6$ , and  $0.8$ .

**FIGURA 74.** Capturas totales estimadas de atunes patudo con los tres patrones de pesca descritos en el texto y  $M = 0.4, 0.6$ , y  $0.8$ .

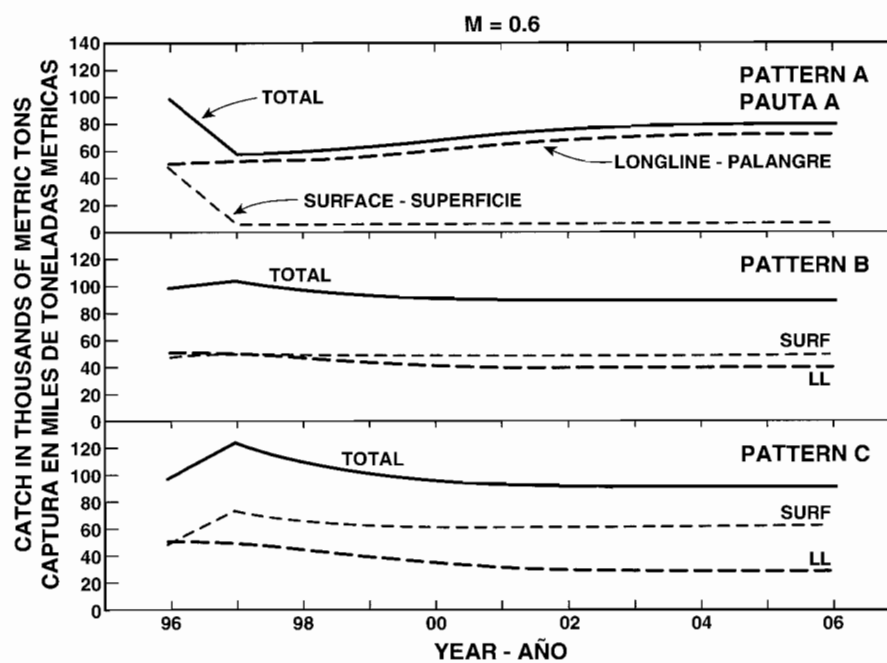


FIGURE 74. (continued)  
FIGURA 74. (continuación)

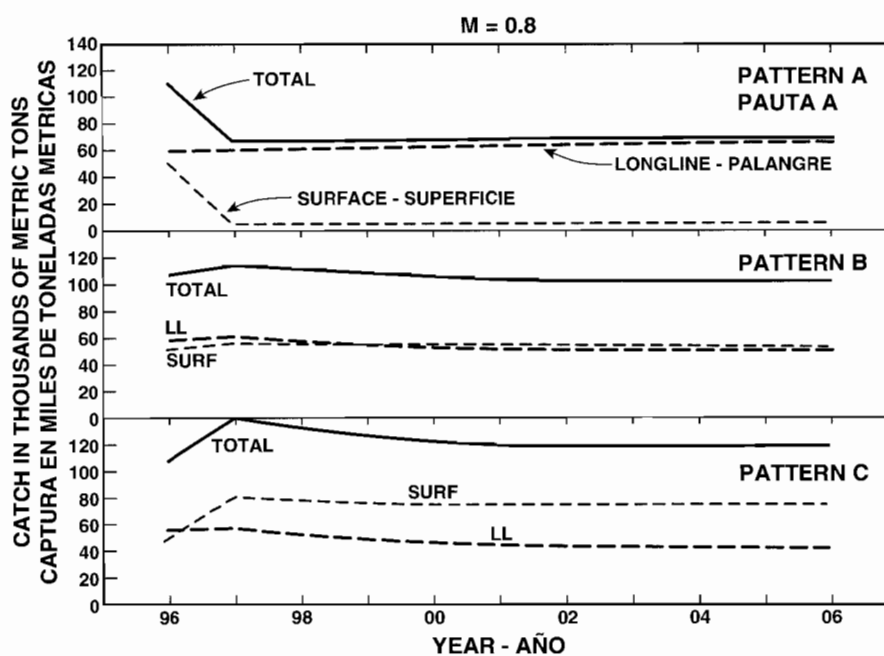
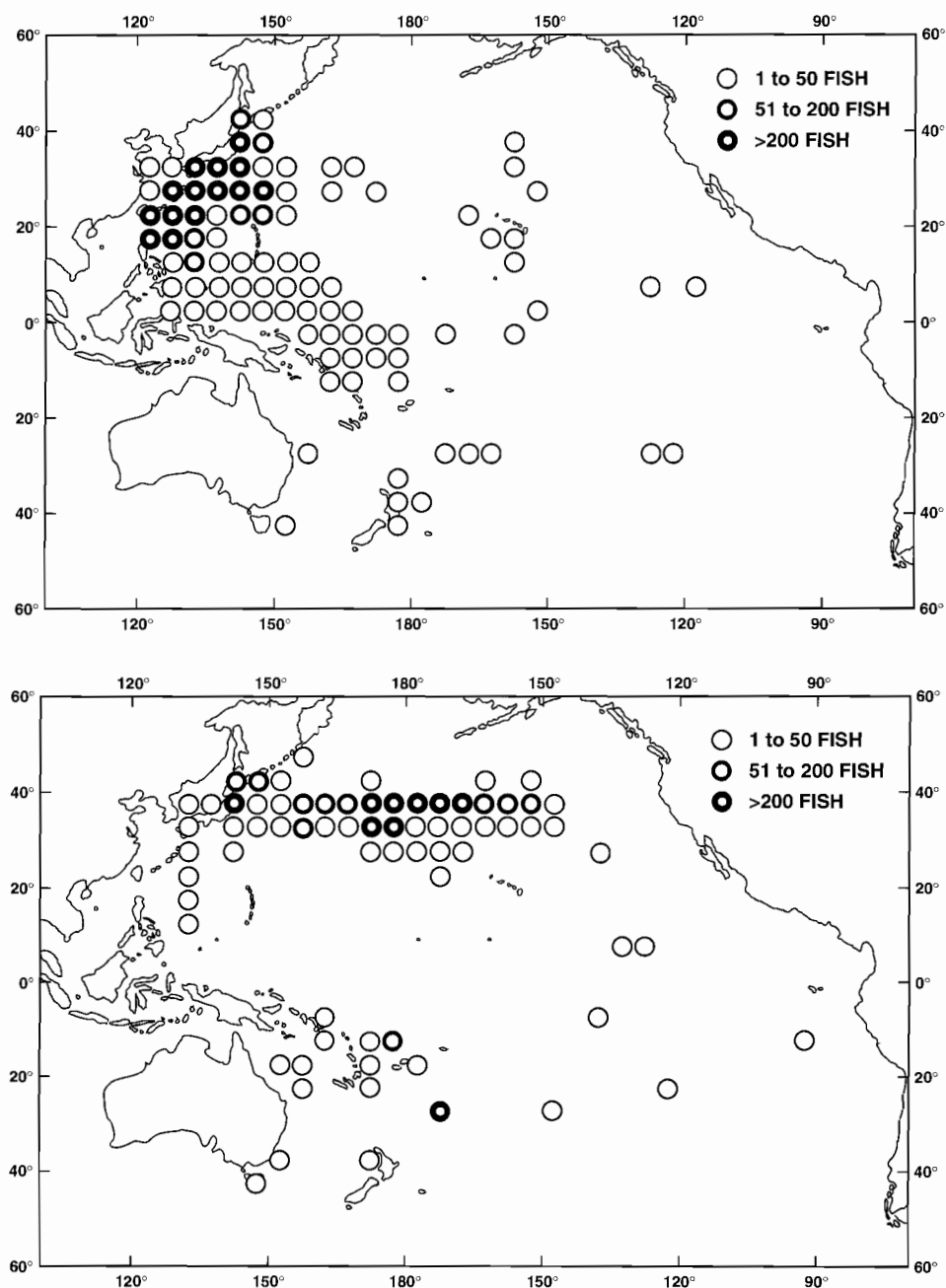
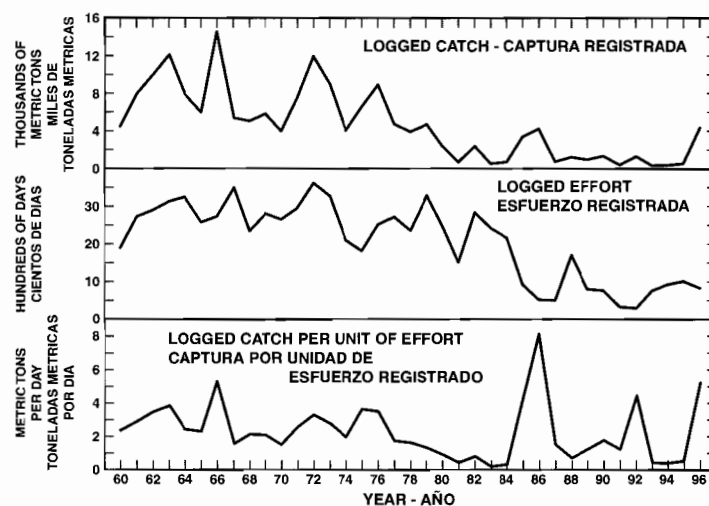


FIGURE 74. (continued)  
FIGURA 74. (continuación)



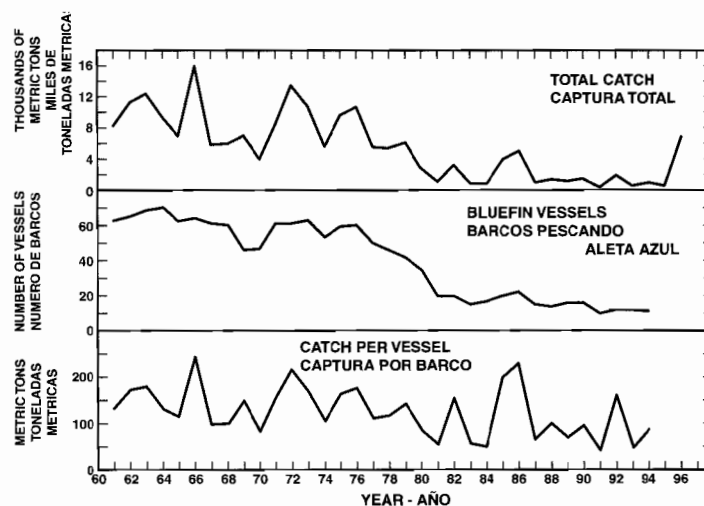
**FIGURE 75.** Areas where catches of northern bluefin tuna were taken by Japanese longline vessels during May (upper panel) and November (lower panel) of the 1959-1972 period. The values in the upper right corners of the maps indicate the total numbers of fish caught in the 1-degree areas during the 14-year period.

**FIGURA 75.** Áreas donde fueron capturados atunes aleta azul del norte por barcos palangreros japoneses en mayo (recuadro superior) y noviembre (recuadro inferior) en el período de 1959-1972. Los valores en la esquina superior derecha de cada mapa indican los números totales de peces capturados en las áreas de 1° durante esos años.



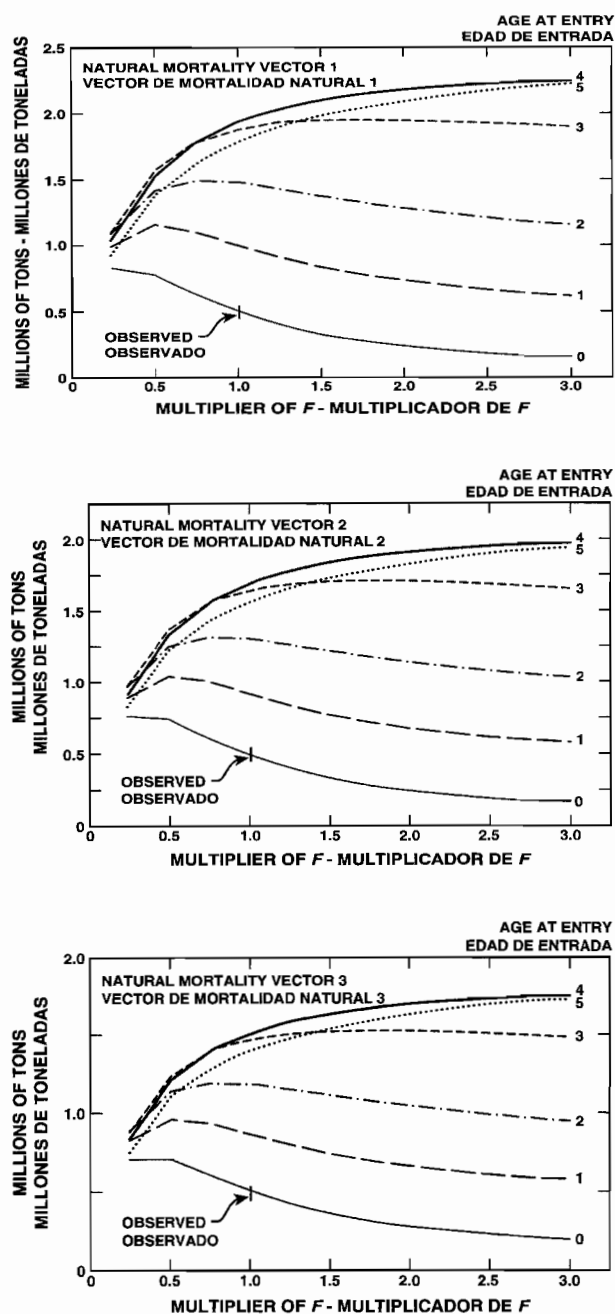
**FIGURE 76.** Catch, effort, and catch-per-unit of effort data for the surface fishery for northern bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined by the habitat index method. The data for 1996 are preliminary.

**FIGURA 76.** Datos de captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo para la pesquería de superficie de atunes aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental, calculados con el método de índice del hábitat. Los datos de 1996 son preliminares.



**FIGURE 77.** Catch, effort, and catch-per-unit of effort data for the surface fishery for northern bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined by the bluefin vessel index method.

**FIGURA 77.** Datos de captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo para la pesquería de superficie de atunes aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental, calculados con el método de índice de barcos que pescan aleta azul.



**FIGURE 78.** Total estimated catches of northern bluefin tuna during the 1966-1986 period with six different vectors of natural mortality, six different multipliers of fishing mortality, and six different ages of entry into the fishery.

**FIGURA 78.** Capturas totales estimadas de atún aleta azul del norte durante 1966-1986 con seis vectores distintos de mortalidad natural, seis multiplicadores distintos de mortalidad por pesca, y seis edades distintas de ingreso a la pesquería.

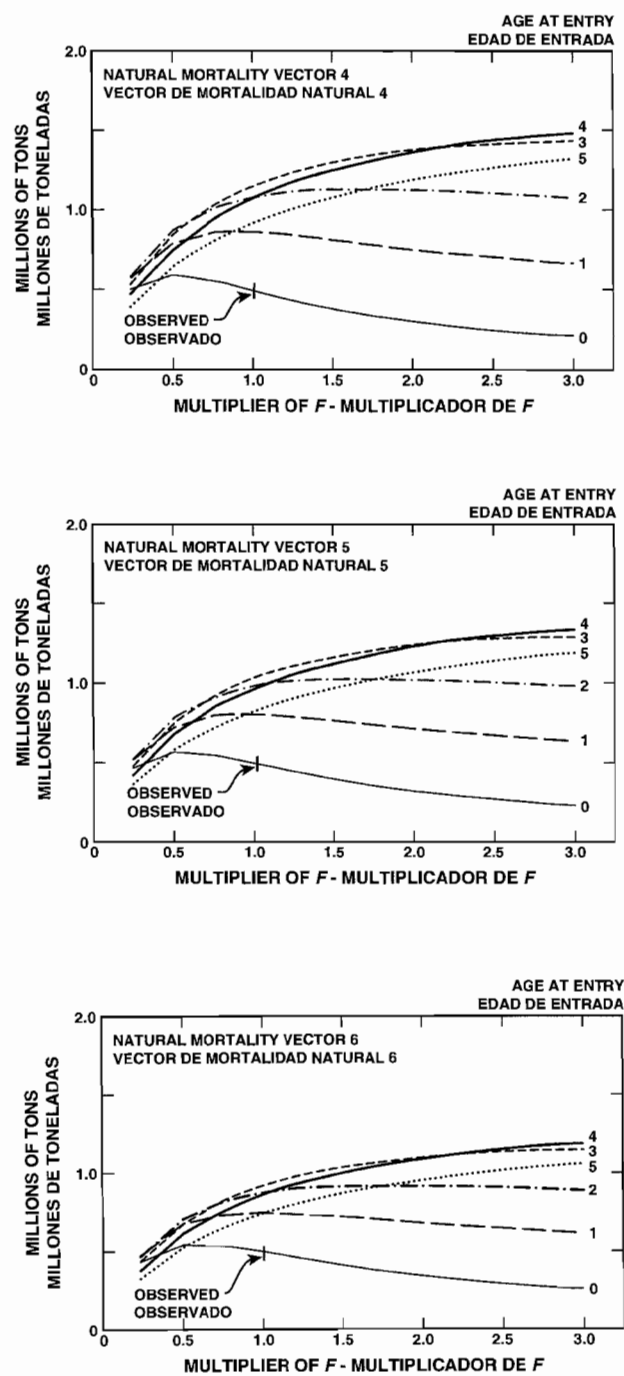
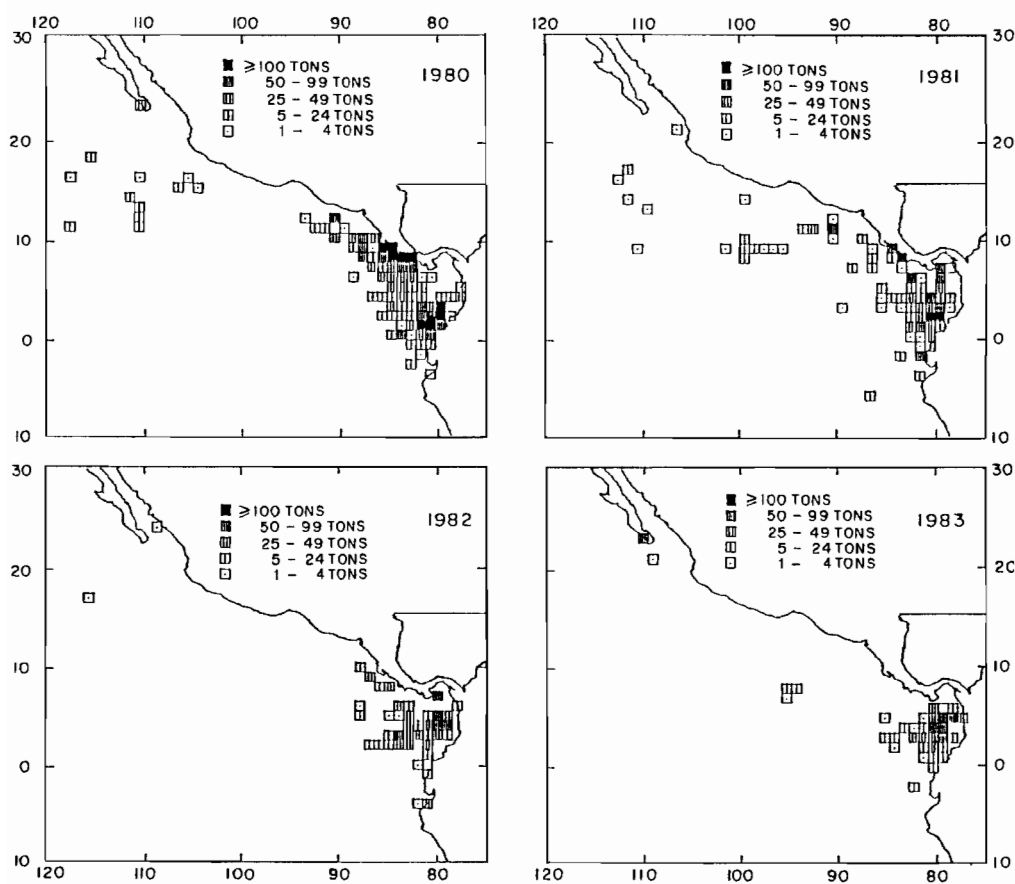
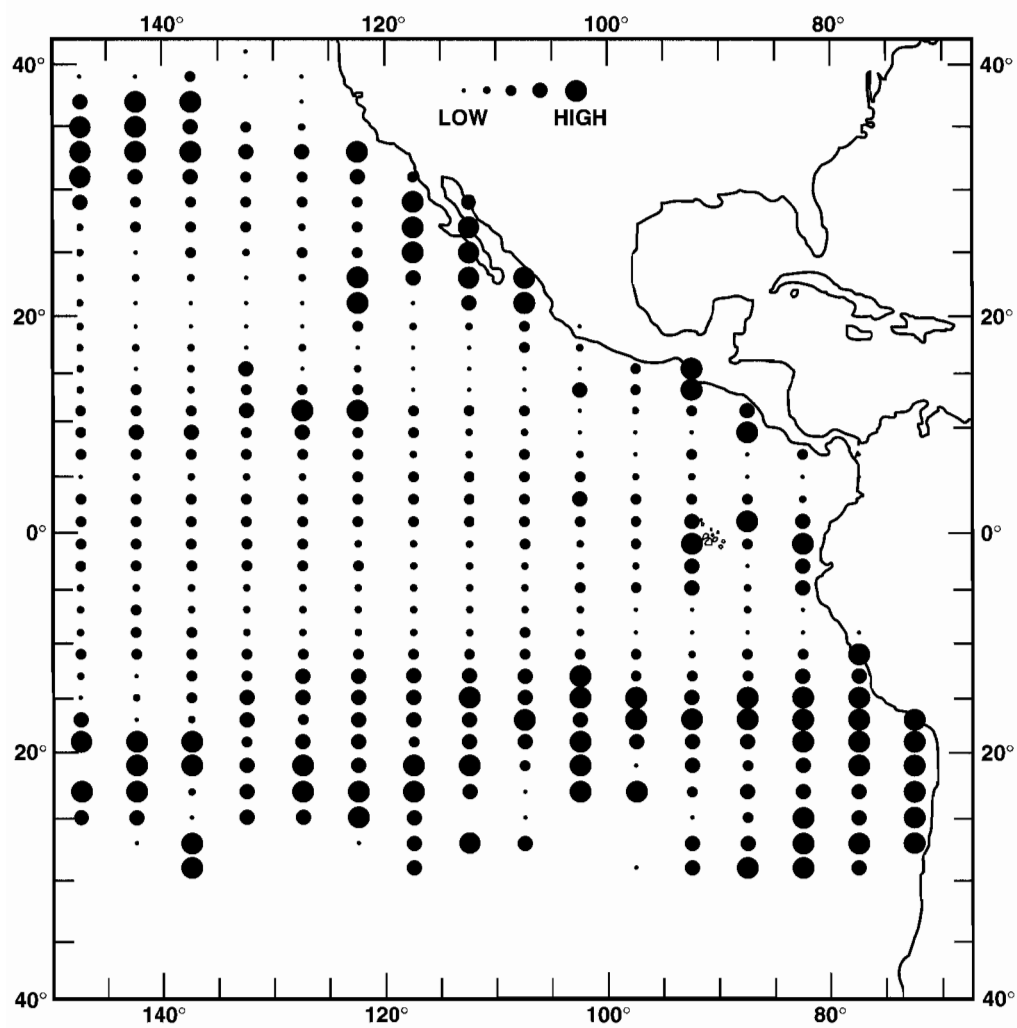


FIGURE 78. (continued)  
FIGURA 78. (continuación)



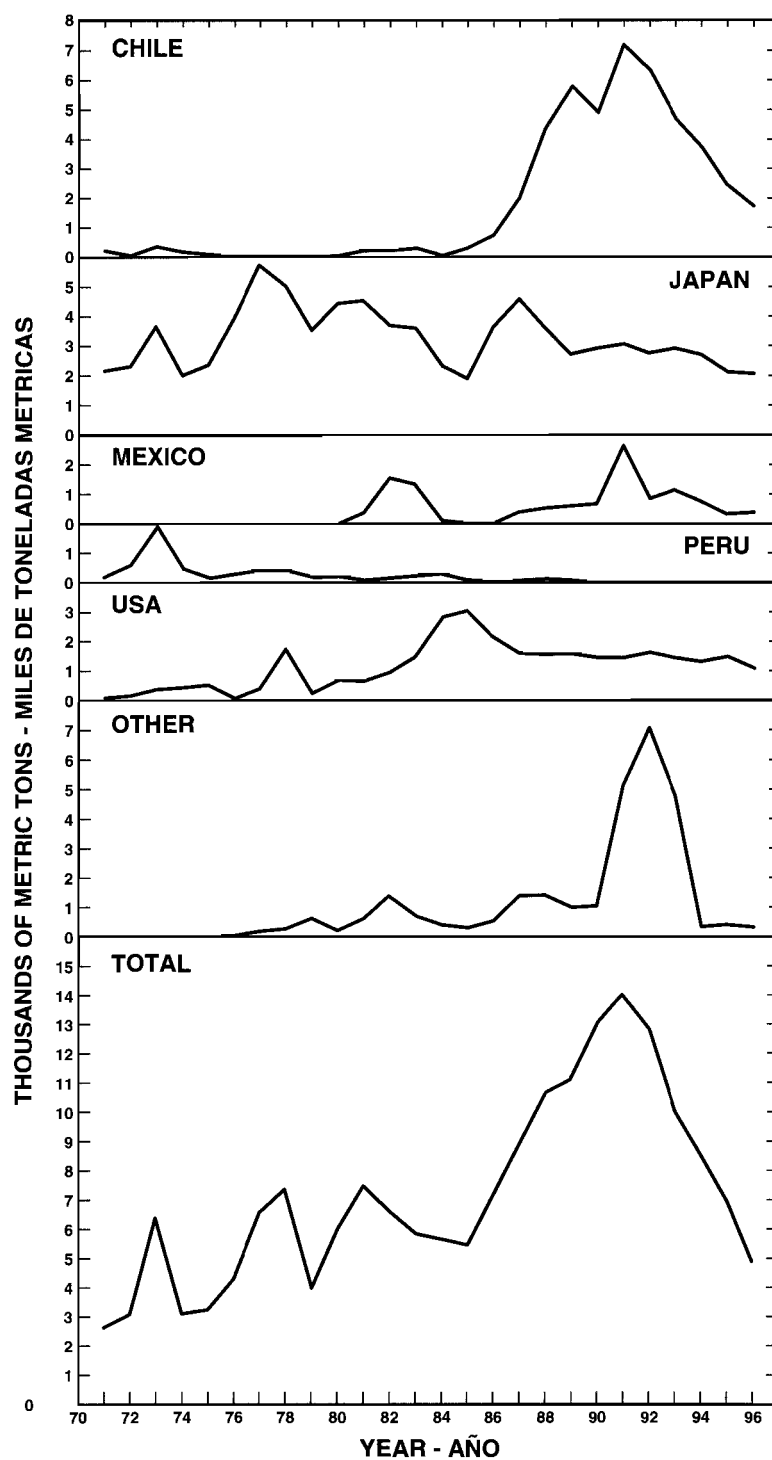
**FIGURE 79.** Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980-1983.  
**FIGURA 79.** Capturas de barrilete negro con red de cerco registradas en el Océano Pacífico oriental en 1980-1983.



**FIGURE 80.** Average annual distribution of swordfish in the eastern Pacific Ocean, as estimated from catch-per-standardized-unit-of-effort data for 1971-1987.

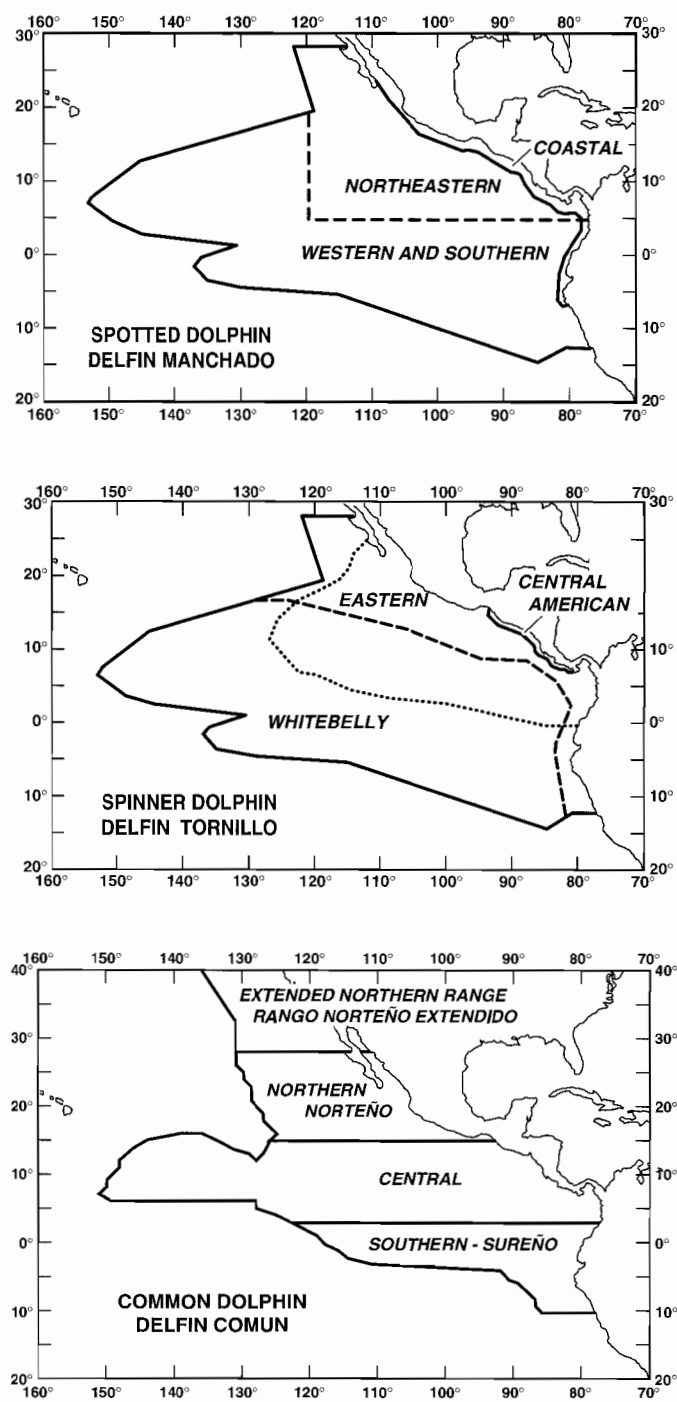
**FIGURA 80.** Distribución anual media del pez espada en el Océano Pacífico oriental, estimada a partir de datos de captura por unidad estandarizada de esfuerzo correspondientes a 1971-1987.





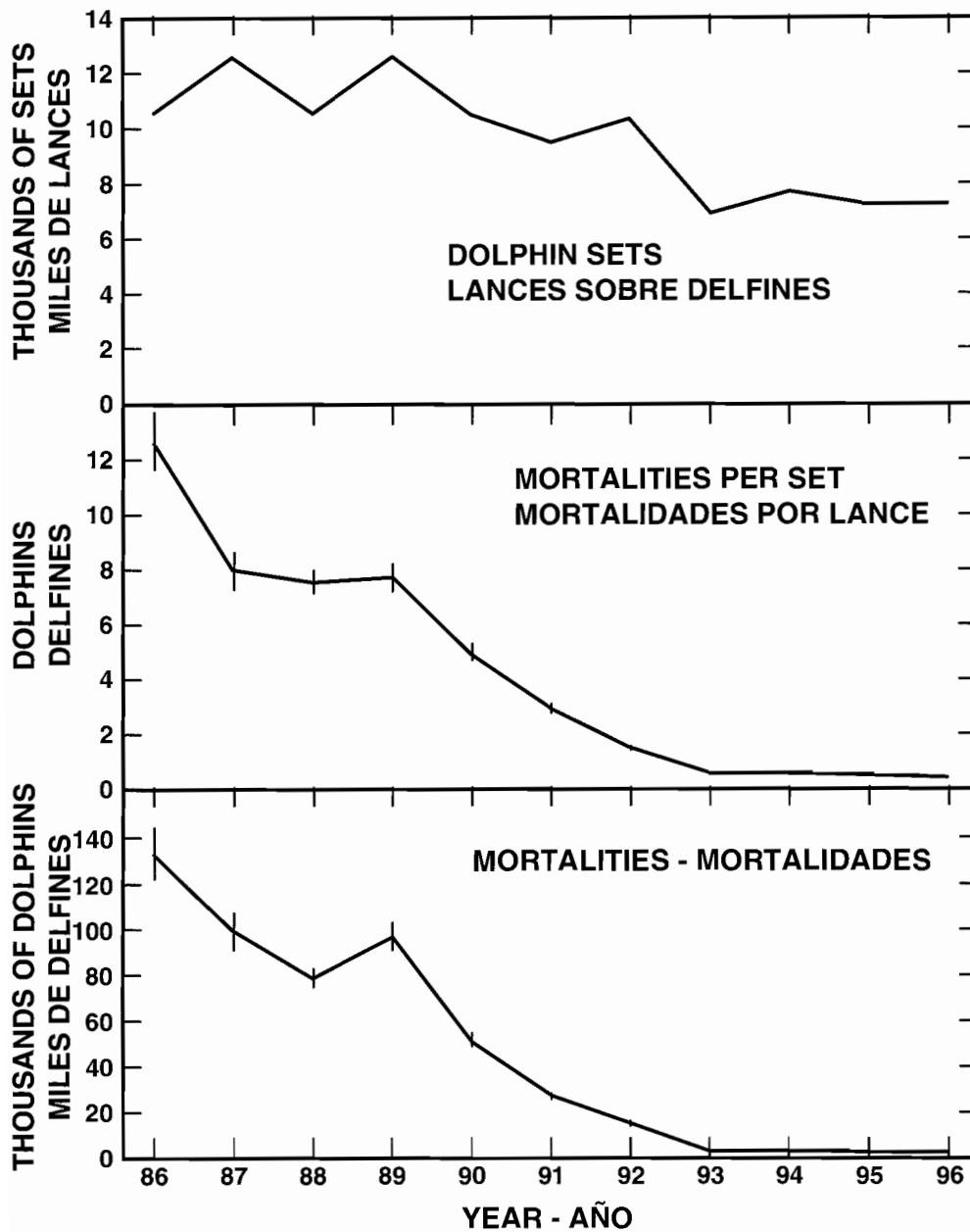
**FIGURE 81.** Catches of swordfish in the EPO by vessels of various nations.

**FIGURA 81.** Capturas de pez espada en el OPO por barcos de varias naciones.



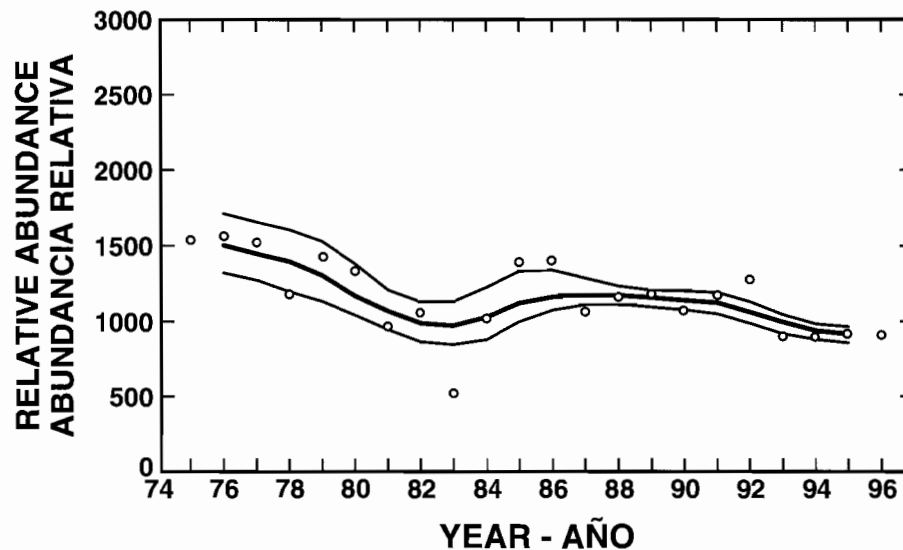
**FIGURE 82.** Average distributions of the stocks of spotted, spinner, and common dolphins in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 82.** Distribuciones medias de los stocks de delfines manchados, tornillos, y comunes en el Océano Pacífico oriental.



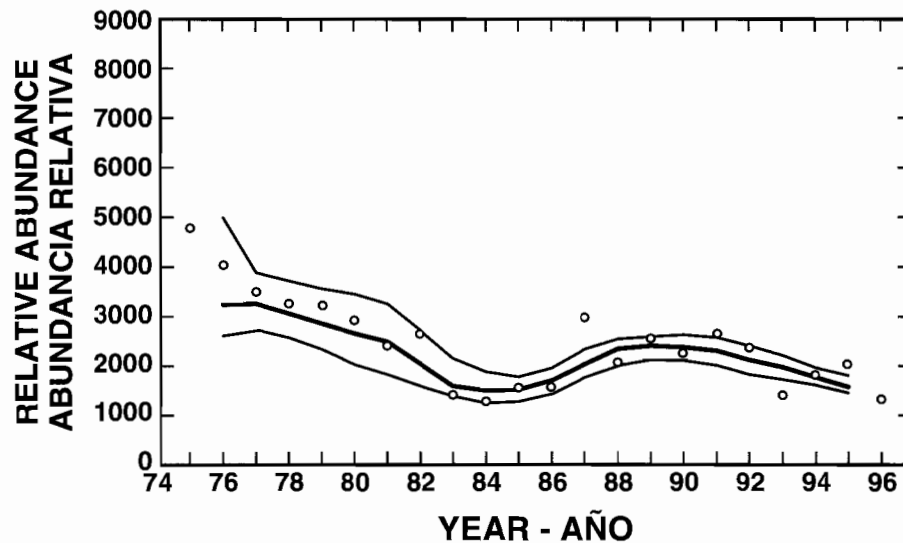
**FIGURE 83.** Estimated numbers of sets on tunas associated with dolphins, average mortalities per set, and total mortalities, for all species of dolphins combined, in the eastern Pacific Ocean during 1996. Each vertical line represents one positive and one negative standard error.

**FIGURA 83.** Número estimado de lances sobre atunes asociados con delfines, mortalidades medias por lance, y mortalidades totales, para todas las especies de delfines combinadas, en el Océano Pacífico oriental durante 1996. Cada línea vertical representa un error estándar positivo y un error estándar negativo.



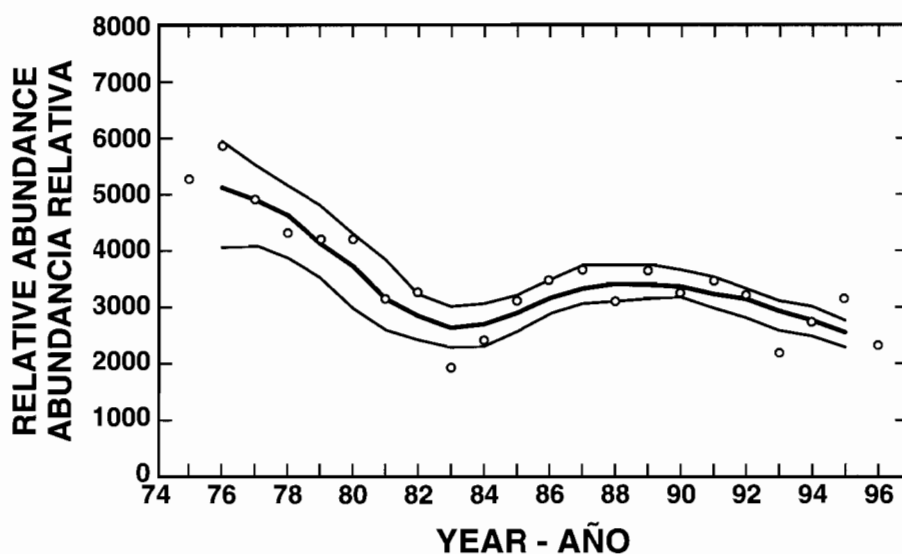
**FIGURE 84.** Smoothed trends in abundance of the northeastern stock of offshore spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 84.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock nororiental del delfin manchado de altamar en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



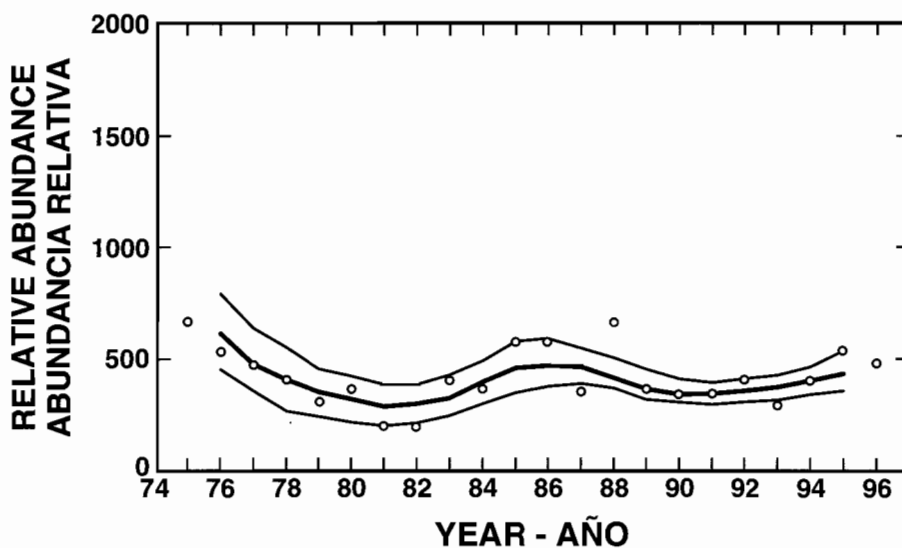
**FIGURE 85.** Smoothed trends in abundance of the western and southern stock of offshore spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 85.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock occidental y sureño del delfin manchado de altamar en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



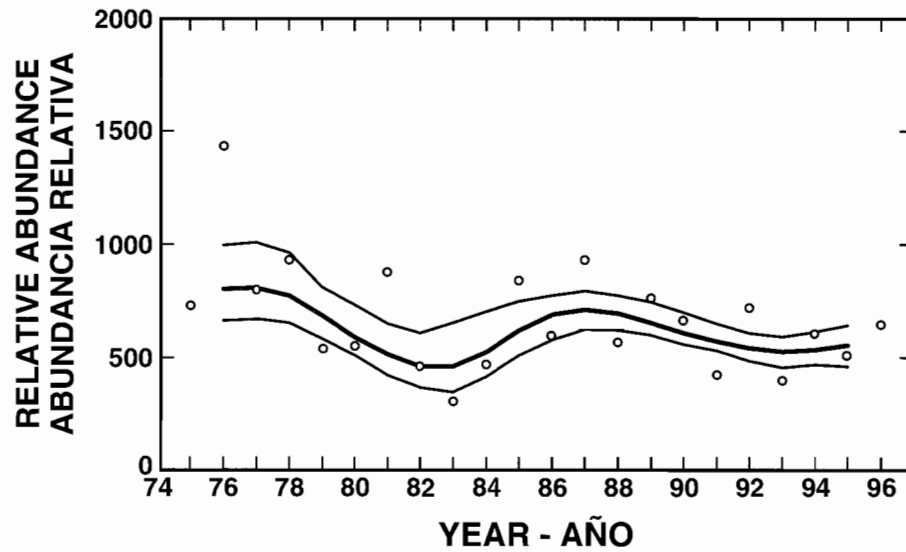
**FIGURE 86.** Smoothed trends in the abundance of the combined northeastern and western and southern stocks of offshore spotted dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 86.** Tendencias suavizadas en la abundancia de los stocks nororiental y occidental y sureño combinados del delfín manchado de altamar en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



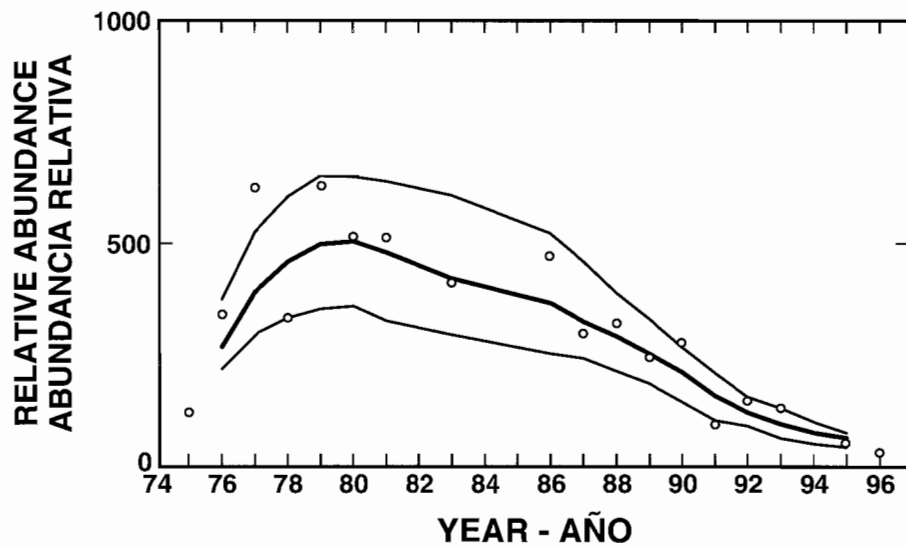
**FIGURE 87.** Smoothed trends in abundance of the eastern stock of spinner dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 87.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock oriental del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



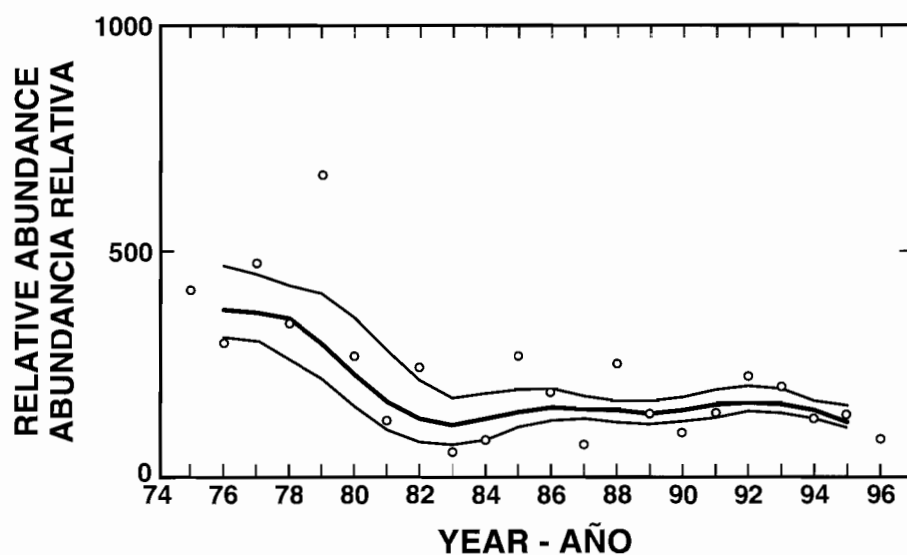
**FIGURE 88.** Smoothed trends in abundance of the whitebelly stock of spinner dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 88.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock panza blanca del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



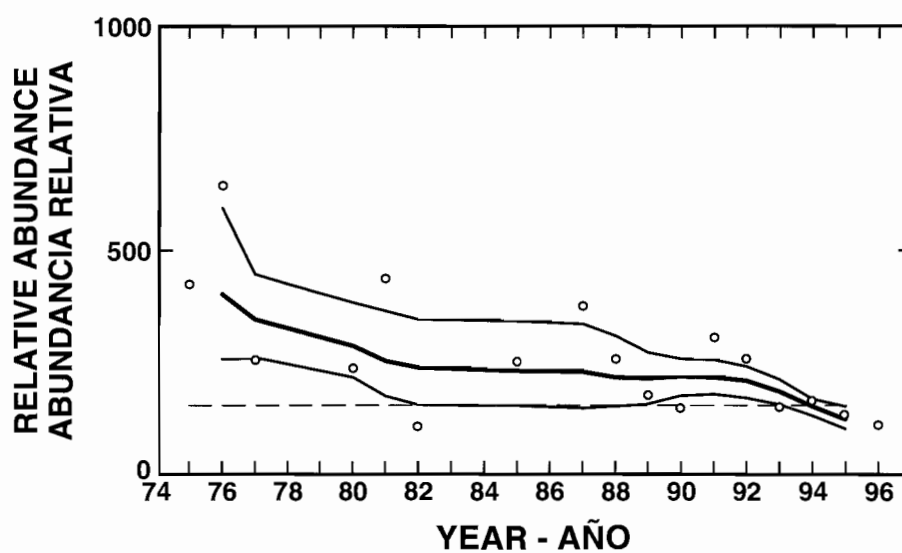
**FIGURE 89.** Smoothed trends in abundance of the northern stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 89.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock norteño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



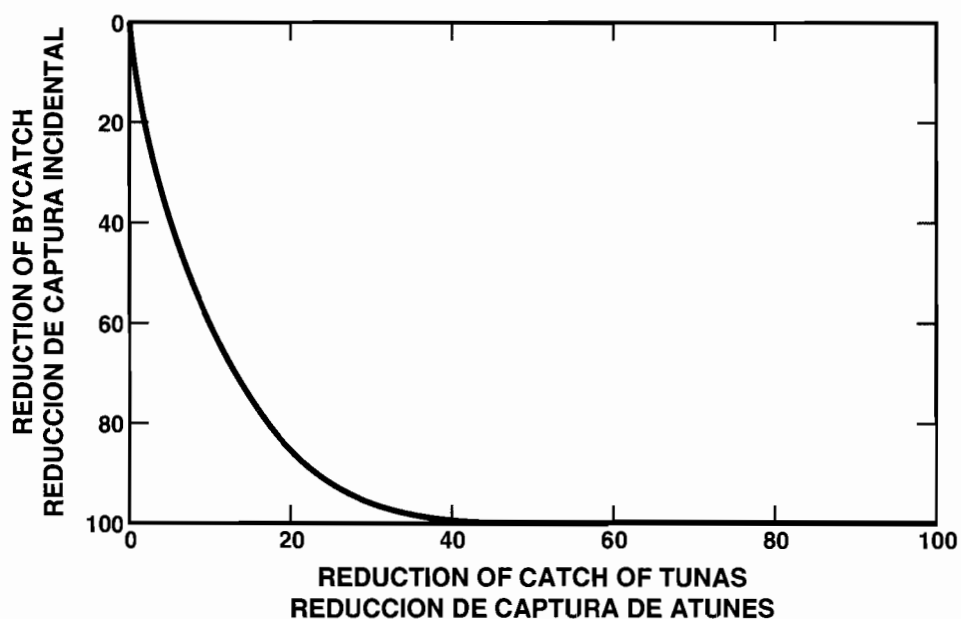
**FIGURE 90.** Smoothed trends in abundance of the central stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 90.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock central del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



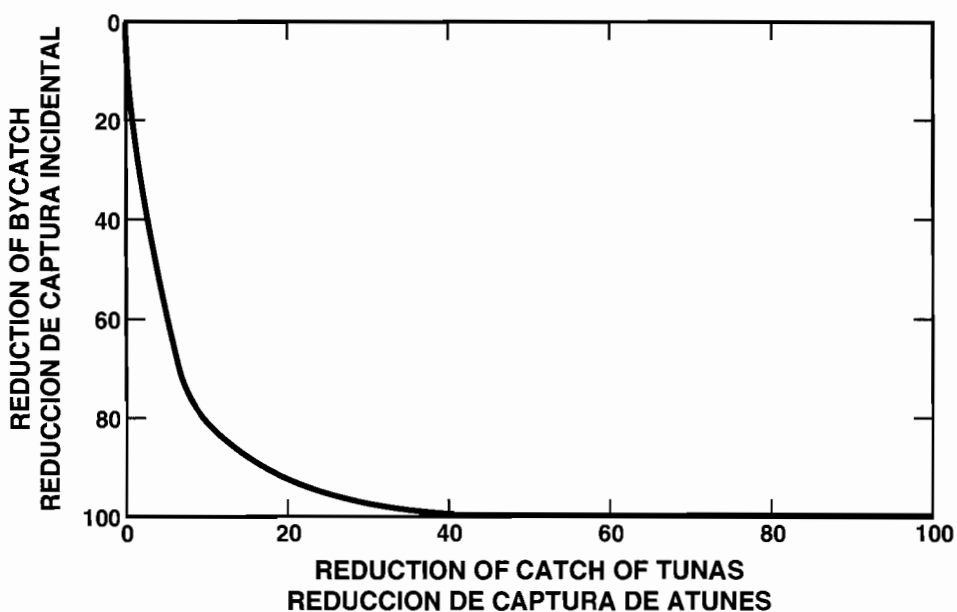
**FIGURE 91.** Smoothed trends in abundance of the southern stock of common dolphins in the eastern Pacific Ocean. The central trend lines indicate the point estimates and the upper and lower trend lines indicate the approximate 95-percent confidence limits.

**FIGURA 91.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock sureño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de tendencias centrales indican las estimaciones de punto y las líneas de trazos superior e inferior los límites de confianza aproximados de 95%.



**FIGURE 92.** Bycatch reduction curve for mahi-mahi in the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean, based on data for 1992-1996.

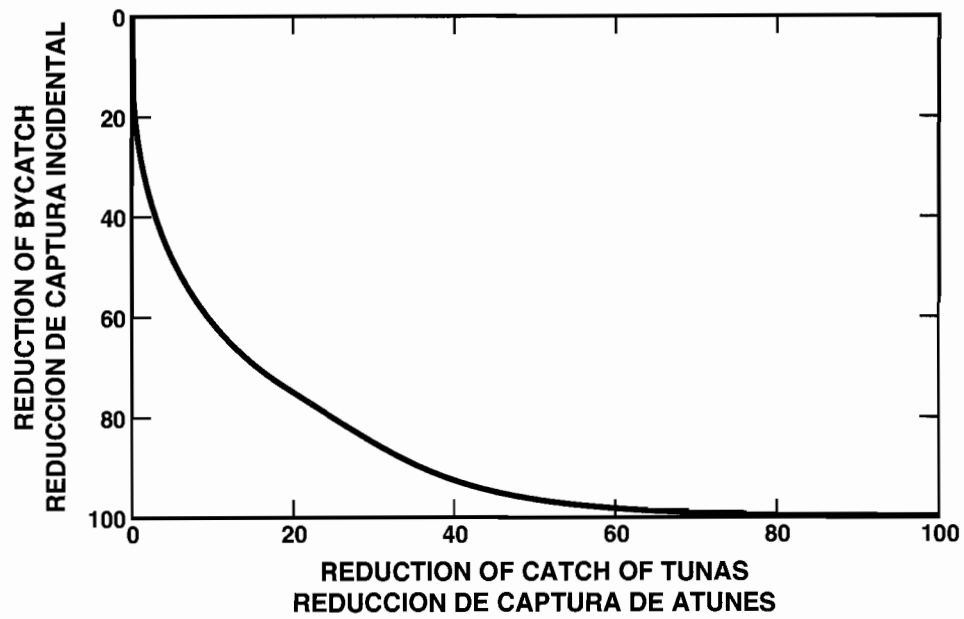
**FIGURA 92.** Curva de reducción de captura incidental de dorado en la pesca cerquera del Océano Pacífico oriental, basada en datos de 1992-1996.



**FIGURE 93.** Bycatch reduction curve for wahoo in the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean, based on data for 1992-1996.

**FIGURA 93.** Curva de reducción de captura incidental de peto en la pesca cerquera del Océano Pacífico oriental, basada en datos de 1992-1996.





**FIGURE 94.** Bycatch reduction curve for blacktip shark in the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean, based on data for 1992-1996.

**FIGURA 94.** Curva de reducción de captura incidental del tiburón punta negra en la pesca cerquera del Océano Pacífico oriental, basada en datos de 1992-1996.

**TABLE 1.** Numbers and carrying capacities, in metric tons, of vessels of the eastern Pacific tuna fleet. Information for 1950-1960 is given in Table 4 of the IATTC Annual Report for 1988. The data for 1996 are preliminary.

**TABLA 1.** Número y capacidad de acarreo, en toneladas métricas, de los barcos de la flota atunera del Pacífico oriental. En la Tabla 4 del Informe Anual de la CIAT de 1988 se presentan los datos de 1950-1960. Los datos de 1996 son preliminares.

Year—Año	Seiners—Cerqueros		Baitboats—De carnada		Trollers—Curricaneros		Total	
	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.	No.	Ton.
1961	125	27,250	93	9,544	0	0	218	36,794
1962	146	31,163	88	6,093	0	0	234	37,256
1963	159	36,550	108	5,425	3	50	270	42,025
1964	137	36,631	88	4,285	0	0	225	40,916
1965	163	38,728	109	5,249	7	166	279	44,143
1966	133	36,304	113	5,649	2	26	248	41,979
1967	130	36,650	108	5,326	0	0	238	41,976
1968	143	46,012	89	5,215	2	22	234	51,249
1969	153	51,807	69	4,501	3	64	225	56,372
1970	162	61,246	49	3,903	9	160	220	65,309
1971	191	80,668	102	5,054	66	1,375	359	87,097
1972	210	102,022	108	6,085	74	1,762	392	109,869
1973	219	119,734	106	6,219	28	660	353	126,613
1974	234	133,449	111	7,045	7	136	352	140,630
1975	253	148,667	102	6,717	9	165	364	155,549
1976	254	160,197	99	6,414	38	823	391	167,434
1977	253	162,294	79	4,926	37	866	369	168,086
1978	271	164,252	68	4,572	50	1,183	389	170,007
1979	282	167,016	45	3,608	5	101	332	170,725
1980	270	167,855	46	3,479	4	97	320	171,431
1981	251	167,862	39	2,776	2	50	292	170,688
1982	223	152,270	36	2,458	4	119	263	154,847
1983	215	127,640	52	3,145	8	221	275	131,006
1984	175	103,929	40	2,772	0	0	215	106,701
1985	178	117,738	25	2,199	0	0	203	119,937
1986	166	112,606	17	1,760	0	0	183	114,366
1987	178	130,240	28	1,948	0	0	206	132,188
1988	189	133,819	36	2,797	0	0	225	136,616
1989	178	121,277	30	2,678	0	0	208	123,955
1990	174	123,220	22	1,585	0	0	196	124,805
1991	155	106,365	19	1,392	0	0	174	107,757
1992	160	99,971	19	1,377	0	0	179	101,348
1993	152	101,434	15	1,318	0	0	167	102,752
1994	167	104,411	20	1,474	0	0	187	105,885
1995	175	106,019	19	1,497	0	0	194	107,516
1996	182	114,551	18	1,561	0	0	200	116,112

**TABLE 2a.** Estimates of the numbers and carrying capacities, in metric tons, of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the EPO in 1995 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. (PS = purse seiner; BB = baitboat)

**TABLA 2a.** Estimaciones del número de barcos que pescaron en el OPO en 1995 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas métricas, 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. (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									
Belize	PS	-	-	1	-	-	4	5	*
Colombia	PS	-	-	2	-	1	7	10	7,286
Costa Rica	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Cyprus	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	-	6	10	11	4	15	46	15,870
	BB	1	-	-	-	-	-	1	*
México	PS	-	4	7	5	2	38	56	38,668
	BB	1	4	3	-	-	-	8	712
New Zealand	PS	-	-	-	1	-	-	1	*
Panamá	PS	-	-	1	3	1	1	6	2,178
Spain	PS	-	-	-	-	-	2	2	*
USA	PS	-	9	4	-	2	5	20	7,335
	BB	2	6	2	-	-	-	10	758
Vanuatu	PS	-	-	-	-	-	14	14	12,722
Venezuela	PS	-	-	-	-	1	18	19	18,747
Others—otras	PS	-	-	-	-	-	-	-	7,848
All flags—	PS	-	19	25	19	11	101	175	
Todas las	BB	4	10	5	-	-	-	19	
banderas	PS + BB	4	29	30	19	11	101	194	
CAPACITY—CAPACIDAD									
All flags—	PS	-	1,474	3,423	4,436	3,675	93,011		106,019
Todas las	BB	131	772	594	-	-	-		1,497
banderas	PS + BB	131	2,246	4,017	4,436	3,675	93,011		107,516

\* 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 2b.** Preliminary estimates of the numbers and carrying capacities, in metric tons, of vessels (exclusive of long-liners and miscellaneous small vessels) operating in the EPO in 1996 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. (PS = purse seiner; BB = baitboat; JB = jigboat)

**TABLA 2b.** Estimaciones preliminares del número de barcos que pescaron en el OPO en 1996 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas métricas, 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. (PS = cerquero; BB = barco de carnada; JB = curricán)

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo						Total	Capacity Capacidad
		1	2	3	4	5	6		
NUMBER—NUMERO									
Belize	PS	-	-	1	-	-	3	4	*
Colombia	PS	-	-	2	-	1	7	10	7,286
Costa Rica	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Cyprus	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	-	5	12	10	5	15	47	16,329
	BB	1	-	-	-	-	-	1	*
FSM	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Honduras	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Liberia	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
México	PS	-	3	9	5	2	39	58	39,953
	BB	1	3	5	-	-	-	9	892
Panamá	PS	-	-	-	3	1	2	6	3,442
SpainPS	-	-	-	-	-	2	2	*	
USA	PS	1	7	4	-	2	8	22	10,969
	BB	1	6	1	-	-	-	8	642
Vanuatu	PS	-	-	-	-	-	12	12	11,658
Venezuela	PS	-	-	-	-	1	19	20	19,238
Others—otras	PS	-	-	-	-	-	-	-	7,947
All flags—	PS	1	15	28	18	11	109	182	
Todas las	BB	3	9	6	-	-	-	18	
banderas	PS + BB	4	24	34	18	11	109	200	
CAPACITY—CAPACIDAD									
All flags—	PS	45	1,188	3,982	4,102	3,675	101,559		114,551
Todas las	BB	108	692	761	-	-	-		1,561
banderas	PS + BB	153	1,880	4,743	4,102	3,675	101,559		116,112

\* 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 3.** Estimated catches by surface gear, in metric tons, of 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 1996 data are preliminary. Additional information concerning this table is given in the text.

**TABLA 3.** Capturas estimadas, en toneladas métricas, logradas con artes de superficie 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; BEP, bonito; ALB, albacora; BKJ, barrilete negro; Misc., otras especies, incluyendo tiburones, otras túnidos; y peces diversos; CYRA, Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla; Outside, zona entre el CYRA y 150°W. Los datos de 1996 son preliminares. En el texto se presentan mayor información sobre esta tabla.

Year	YFT			SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BKJ	Misc.	Total
Año	CYRA	Outside	Total								
1961	102,643	0	102,643	68,461	213	8,135	2,908	2,422	0	214	184,997
1962	71,452	0	71,452	68,725	328	11,145	3,243	1,151	0	166	156,210
1963	62,028	0	62,028	95,557	75	12,272	3,123	3,422	0	240	176,717
1964	88,650	0	88,650	59,258	68	9,217	6,702	3,331	5	225	167,456
1965	78,898	0	78,898	78,194	117	6,888	4,049	644	16	155	168,962
1966	80,611	0	80,611	60,482	266	15,897	4,454	1,941	9	422	164,083
1967	79,959	0	79,959	120,655	1,664	5,888	10,044	3,750	0	115	222,076
1968	100,921	1,095	102,016	71,109	2,559	5,976	7,958	4,495	0	126	194,238
1969	111,424	17,434	128,858	59,068	576	6,926	2,950	2,944	0	1	201,323
1970	127,793	27,833	155,626	56,020	1,332	3,966	4,738	4,476	0	27	226,186
1971	102,194	20,645	122,839	104,721	2,566	8,360	9,600	2,490	6	61	250,642
1972	136,515	40,612	177,128	33,409	2,238	13,347	8,872	4,832	601	367	240,795
1973	160,341	44,912	205,253	43,954	1,979	10,744	7,864	2,316	1,674	355	274,139
1974	173,180	37,184	210,364	78,803	890	5,617	4,436	4,783	3,742	985	309,620
1975	158,843	43,299	202,142	123,868	3,723	9,583	16,838	3,332	511	277	360,275
1976	190,216	46,111	236,327	126,161	10,186	10,645	4,370	3,733	1,526	1,327	394,274
1977	182,676	16,140	198,817	86,337	7,055	5,473	11,275	1,963	1,458	1,950	314,328
1978	165,985	14,549	180,534	169,810	11,714	5,397	4,837	1,745	2,162	806	377,004
1979	175,906	13,768	189,674	132,024	7,532	6,117	1,805	327	1,366	1,249	340,094
1980	131,853	26,888	158,740	130,420	15,421	2,939	6,110	600	3,680	953	318,863
1981	157,733	24,080	181,813	119,606	10,091	1,089	5,918	753	1,911	1,010	322,191
1982	106,846	18,216	125,062	98,685	4,102	3,150	2,121	553	1,338	783	235,794
1983	82,001	12,230	94,231	58,104	3,260	853	3,829	456	1,236	1,709	163,679
1984	128,559	16,502	145,061	60,551	5,936	881	3,514	5,351	666	987	222,947
1985	192,543	24,449	216,992	49,460	4,532	4,055	3,604	867	296	536	280,342
1986	228,125	40,149	268,274	63,552	1,939	5,085	490	134	595	1,140	341,208
1987	248,153	24,094	272,246	62,345	776	1,005	3,326	417	557	1,612	342,284
1988	267,223	20,811	288,034	85,366	1,053	1,424	9,550	288	1,267	1,297	388,279
1989	242,342	47,033	289,375	92,374	1,470	1,170	12,095	1	783	1,072	398,339
1990	226,422	46,864	273,286	72,619	4,712	1,542	13,856	184	792	944	367,934
1991	219,407	19,545	238,952	63,259	3,740	461	1,288	833	446	649	309,630
1992	221,309	18,540	239,849	83,964	5,497	1,999	978	306	104	762	333,459
1993	213,258	18,813	232,071	87,357	8,069	879	599	1	104	314	329,395
1994	196,345	22,042	218,387	75,320	29,375	1,062	8,607	85	188	419	333,444
1995	196,009	27,603	223,612	138,520	36,941	875	8,088	506	187	336	409,065
1996	219,983	29,334	249,317	107,975	52,132	6,820	633	0	615	1,023	418,516

TABLE 3. (continued)  
 TABLA 3. (continuación)

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic and Caribbean Atlántico y Caribe				Total, all areas and species Total, todas las áreas y especies
	YFT	SKJ	Misc.	YFT	SKJ	BET	Misc.	
1961	0	0	0	12	101	0	0	185,110
1962	0	0	0	0	0	0	0	156,210
1963	0	0	0	12	1,658	0	2,708	181,095
1964	0	0	0	0	3,956	0	2,866	174,278
1965	0	0	0	45	157	0	1,261	170,426
1966	0	0	0	0	4	0	112	164,199
1967	0	0	0	1,136	491	0	778	224,481
1968	0	0	0	6,686	3,822	15	0	204,762
1969	0	0	0	18,363	4,719	148	0	224,553
1970	0	206	0	9,363	11,879	195	1,624	249,452
1971	0	0	0	4,118	18,286	589	1,651	275,287
1972	0	0	0	12,845	13,423	212	993	268,268
1973	0	0	0	3,852	23,128	114	677	301,910
1974	31	0	0	5,922	19,680	868	160	336,282
1975	0	329	0	14,410	7,537	67	825	383,444
1976	224	4,931	2	2,276	2,577	38	425	404,748
1977	143	6,189	4	8,002	6,400	331	117	335,513
1978	22	7,303	42	10,410	8,510	248	335	403,873
1979	0	4,378	0	3,167	2,809	213	598	351,259
1980	319	5,499	0	5,026	3,873	201	30	333,810
1981	4,870	5,991	0	3,992	4,579	128	169	341,919
1982	5,539	12,158	60	4,991	2,972	344	220	262,079
1983	25,338	50,190	355	9,316	6,116	0	250	255,243
1984	5,331	16,303	487	6,981	5,382	2	176	257,609
1985	900	4,870	7	7,123	3,716	0	37	296,994
1986	1,673	2,482	0	969	1,603	8	14	347,957
1987	1,390	3,109	14	3,632	2,196	24	97	352,746
1988	688	1,775	442	303	183	0	0	391,670
1989	0	0	326	2,682	1,599	0	2	402,947
1990	2,038	8,807	439	2,678	1,761	62	10	383,729
1991	4	1,625	7	5,001	3,412	0	35	319,714
1992	0	0	81	3,164	1,853	28	219	338,803
1993	0	0	150	4,580	4,915	0	83	339,122
1994	6,667	3,078	50	5,135	2,958	0	215	351,545
1995	0	12	596	1,014	619	0	0	411,307
1996	1,292	3,069	697	2,068	2,749	2	125	428,517

**TABLE 4a.** Estimates of the catches and landings, in metric tons, of tunas caught by surface gear in the EPO in 1995, by species and vessel flag.**TABLA 4a.** Estimaciones de las capturas y desembarcos de atunes capturados con artes de superficie en el OPO en 1995, por especie y bandera del barco, en toneladas métricas.

Flag Bandera	YFT		SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BSJ	Misc. <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
CATCHES—CAPTURAS											
Colombia	8,209	802	13,189	5,559	0	0	0	3	0	27,762	6.8
Ecuador	18,510	377	34,344	7,704	0	0	0	159	112	61,206	15.0
México	90,208	17,247	34,028	1,009	11	8,036	0	3	222	150,764	36.9
U.S.A.	6,669	1,216	18,452	7,096	864	52	506	21	1	34,877	8.5
Vanuatu	23,913	1,080	14,392	9,110	0	0	0	0	0	48,495	11.9
Venezuela	42,748	5,939	4,612	477	0	0	0	0	0	53,776	13.1
Other-Otros <sup>2</sup>	5,748	791	19,658	5,986	0	0	0	1	1	32,185	7.9
Total	196,005	27,452	138,675	36,941	875	8,088	506	187	1,023	409,065	
LANDINGS—DESEMBARCOS											
Colombia	17,977	604	13,335	6,722	0	0	0	3	1	38,642	9.6
Costa Rica	19,495	1,026	3,733	2,092	0	297	0	1	23	26,667	6.6
Ecuador	36,663	1,634	70,801	19,568	0	17	0	128	115	128,926	32.0
Italy	8,906	1,736	111	0	0	0	0	0	0	10,753	2.7
Japan	1,349	44	0	0	0	0	0	0	0	1,393	0.3
México	57,568	14,194	19,007	734	11	5,952	0	2	146	97,724	24.3
Spain	8,975	544	1,392	613	0	1,731	0	0	0	13,255	3.3
U.S.A.	5,526	1,109	20,627	6,496	864	52	506	22	1	35,203	8.7
Venezuela	29,624	5,564	2,611	337	0	0	0	0	0	38,136	9.5
Other-Otros <sup>3</sup>	8,105	1,289	1,884	312	0	40	0	0	0	11,630	2.0
Total	194,298	27,744	133,501	36,874	875	8,089	506	156	286	402,329	

<sup>1</sup> Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.<sup>1</sup> Incluye macarelas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.<sup>2</sup> Includes, Belize, Cyprus, New Zealand, Panama, and Spain. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>2</sup> Incluye Belice, Chipre, España, Nueva Zelanda, y Panamá. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.<sup>3</sup> Includes North Africa, Peru, and unidentified locations. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.<sup>3</sup> Incluye África del Norte, Perú, y localidades no identificadas. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

**TABLE 4b.** Preliminary estimates of the catches and landings, in metric tons, of tunas caught by surface gear in the EPO in 1996, by species and vessel flag.  
**TABLA 4b.** Estimaciones preliminares de las capturas y desembarcos de atunes capturados con artes de superficie en el OPO en 1996, por especie y bandera del barco, en toneladas métricas.

Flag Bandera	YFT		SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BSJ	Misc. <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
CATCHES—CAPTURAS											
Colombia	7,119	2,841	12,161	6,665	0	0	0	70	0	28,856	6.9
Ecuador	16,268	2,193	34,480	17,348	0	0	0	319	236	70,844	16.9
México	106,965	16,452	16,580	1,042	3,566	394	0	113	169	145,281	34.7
U.S.A.	10,032	649	12,552	5,214	3,254	239	0	19	47	32,006	7.6
Vanuatu	10,035	1,995	11,093	9,928	0	0	0	0	571	33,622	8.0
Venezuela	60,552	2,197	3,556	528	0	0	0	54	0	66,887	16.0
Other-Otros <sup>2</sup>	9,012	3,007	17,553	11,407	0	0	0	40	0	41,019	9.8
Total	219,983	29,334	107,975	52,132	6,820	633	0	615	1,023	418,515	
LANDINGS—DESEMBARCOS											
Colombia	22,901	4,290	15,603	10,671	0	0	0	64	0	53,529	12.7
Costa Rica	25,456	602	3,511	1,996	0	0	0	0	0	31,565	7.5
Ecuador	33,480	5,757	64,218	36,086	0	0	0	461	921	140,923	33.5
Italy	2,635	0	0	0	0	0	0	0	0	2,635	0.6
México	87,419	16,148	12,927	388	2,564	394	0	103	90	120,033	28.5
Spain	9,079	347	1,132	0	0	0	0	0	0	10,558	2.5
U.S.A.	7,083	384	7,708	2,116	4,256	240	0	19	45	21,851	5.2
Venezuela	19,302	975	1,098	0	0	0	0	0	0	21,375	5.1
Other-Otros <sup>3</sup>	15,442	239	1,332	1,024	0	0	0	0	0	18,037	4.3
Total	222,797	28,742	107,529	52,281	6,820	634	0	647	1,056	420,506	

<sup>1</sup> Includes mackerel, sharks, other tunas, and miscellaneous fishes.

<sup>1</sup> Incluye macarelas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.

<sup>2</sup> Includes, Belize, Costa Rica, Cyprus, Honduras, Liberia, Panama, and Spain. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

<sup>2</sup> Incluye Belice, Costa Rica, Chipre, España, Honduras, Liberia, y Panamá. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

<sup>3</sup> Includes North Africa, Peru, and unidentified locations. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

<sup>3</sup> Incluye Africa del Norte, Perú, y localidades no identificados. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.



**TABLE 5.** Logged catches, in metric tons, of yellowfin (YFT), skipjack (SKJ), and bigeye (BET) tuna in three types of purse-seine sets, and total purse-seine catches of yellowfin, skipjack, and bigeye. The numbers of dolphin sets differ from those shown in Figure 83 because the values in the figure were obtained from the observer data base.

**TABLA 5.** Capturas registradas, en toneladas métricas, de aleta amarilla (YFT), barrilete (SKJ), y patudo (BET) en tres tipos de lance cerquero, y capturas totales de las tres especies por barcos cerqueros. Los números de lances sobre delfines no corresponden a aquéllos en la Figura 83 porque los valores en esa figura provienen de la base de datos de observadores.

Year	Logged sets and catches												Total catches		
	Dolphin				Floating object				Free-swimming						
	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
Año	Lances y capturas registradas												Capturas totales		
	Delfin				Objeto flotante				No asociado						
	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
1961	3,595	25,870	358	0	178	615	1,640	0	3,368	12,472	13,401	0	84,234	35,707	156
1962	2,822	16,212	170	0	108	501	605	0	7,548	25,338	31,733	18	56,444	50,547	160
1963	3,157	15,383	368	0	124	161	834	0	8,229	20,041	40,309	0	51,139	71,910	0
1964	5,832	31,491	915	0	169	367	551	0	6,596	27,794	28,817	0	80,152	44,158	0
1965	6,031	36,362	744	0	107	576	582	0	6,595	16,090	33,336	8	69,538	55,833	0
1966	5,326	33,061	1,400	0	145	887	551	0	6,060	22,252	27,740	91	74,010	44,225	109
1967	3,462	25,652	310	0	718	1,733	4,883	104	8,635	30,108	68,258	626	72,848	96,432	916
1968	3,754	39,065	509	317	844	6,631	10,024	35	7,246	38,524	36,315	873	93,836	54,268	2,496
1969	7,602	89,414	6,105	0	220	1,441	1,319	23	5,743	19,804	23,872	237	119,305	40,759	576
1970	7,855	91,526	7,262	8	241	1,256	1,717	0	8,536	41,253	25,190	127	145,652	41,461	1,332
1971	4,784	65,680	1,096	0	955	3,708	14,105	100	8,857	29,270	52,870	1,483	114,067	87,012	2,474
1972	8,084	117,890	641	0	577	6,668	4,609	380	4,085	22,540	12,467	1,343	169,425	26,338	2,172
1973	8,608	116,038	666	140	1,002	9,070	6,294	634	7,525	42,441	16,148	728	199,645	33,516	1,848
1974	7,759	89,158	501	16	3,384	29,878	29,665	200	7,466	42,891	25,891	406	199,756	70,924	886
1975	7,894	102,234	793	0	2,699	14,664	29,269	1,722	9,501	42,046	49,672	1,529	194,441	109,606	3,695
1976	7,084	109,192	2,905	0	4,805	32,258	45,007	2,084	10,597	54,010	41,893	5,766	231,876	114,578	10,137
1977	7,133	82,088	2,979	108	2,610	17,364	18,841	2,406	10,434	51,848	31,154	2,764	196,218	76,964	7,053
1978	5,098	51,321	938	5	8,422	41,085	88,423	2,476	11,201	51,665	42,674	7,104	175,400	162,723	11,714
1979	7,246	68,842	1,132	18	6,043	30,135	68,938	1,383	12,296	54,212	36,659	3,341	184,230	124,507	7,531
1980	6,456	61,187	1,762	48	5,542	26,461	63,892	2,360	11,755	44,844	31,787	10,883	156,044	123,365	15,318
1981	6,618	66,600	443	0	5,010	22,665	57,788	2,091	10,644	54,126	32,262	5,800	178,757	112,931	10,090
1982	4,940	48,645	336	0	5,095	21,705	51,864	2,616	6,517	25,020	27,949	918	123,246	94,671	4,079
1983	3,583	29,167	1,363	0	3,057	10,741	23,585	1,517	7,641	35,724	21,138	471	88,495	53,133	3,145
1984	5,919	79,930	627	1	2,278	8,263	30,907	1,691	6,804	43,777	15,646	2,403	141,494	56,948	5,919

TABLE 5. (continued)  
 TABLA 5. (continuación)

Year	Logged sets and catches												Total catches		
	Dolphin				Floating object				Free-swimming						
	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
Año	Lances y capturas registradas												Capturas totales		
	Delfín				Objeto flotante				No asociado						
	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
1985	10,156	151,013	71	0	1,434	10,373	19,053	2,221	4,730	31,540	23,296	952	215,608	48,374	4,496
1986	8,843	157,256	431	0	3,370	31,456	34,676	856	3,687	35,081	14,393	118	265,458	61,483	1,939
1987	11,514	165,348	429	20	2,596	23,892	25,309	392	5,090	42,945	22,399	133	266,684	58,622	771
1988	10,077	140,921	4,157	4	2,409	21,738	28,779	418	9,159	84,452	31,988	212	281,832	79,787	1,050
1989	11,308	173,437	1,178	12	2,568	24,387	33,515	554	7,181	54,409	37,228	133	282,870	88,218	1,470
1990	10,269	167,323	743	0	2,689	31,568	30,083	2,653	7,090	49,602	32,065	1,180	268,255	69,821	4,700
1991	8,932	146,216	789	0	2,222	21,555	30,354	1,500	5,435	45,542	17,608	1,209	234,546	59,516	3,702
1992	9,709	159,035	1,032	0	1,962	12,943	40,616	815	6,099	44,703	28,633	3,438	232,761	80,679	5,488
1993	6,660	105,617	698	72	1,777	15,243	40,361	2,506	8,537	84,506	27,481	1,932	223,518	81,500	8,043
1994	7,127	115,722	562	0	1,990	15,251	36,932	19,974	6,719	53,983	17,559	1,270	213,177	71,448	28,684
1995	6,767	131,561	1,221	0	2,478	17,351	48,422	24,096	7,991	55,445	37,324	2,810	221,160	131,366	35,786
1996	6,081	116,780	649	0	2,474	21,736	35,256	31,478	7,971	64,472	24,514	2,163	245,483	104,596	51,508

**TABLE 6.** World catches of the principal market species of tunas, in thousands of metric tons (from FAO yearbooks of fisheries statistics).**TABLA 6.** Capturas mundiales de las principales especies comerciales de atunes, en miles de toneladas métricas (de compendios anuales de la FAO de estadísticas pesqueras).

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
<b>Pacific Ocean—Océano Pacífico</b>																										
ALB	85	116	134	136	133	103	147	102	136	103	120	111	110	89	103	105	108	125	131	158	135	90	132	107	119	109
BET	84	66	88	90	88	103	129	145	122	129	132	104	109	111	103	124	150	149	120	126	163	144	153	129	141	127
NBF	21	25	19	16	16	17	16	18	19	23	17	27	26	16	8	11	14	12	7	9	6	6	7	7	9	7
SKJ	308	350	344	445	519	463	555	503	692	594	627	566	568	712	829	661	816	755	941	868	943	1259	1013	1012	1054	1148
SBF	21	20	20	14	9	10	11	5	8	10	14	11	7	5	3	3	2	2	2	2	3	2	5	5	4	3
YFT	264	217	308	355	361	358	404	388	384	406	395	409	381	388	411	477	543	598	594	650	705	666	725	693	703	627
Total	784	793	913	1056	1127	1054	1262	1160	1360	1265	1305	1229	1202	1319	1458	1381	1633	1642	1795	1814	1956	2166	2035	1953	2030	1970
<b>Atlantic Ocean—Océano Atlántico</b>																										
ALB	70	83	85	76	73	60	78	75	72	74	61	59	73	68	58	76	78	67	68	63	67	54	68	70	64	63
BET	41	54	45	55	62	63	48	55	54	48	63	66	73	60	69	75	60	49	57	69	67	71	81	106	109	106
NBF	15	16	13	14	22	26	28	25	20	17	20	20	24	24	27	27	21	20	26	25	25	26	28	30	39	41
SKJ	44	70	75	74	111	60	68	109	100	87	106	131	155	134	131	117	124	114	139	114	136	194	147	176	164	152
SBF	4	5	11	8	7	2	5	8	10	12	9	7	6	5	5	4	3	4	2	2	3	3	2	4	2	2
YFT	69	70	88	93	108	124	119	127	124	124	126	151	160	161	116	147	136	133	126	151	174	160	150	152	147	130
Total	244	299	317	320	383	334	347	399	381	361	385	433	491	452	405	445	422	388	419	426	471	507	476	538	525	495
<b>Indian Ocean—Océano Índico</b>																										
ALB	14	6	7	14	15	5	6	10	17	16	12	13	21	17	15	9	28	28	28	23	29	26	18	14	19	13
BET	18	17	15	11	21	31	24	32	47	31	31	32	39	44	36	43	47	51	54	45	46	46	39	61	69	93
NBF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SKJ	42	41	36	34	40	35	39	30	30	36	47	47	53	63	103	137	149	169	211	250	223	222	271	244	273	260
SBF	22	26	25	27	31	21	27	26	17	17	24	26	29	37	30	29	22	19	19	14	11	6	5	5	7	10
YFT	34	31	30	26	28	28	30	52	45	37	35	37	50	59	96	101	120	132	184	177	199	197	257	348	254	295
Total	129	122	113	112	134	121	125	149	156	138	149	156	192	219	280	318	365	399	496	509	508	497	590	672	622	671
<b>All oceans—Todos océanos</b>																										
ALB	169	205	226	225	221	168	230	187	225	193	193	184	205	173	176	190	214	221	226	245	232	169	217	192	202	185
BET	143	137	148	157	171	197	201	231	223	208	226	202	222	215	208	242	257	249	231	240	276	261	273	296	319	326
NBF	36	41	32	30	38	43	45	43	40	40	37	47	49	40	35	38	36	32	33	34	31	31	35	37	49	49
SKJ	393	461	455	553	670	558	662	642	822	716	780	744	775	909	1063	914	1089	1039	1291	1232	1302	1675	1430	1432	1492	1560
SBF	47	51	55	49	46	33	43	39	35	39	47	45	41	46	38	35	27	26	23	18	16	12	12	14	12	15
YFT	368	319	426	474	497	510	554	566	553	567	556	597	591	607	623	724	798	864	904	979	1078	1022	1133	1193	1105	1052
Total	1156	1214	1343	1488	1644	1509	1734	1709	1897	1764	1840	1819	1884	1991	2144	2144	2420	2430	2710	2749	2935	3171	3102	3163	3178	3186

**TABLE 7.** 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. The size groups, by capacity, are as follows: 1, <301 short tons (st) (<273 metric tons (mt); 2, 301-400 st (273-363 mt); 3, 401-600 st (364-544 mt); 4, 601-800 st (545-726 mt); 5, 801-1000 st (727-907 mt); 6, 1001-1200 st (908-1089 mt); 7, 1201-1400 st (1090-1270 mt); 8, >1400 st (>1270 mt). The abbreviations for the species are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; All, all species reported. The 1996 data are preliminary.

**TABLA 7.** 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 oceánicas de pesca. Las clases de arqueo, por capacidad, son las siguientes: 1, <301 toneladas cortas (tc) (<273 toneladas métricas (tm); 2, 301-400 tc (273-363 tm); 3, 401-600 tc (364-544 tm); 4, 601-800 tc (545-726 tm); 5, 801-1000 tc (727-907 tm); 6, 1001-1200 tc (908-1089 tm); 7, 1201-1400 tc (1090-1270 tm); 8, >1400 tc (>1270 tm). Las abreviaturas de las especies son: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete; All: todas las especies reportadas. Los datos de 1996 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	Todas	OPO	Todas	OPO	Todas	OPO	Todas	OPO	Todas	OPO	Todas	OPO	Todas	OPO	Todas	OPO	Todas
1986	YFT	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.7	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	0.5	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	3.0	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
1987	YFT	2.0	2.0	2.2	2.2	1.2	1.4	1.8	1.8	1.5	1.5	2.2	2.3	2.4	2.4	0.9	1.1	2.1	2.1
	SKJ	2.0	2.0	3.3	3.3	1.2	1.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
	All	5.1	5.1	5.5	5.5	2.4	3.0	2.4	2.4	2.0	2.1	2.5	2.6	2.7	2.7	1.1	1.6	2.6	2.6
1988	YFT	2.8	2.8	3.3	3.3	2.0	2.0	2.2	2.2	1.7	1.7	2.1	2.1	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	5.6	5.6	5.4	5.4	2.8	2.8	3.0	3.0	2.2	2.2	2.7	2.7	2.7	2.7	1.3	1.7	2.8	2.8
1989	YFT	2.0	2.0	2.4	2.4	1.9	1.9	2.0	2.0	1.5	1.5	2.5	2.5	2.6	2.6	1.6	1.9	2.4	2.4
	SKJ	2.1	2.1	2.3	2.3	1.3	1.3	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.8	0.7	0.7
	All	4.9	4.9	5.9	5.9	3.4	3.4	3.1	3.1	2.5	2.5	3.1	3.2	3.1	3.1	2.1	2.7	3.2	3.2
1990	YFT	2.0	2.0	2.3	2.3	1.2	1.2	1.6	1.6	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	5.4	5.4	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	1.2	1.4	1.9	1.9	1.5	1.5	2.4	2.5	2.7	2.7	1.4	1.5	2.2	2.3
	SKJ	1.8	1.8	1.4	1.4	0.8	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	4.1	4.1	5.0	5.0	2.2	2.5	2.8	2.8	2.0	2.0	2.9	3.0	3.0	3.0	1.8	2.1	2.8	2.9
1992	YFT	1.5	1.5	2.1	2.1	0.9	0.9	1.8	1.8	1.5	1.5	2.6	2.7	3.4	3.4	1.1	1.1	2.3	2.4
	SKJ	2.1	2.1	2.1	2.1	1.2	1.2	1.1	1.1	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.9	0.9	0.8	0.8
	All	4.0	4.0	4.4	4.4	2.4	2.4	3.0	3.0	2.3	2.3	3.2	3.3	3.9	3.9	2.1	2.1	3.2	3.3
1993	YFT	2.6	2.6	2.5	2.5	1.0	1.1	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	3.0	3.0	1.3	1.4	2.2	2.3
	SKJ	2.0	2.0	1.7	1.7	1.5	1.6	1.1	1.1	0.8	0.8	0.5	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	0.8	0.9
	All	4.8	4.8	4.3	4.3	2.6	2.8	3.3	3.3	3.0	3.0	2.7	2.8	3.8	3.8	2.4	2.6	3.1	3.2
1994	YFT	2.7	2.7	2.2	2.2	1.7	1.7	1.3	1.4	1.2	1.2	2.2	2.4	2.6	2.6	1.4	1.7	2.1	2.2
	SKJ	1.1	1.1	1.4	1.4	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0	0.5	0.5	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7	0.7
	All	4.5	4.5	4.2	4.2	2.6	2.6	2.5	2.6	3.0	3.0	2.9	3.2	3.7	3.7	2.4	3.0	3.1	3.3
1995	YFT	1.8	1.8	2.4	2.4	0.7	0.7	1.5	1.5	1.4	1.5	2.4	2.4	2.6	2.6	1.3	1.3	2.1	2.1
	SKJ	2.3	2.3	2.7	2.7	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6	0.9	0.9	1.0	1.0	0.8	0.8	1.2	1.2
	All	4.8	4.8	5.9	5.9	2.3	2.3	3.5	3.5	3.8	3.9	3.6	3.7	3.8	3.8	2.8	2.8	3.8	3.8
1996	YFT	2.1	2.1	2.8	2.8	0.5	0.5	1.6	1.7	1.4	1.5	2.5	2.6	2.7	2.8	1.0	1.1	2.1	2.2
	SKJ	2.0	2.0	2.4	2.4	1.5	1.5	1.1	1.1	1.1	1.2	0.7	0.7	0.5	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0
	All	4.6	4.6	6.0	6.0	2.9	2.9	3.5	3.5	3.6	3.8	3.7	3.7	3.5	3.6	1.8	2.1	3.6	3.7

**TABLE 8.** Reproductive status of female skipjack tuna caught in the eastern Pacific Ocean and sampled at canneries during 1995. The areas are shown in Figure 12.

**TABLA 8.** Condición reproductora de atunes barrilete hembras capturados en el Océano Pacífico oriental y muestreados en plantas enlatadoras en 1995. En la Figura 12 se ilustran las áreas.

	Area								
	2	4	5	6	7	10	11	13	Total
Samples collected— Muestras tomadas	2	8	10	8	20	4	6	7	65
Ovaries collected— Ovarios tomados	29	170	32	196	493	100	150	177	1547
Samples active— Muestras activas	0	4	4	0	7	3	6	3	27
Percent active— Porcentaje activo	0	50	40	0	35	75	100	43	42
Active females— Hembras activas	0	44	72	0	67	55	117	74	429
Percent active— Porcentaje activo	0	26	31	0	14	55	78	42	28

**TABLE 9.** Estimated average numbers of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, in thousands, for the X and Y cohorts during the 1967 through 1996 seasons.  
**TABLA 9.** 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 1996.

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	15021	10011	2117	574	263	95	0	19112	4460	1245	390	80	56
	2	0	12298	7130	1638	412	204	78	38669	13697	3082	896	287	64	46
	3	0	9388	5134	1261	301	160	63	31659	8918	2454	651	219	52	37
	4	33204	7538	4098	942	224	128	52	25918	7101	1933	470	170	42	31
1968	1	0	27185	5958	3137	692	171	104	0	21187	5561	1477	343	135	34
	2	0	22250	4099	1795	490	132	85	25291	15817	3871	1068	252	108	28
	3	0	18171	3014	1311	358	105	69	20707	10124	2783	766	192	87	23
	4	26154	14662	2406	974	268	84	57	16933	7989	2174	557	149	71	19
1969	1	0	21413	11514	1912	685	204	68	0	13635	5735	1449	403	118	58
	2	0	17426	8600	1466	451	158	55	27177	8999	3494	752	294	94	47
	3	0	13894	6876	1117	326	125	45	22251	6240	2672	493	225	76	38
	4	26932	10520	5526	781	241	100	37	18215	4633	2016	320	175	62	31
1970	1	0	22050	7218	4205	508	184	81	0	14632	2972	1399	219	138	50
	2	0	18045	4506	2880	261	143	65	27021	10483	1716	835	150	111	41
	3	0	14631	3453	2130	176	113	53	22123	7138	1322	534	114	89	33
	4	34647	11316	2654	1524	125	90	44	18096	5294	986	340	89	72	27
1971	1	0	28363	8191	1986	1083	95	72	0	14514	3805	651	195	70	59
	2	0	23047	5620	1501	766	72	59	27627	10062	2309	406	136	56	48
	3	0	18496	4384	1104	562	57	48	22619	7496	1725	270	103	45	40
	4	19755	14202	3459	725	415	45	39	18516	5909	1260	149	80	37	32
1972	1	0	16174	10643	2175	453	312	37	0	14653	4120	673	79	63	30
	2	0	13224	6572	1027	283	241	30	37055	10841	2891	309	46	50	24
	3	0	10736	4896	699	166	189	24	30337	7852	2198	152	31	40	20
	4	16531	8640	3500	431	108	151	20	24836	6195	1608	67	24	33	16
1973	1	0	13534	6888	2427	204	80	122	0	19557	4258	1078	39	19	27
	2	0	10790	5151	1296	91	62	100	69765	9436	2594	591	24	15	22
	3	0	8686	4101	910	46	49	81	57119	5329	1927	268	16	12	18
	4	46998	6914	3207	445	23	39	67	46432	3728	1452	90	12	10	15

**TABLE 9.** (continued)  
**TABLA 9.** (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
1974	1	0	38478	5281	1981	227	12	32	0	34412	2603	970	29	9	8
	2	0	31259	4003	1104	138	9	26	29213	18767	1774	629	17	7	7
	3	0	25025	3220	748	53	7	21	23915	10446	1356	307	13	6	5
	4	36825	19521	2499	436	21	6	17	18677	7499	999	145	9	5	4
1975	1	0	30138	12934	1691	261	10	5	0	14681	5323	690	78	7	4
	2	0	23988	8682	965	125	7	4	37326	10818	3726	392	28	5	3
	3	0	18029	6202	577	44	5	3	30471	8138	2565	204	11	4	3
	4	17402	13433	4606	324	15	4	2	24336	6518	1707	93	6	4	2
1976	1	0	14242	9959	3000	190	8	3	0	16346	5012	1184	40	5	3
	2	0	11530	5956	1998	76	4	2	28877	9494	3782	694	18	4	2
	3	0	8905	4218	1251	21	3	2	23609	5768	2372	287	13	3	2
	4	18815	6422	3222	690	8	2	2	18837	3926	1449	113	9	2	2
1977	1	0	15324	4860	2334	261	3	2	0	14116	2777	1044	62	7	2
	2	0	12135	3191	1524	154	2	2	70175	8166	1954	707	43	6	2
	3	0	9341	2216	679	59	2	1	57110	4739	1154	259	28	5	1
	4	34713	6750	1559	309	16	1	1	43924	3316	817	80	19	4	1
1978	1	0	28274	4933	1175	179	10	1	0	29325	2421	590	36	14	3
	2	0	19845	3361	747	117	7	1	43050	13878	1654	404	21	12	3
	3	0	12415	2504	507	57	6	1	34543	8180	1233	247	12	9	2
	4	40232	9089	1792	286	17	4	1	26102	5926	888	94	6	8	2
1979	1	0	32909	6100	1292	152	9	4	0	17000	4165	551	50	4	6
	2	0	24768	4051	772	88	6	3	40830	9946	2347	361	32	3	5
	3	0	16872	3112	497	36	5	2	32485	6205	1623	194	20	2	4
	4	30586	9700	2335	317	23	4	2	21046	4285	1103	128	15	2	3
1980	1	0	24535	6477	1689	163	9	3	0	14018	3208	636	62	10	2
	2	0	17174	3393	1236	76	3	3	43371	7724	2400	410	24	5	1
	3	0	10233	2432	859	33	2	2	35048	4939	1663	212	14	4	1
	4	22627	6867	1805	572	16	2	2	27103	3630	1162	122	9	3	1

TABLE 9. (continued)  
TABLA 9. (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
1981	1	0	18246	4903	1279	321	11	1	0	19620	2779	852	68	6	2
	2	0	13112	3185	893	149	5	1	31834	11507	1967	563	27	5	2
	3	0	8043	2158	599	75	4	1	25765	6008	1432	258	18	4	2
	4	24469	4405	1456	357	51	3	1	19700	3599	919	164	13	3	1
1982	1	0	19614	2769	1046	210	17	3	0	13356	2317	633	59	9	2
	2	0	12928	1909	717	126	11	2	39491	8488	1106	428	35	7	2
	3	0	7925	1462	476	69	8	2	31196	5384	807	225	23	6	2
	4	31751	5569	1149	277	39	6	1	21408	4173	542	126	15	5	1
1983	1	0	25813	4231	904	99	18	4	0	15216	3382	344	45	9	4
	2	0	19663	3105	681	43	12	3	42120	10460	2627	205	26	7	3
	3	0	13568	2373	458	24	9	3	34332	7765	1860	124	19	5	2
	4	40531	10092	1825	306	17	7	2	27329	6199	1047	75	15	4	2
1984	1	0	32878	8143	1407	154	11	6	0	21548	4888	641	43	11	4
	2	0	25803	6209	1038	79	8	5	39279	16618	3394	385	27	9	3
	3	0	18233	4893	697	35	6	4	31915	12823	2395	178	17	7	2
	4	42387	12630	3687	386	19	5	3	25992	9648	1549	81	13	6	2
1985	1	0	34703	9704	2705	166	12	4	0	21171	7183	950	37	10	5
	2	0	27769	7545	1775	76	9	3	34518	16497	4920	470	20	8	4
	3	0	22322	5469	1063	31	7	3	28022	12959	3236	188	12	6	3
	4	40408	17269	4155	574	15	6	2	22781	10158	2078	69	9	5	3
1986	1	0	32894	10682	3051	293	11	5	0	17336	7733	1288	34	7	4
	2	0	26608	7628	1885	92	8	4	40439	13327	5125	608	14	5	3
	3	0	21092	6102	1069	19	6	3	32905	9670	3361	177	8	4	3
	4	52588	16317	4838	565	6	5	2	24999	6351	2236	62	6	4	2
1987	1	0	42789	12437	3659	308	3	4	0	18805	4670	1461	22	5	3
	2	0	34123	8540	2223	177	1	3	78606	13581	3007	854	9	4	2
	3	0	25754	6259	1272	74	1	3	64136	10431	2045	330	6	3	2
	4	51523	17279	4034	678	32	0	2	51643	8184	1399	151	4	2	2



TABLE 9. (continued)  
 TABLA 9. (continuación)

Year	Quarter	X cohort—Cohorte X							Y cohort—Cohorte Y						
Año	Trimestre	0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1988	1	0	42075	12649	2899	384	15	0	0	39093	6274	1001	52	3	2
	2	0	33029	8656	1972	154	9	0	49308	23213	4642	594	12	3	2
	3	0	24131	6374	1333	64	7	0	40248	16441	3438	293	5	2	1
	4	46362	17339	4440	824	33	6	0	32031	11586	2216	141	4	2	1
1989	1	0	37931	12476	3258	453	14	4	0	25119	8098	1467	56	3	1
	2	0	29580	8731	2140	217	9	4	40102	18579	5844	872	16	2	1
	3	0	22300	5996	1386	89	7	3	32767	14184	4069	408	9	2	1
	4	42700	15758	4112	835	34	5	2	26120	10543	2707	181	5	2	1
1990	1	0	34839	11536	2831	383	15	4	0	20378	7908	1730	44	3	1
	2	0	27696	7562	1840	182	9	3	48163	14064	5112	1021	18	3	1
	3	0	21611	4882	1205	71	7	3	39404	9065	3266	436	11	2	1
	4	38346	16837	3418	688	36	5	2	30953	6537	2158	193	7	2	1
1991	1	0	31360	13160	2473	345	24	4	0	22860	4920	1349	90	5	1
	2	0	24366	9339	1651	147	16	3	56355	15697	3266	737	46	4	1
	3	0	19111	6616	1037	45	9	3	46058	11544	2150	306	18	2	1
	4	29302	14367	4726	586	25	7	2	36085	8274	1498	106	13	2	1
1992	1	0	23891	11179	3281	291	17	6	0	28168	6084	889	36	9	1
	2	0	18607	8116	2049	126	11	5	44493	20435	4149	475	21	7	1
	3	0	14247	5930	1215	61	9	4	36222	13695	2928	234	13	6	1
	4	38166	10830	4277	656	28	7	3	29235	10126	2084	78	9	5	1
1993	1	0	31247	8023	3120	304	20	6	0	23591	7630	1370	22	7	4
	2	0	24687	5727	1862	133	15	5	46747	17406	5573	777	9	6	3
	3	0	18577	4348	1189	62	12	4	38145	12356	3928	439	4	5	3
	4	44088	12448	3510	739	19	9	3	30452	9409	2841	207	3	4	2
1994	1	0	35999	8898	2617	338	10	8	0	23553	7079	1362	46	3	3
	2	0	29321	6549	1768	137	7	6	36963	17295	4256	784	12	2	3
	3	0	22603	5031	1184	55	6	5	29910	13431	2888	346	5	1	2
	4	41494	17334	3849	738	18	4	4	23516	10449	1975	135	3	1	2

**TABLE 9.** (continued)  
**TABLA 9.** (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
1995	1	0	33966	13853	2884	313	11	3	0	18736	7960	1212	30	2	1
	2	0	27536	10180	1891	110	7	3	36698	14023	5640	631	8	1	1
	3	0	21269	7663	1223	39	5	2	29606	10346	3819	279	3	1	0
	4	41652	15924	5987	706	18	4	2	23279	8010	2639	101	1	1	0
1996	1	0	33974	12143	4061	399	11	3	0	18074	5950	1548	28	1	1
	2	0	27377	8814	2537	199	7	3	37295	11988	3891	870	10	1	1
	3	0	19696	6898	1550	57	5	2	30121	9148	2721	411	2	1	0
	4	38052	13772	5305	918	22	4	2	22134	6656	1881	200	0	1	0

**TABLE 10.** 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 about 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 9.

**TABLA 10.** 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 un tamaño de unos 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; esas cantidades son iguales a aquéllas en la Tabla 9.

Year—Año	Initial—Inicial			Average—Promedio		
	X	Y	X + Y	X	Y	X + Y
1967	34,323	39,972	74,295	33,204	38,669	71,873
1968	27,035	26,143	53,178	26,154	25,291	51,445
1969	27,839	28,093	55,932	26,932	271,775	4,109
1970	35,815	27,932	63,747	34,647	27,021	61,668
1971	20,421	28,558	48,979	19,755	27,627	47,382
1972	17,088	38,304	55,392	16,531	37,055	53,586
1973	48,582	72,116	120,698	46,998	69,765	116,763
1974	38,070	30,198	68,268	36,825	29,213	66,038
1975	17,988	38,584	56,572	17,402	37,326	54,728
1976	19,469	29,850	49,319	18,815	28,877	47,692
1977	35,883	72,541	108,424	34,713	70,175	104,888
1978	41,591	44,579	86,170	40,232	43,050	83,282
1979	31,618	42,230	73,848	30,586	40,830	71,416
1980	23,390	44,838	68,228	22,627	43,371	65,998
1981	25,301	32,912	58,213	24,469	31,834	56,303
1982	32,833	40,827	73,660	31,751	39,491	71,242
1983	41,897	43,549	85,446	40,531	42,120	82,651
1984	43,816	40,623	84,439	42,387	39,279	81,666
1985	41,770	35,682	77,452	40,408	34,518	74,926
1986	54,387	41,802	96,189	52,588	40,439	93,027
1987	53,254	81,256	134,510	51,516	78,606	130,122
1988	47,929	50,982	98,911	46,362	49,308	95,670
1989	44,139	41,454	85,593	42,700	40,102	82,802
1990	39,648	49,786	89,434	38,346	48,163	86,509
1991	30,290	58,254	88,544	29,302	56,355	85,657
1992	39,453	45,993	85,446	38,166	44,493	82,659
1993	45,575	48,323	93,898	44,088	46,747	90,835
1994	42,898	38,209	81,107	41,494	36,963	78,457
1995	43,058	37,935	80,993	41,652	36,698	78,350
1996	39,339	38,552	77,891	38,052	37,295	75,347
Average— Promedio	36,157	43,003	79,159	34,974	41,595	76,570

**TABLE 11.** Average weights of yellowfin during each quarter, beginning with the quarter in which they were recruited into the fishery.

**TABLA 11.** Peso promedio de los atunes aleta amarilla en cada trimestre, a partir del trimestre en el cual fueron reclutados a la pesquería.

Quarter	Average weight		Quarter	Average weight		Quarter	Average weight	
	Kilograms	Pounds		Kilograms	Pounds		Kilograms	Pounds
Trimestre	Peso promedio		Trimestre	Peso promedio		Trimestre	Peso promedio	
	Kilogramos	Libras		Kilogramos	Libras		Kilogramos	Libras
1	0.38	0.84	10	27.78	61.24	19	101.66	224.11
2	0.82	1.80	11	35.01	77.19	20	109.02	240.35
3	1.60	3.52	12	42.88	94.54	21	115.90	255.52
4	2.87	6.33	13	51.21	112.89	22	122.29	269.60
5	4.80	10.58	14	59.81	131.86	23	128.16	282.55
6	7.53	16.60	15	68.52	151.07	24	133.54	294.40
7	11.17	24.62	16	77.19	170.17	25	138.43	305.18
8	15.77	34.76	17	85.67	188.86	26	142.86	314.95
9	21.32	47.01	18	93.85	206.90	27	146.85	323.75

**TABLE 12.** Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean. The quotas are expressed in thousands of short and metric tons, the catches in thousands of metric tons, and the CPDFs in metric tons per day. The quotas apply only to the CYRA.

**TABLA 12.** Cuotas, capturas, y CPDP (cerqueros de la Clase 6) para el aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Se expresan las cuotas en miles de toneladas cortas y métricas, las capturas en miles de toneladas métricas, y las CPDP en toneladas métricas por día. Las cuotas se aplican al ARCAA solamente.

Year	CYRA		EPO				CPDF
	Quota in short tons	Quota in metric tons	Surface catch	Surface catch	Longline catch	Total catch	
Año	ARCAA		OPO				CPDP
	Cuota en toneladas cortas	Cuota en toneladas métricas	Captura de superficie	Captura de superficie	Captura palangre	Captura total	
1967	84.5	76.7	80.0	80.0	10.7	90.7	6.2
1968	93.0	84.4	100.9	102.0	15.8	117.8	14.8
1969	120.0	108.9	111.4	128.9	17.7	146.6	15.5
1970	120.0	108.9	127.8	155.6	13.6	169.2	12.7
1971	140.0 + (2 x 10) <sup>1</sup>	127.0 + (2 x 9.1)	102.2	122.8	7.3	130.1	9.3
1972	120.0 + (2 x 10)	108.9 + (2 x 9.1)	136.5	177.1	15.5	192.6	13.2
1973	130.0 + (3 x 10)	117.9 + (3 x 9.1)	160.3	205.3	12.3	217.6	11.5
1974	175.0 + (2 x 10)	158.8 + (2 x 9.1)	173.2	210.4	9.4	219.8	9.2
1975	175.0 + (2 x 10)	158.8 + (2 x 9.1)	158.8	202.1	12.7	214.8	8.3
1976	175.0 + (2 x 10)	158.8 + (2 x 9.1)	190.2	236.3	15.8	252.1	9.1
1977	175.0 + (20 + 15)	158.8 + (18.1 + 13.6)	182.7	198.8	12.3	211.1	7.3
1978	175.0 + (20 + 15)	158.8 + (18.1 + 13.6)	166.0	180.5	10.5	191.0	6.2
1979	175.0 + (20 + 15)	158.8 + (18.1 + 13.6)	175.9	189.7	10.2	199.9	5.5
1980	165.0 + (total of 45) <sup>3</sup>	149.7 + (total of 40.8) <sup>3</sup>	131.9	158.7	13.0	171.7	4.9
1981	165.0 + (3 x 15) <sup>3</sup>	149.7 + (3 x 13.6) <sup>3</sup>	157.7	181.8	8.3	190.1	5.5
1982	160.0 + (2 x 15) <sup>3</sup>	145.1 + (2 x 13.6) <sup>3</sup>	106.8	125.1	9.6	134.7	4.7
1983	170.0 + (2 x 15) <sup>3</sup>	154.2 + (2 x 13.6) <sup>3</sup>	82.0	94.2	10.6	104.8	5.1
1984	162.0 + (2 x 15) <sup>3</sup>	147.0 + (2 x 13.6) <sup>3</sup>	128.6	145.1	10.4	155.5	8.8
1985	174.0 + (20 + 10) <sup>3</sup>	157.9 + (18.1 + 9.1) <sup>3</sup>	192.5	217.0	12.5	229.5	11.9
1986	175.0 + (2 x 15) <sup>3</sup>	158.8 + (2 x 13.6) <sup>3</sup>	228.1	268.3	22.3	290.6	15.7
1987	none-ninguna		248.2	272.2	18.5	290.7	12.6
1988	190.0 + (2 x 30) <sup>3</sup>	172.4 + (2 x 27.2) <sup>3</sup>	267.2	288.0	14.5	302.5	12.2
1989	220.0 + (2 x 30) <sup>3</sup>	199.6 + (2 x 27.2) <sup>3</sup>	242.3	289.4	17.9	307.3	12.4
1990	200.0 + (5 x 20) <sup>3</sup>	181.4 + (5 x 18.1) <sup>3</sup>	226.4	273.3	34.5	307.8	12.6
1991	210.0 + (4 x 20) <sup>3</sup>	190.5 + (4 x 18.1) <sup>3</sup>	219.4	239.0	31.1	270.1	13.7
1992	210.0 + (4 x 20) <sup>3</sup>	190.5 + (4 x 18.1) <sup>3</sup>	221.3	239.8	17.7	257.5	14.2
1993	250.0 + (4 x 25) <sup>3</sup>	226.8 + (4 x 22.7) <sup>3</sup>	213.3	232.1	19.7 <sup>2</sup>	251.8 <sup>2</sup>	13.1 <sup>2</sup>
1994	250.0 + (4 x 25) <sup>3</sup>	226.8 + (4 x 22.7) <sup>3</sup>	196.3	218.4	25.4 <sup>2</sup>	243.8 <sup>2</sup>	12.1 <sup>2</sup>
1995	235.0 + (3 x 20) <sup>3</sup>	213.2 + (3 x 18.1) <sup>3</sup>	196.0	223.6	18.7 <sup>2</sup>	242.3 <sup>2</sup>	11.9 <sup>2</sup>
1996	235.0 + (3 x 20) <sup>3</sup>	213.2 + (3 x 18.1) <sup>3</sup>	220.0	249.3	21.3 <sup>2</sup>	270.6 <sup>2</sup>	13.0 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> indicates two increments of 10 thousand short tons (9.1 thousand metric tons) to be added at the discretion of the Director—señala dos incrementos de 10 mil toneladas cortas (9.1 mil toneladas métricas) cada uno, que se pueden añadir al discreción del Director

<sup>2</sup> preliminary estimates—estimaciones preliminares

<sup>3</sup> approved, but not implemented—aprobada, pero no implementada

**TABLE 13.** Annual catches of bigeye tuna, in thousands of metric tons. ROC and ROK stand for Republic of China and Republic of Korea, respectively.**TABLA 13.** Capturas anuales de atún patudo, en miles de toneladas métricas. ROC y ROK significan República de China y República de Corea, respectivamente.

Year	EPO					Total	Western Pacific Ocean <sup>3</sup>	Total Pacific Ocean <sup>4</sup>	Atlantic and Indian Oceans <sup>4</sup>	Total <sup>4</sup>
	Surface <sup>1</sup>	Longline								
		Japan <sup>2</sup>	ROC <sup>2</sup>	ROK <sup>2</sup>	Total					
Año	OPO					Total	Océano Pacífico occidental <sup>3</sup>	Total Océano Pacífico <sup>4</sup>	Océanos Atlántico e Índico <sup>4</sup>	Total <sup>4</sup>
Superficie <sup>1</sup>	Palangre									
	Japón <sup>2</sup>	ROC <sup>2</sup>	ROK <sup>2</sup>	Total						
1954	0.3	1.5	*	*	1.5	1.8	*	*	*	*
1955	0.1	1.8	*	*	1.8	1.9	*	*	*	*
1956	0.0	2.4	*	*	2.4	2.4	*	*	*	*
1957	0.1	9.5	*	*	9.5	9.6	*	*	*	*
1958	0.3	10.3	*	*	10.3	10.6	*	*	*	76.8
1959	0.2	11.2	*	*	11.2	11.4	*	*	*	76.8
1960	0.2	17.3	*	*	17.3	17.5	*	*	*	74.8
1961	0.2	51.3	*	*	51.3	51.5	*	*	*	116.8
1962	0.4	44.2	*	*	44.2	44.6	*	*	*	129.7
1963	0.1	65.3	*	*	65.3	65.4	*	*	*	133.7
1964	0.1	45.4	*	*	45.4	45.5	38.2	83.7	38.8	122.6
1965	0.1	28.6	*	*	28.6	28.7	40.2	68.9	46.2	115.1
1966	0.3	34.1	*	*	34.1	34.4	42.7	77.1	43.1	120.2
1967	1.6	34.2	*	*	34.2	35.8	45.8	81.6	49.5	131.1
1968	2.6	33.8	*	*	33.8	36.4	30.6	67.0	58.2	125.2
1969	0.6	50.8	*	*	50.8	51.4	28.3	79.7	61.9	141.6
1970	1.3	31.8	*	*	31.8	33.1	51.1	84.2	58.4	142.6
1971	2.6	29.2	*	*	29.2	31.8	34.2	66.0	71.1	137.0
1972	2.2	34.7	*	*	34.7	36.9	50.8	87.7	60.1	147.8
1973	2.0	51.0	*	*	51.0	53.0	37.4	90.4	66.5	156.8
1974	0.9	35.3	*	*	35.3	36.2	51.7	87.9	83.3	171.3
1975	3.7	41.2	*	0.6	41.8	45.5	57.6	103.1	93.8	196.9
1976	10.2	49.5	0.4	1.1	51.0	61.2	67.8	129.0	71.9	200.8
1977	7.1	67.4	0.3	3.3	71.0	78.1	66.9	145.0	86.2	231.1
1978	11.7	67.3	0.2	3.0	70.5	82.2	39.4	121.6	101.2	222.8
1979	7.5	55.0	0.2	0.8	56.0	63.5	65.5	129.0	78.9	207.9
1980	15.4	55.6	0.7	2.0	58.3	73.7	58.8	132.5	94.0	226.5
1981	10.1	45.2	0.5	2.7	48.4	58.5	45.8	104.3	98.0	202.2
1982	4.1	41.3	0.1	2.4	43.8	47.9	61.5	109.4	112.1	221.6
1983	3.3	74.1	0.1	4.2	78.4	81.7	29.7	111.4	104.1	215.5
1984	5.9	64.1	0.1	2.6	66.8	72.7	30.5	103.2	104.4	207.6
1985	4.5	65.8	0.1	4.9	70.8	75.3	49.0	124.3	117.7	242.0
1986	1.9	96.6	0.1	10.7	107.4	109.3	40.9	150.2	106.8	257.0
1987	0.8	91.6	0.4	10.1	102.1	102.9	45.9	148.7	99.9	248.5
1988	1.1	58.7	0.4	5.0	64.1	65.2	55.2	120.4	111.1	231.5
1989	1.5	62.8	0.6	2.6	66.0	67.5	58.4	125.9	114.2	240.1
1990	4.7	78.2	0.4	10.9	89.5	94.2	68.4	162.6	113.1	275.7
1991	3.7	74.8	0.4	20.0	95.2	98.9	45.2	144.1	117.3	261.5
1992	5.5	62.3	0.6	7.2	70.1	75.6	77.5	153.1	120.4	273.5
1993**	8.1	54.8	*	*	*	*	*	129.3	167.2	296.5
1994**	29.4	52.9	*	*	*	*	*	141.2	177.7	318.8
1995**	36.9	40.0	*	*	*	*	*	127.4	198.7	326.1
1996**	52.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*

<sup>1</sup> Source: Table 3—Fuente: Tabla 3<sup>2</sup> Sources: published and unpublished data from the National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan, Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC, and National Fisheries Research and Development Agency, Republic of Korea. The data were converted from numbers of fish to weight in metric tons with the average weight data in Table 14. Fuentes: datos publicados y inéditos del National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu (Japón), Instituto Oceanografía, Universidad Nacional de Taiwan, Taipei (ROC), y la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, ROK. Se convirtieron los datos de números de peces a peso en toneladas métricas usando los datos de peso promedio en la Tabla 14.<sup>3</sup> Total Pacific Ocean minus eastern Pacific Ocean—Total de Océano Pacífico menos el Océano Pacífico oriental<sup>4</sup> Sources: 1958-1969 - Yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations; 1970-1995 - FAO data base—Fuentes: 1958-1969 - Compendios anuales de estadísticas pesqueras de la Organización para la Agricultura y Alimento (FAO) de las Naciones Unidas; 1970-1995 - base de datos de la FAO

\* not available—no disponible

\*\* preliminary—preliminar

**TABLE 14.** Catches of bigeye tuna by longline gear in the eastern Pacific Ocean, and average weights of the fish.  
**TABLA 14.** Capturas de atún patudo con palangre en el Océano Pacífico oriental, y pesos promedio del pescado.

Year	Catch in numbers of fish			Catch in metric tons			Average weight in kilograms <sup>7</sup>
	Japan <sup>1</sup>	Other <sup>2</sup>	Total <sup>3</sup>	Japan <sup>4</sup>	Other <sup>5</sup>	Total <sup>6</sup>	
Año	Captura en número de pescados			Captura en toneladas métricas			Peso promedio en kilogramos <sup>7</sup>
	Japón <sup>1</sup>	Otros <sup>2</sup>	Total <sup>3</sup>	Japón <sup>4</sup>	Otros <sup>5</sup>	Total <sup>6</sup>	
1971	526,836	0	526,836	29,176	0	29,176	55.38
1972	650,240	0	650,240	34,703	0	34,703	53.37
1973	886,464	0	886,464	50,954	0	50,954	57.48
1974	678,216	0	678,216	35,321	0	35,321	52.08
1975	792,340	11,796	804,136	41,194	613	41,807	51.99
1976	974,674	30,877	1,005,551	49,523	1,569	51,092	50.81
1977	1,296,738	70,700	1,367,438	67,404	3,675	71,079	51.98
1978	1,261,057	61,513	1,322,570	67,277	3,282	70,559	53.35
1979	1,250,050	23,605	1,273,655	54,965	1,038	56,003	43.97
1980	1,122,300	53,365	1,175,665	55,610	2,644	58,254	49.55
1981	981,725	69,269	1,050,994	45,169	3,187	48,356	46.01
1982	1,061,288	65,677	1,126,965	41,337	2,558	43,895	38.95
1983	1,193,849	69,637	1,263,486	74,114	4,323	78,437	62.08
1984	1,027,340	43,218	1,070,558	64,106	2,697	66,803	62.40
1985	1,378,671	103,230	1,481,901	65,804	4,927	70,731	47.73
1986	1,865,733	208,694	2,074,427	96,589	10,804	107,393	51.77
1987	1,619,020	184,649	1,803,679	91,604	10,448	102,052	56.58
1988	1,187,317	110,392	1,297,709	58,725	5,460	64,185	49.46
1989	1,321,219	67,843	1,389,062	62,824	3,226	66,050	47.55
1990	1,604,247	231,141	1,835,388	78,223	11,270	89,493	48.76
1991	1,496,669	407,990	1,904,659	74,833	20,400	95,233	50.00
1992	1,304,131	164,166	1,468,297	62,259	7,837	70,096	47.74
1993*	1,062,018	150,000	1,212,018	54,768	7,736	62,504	51.57
1994*	1,069,057	150,000	1,219,057	52,940	7,428	60,368	49.52
1995*	863,642	150,000	1,013,642	40,013	6,950	46,963	46.33
1996*	800,000	125,000	925,000	40,000	6,250	46,250	50.00

<sup>1</sup> from data supplied by the NRIFS of Japan—de datos proporcionados por el NRIFS del Japón

<sup>2</sup> from data supplied by the TRC of the ROC and the NFRDA of the ROK—de datos proporcionados por el TRC de la ROC y el NFRDA de la ROK

<sup>3</sup> Column 2 + Column 3

<sup>4</sup> (Column 2 x Column 8)/1,000

<sup>5</sup> (Column 3 x Column 8)/1,000

<sup>6</sup> Column 5 + Column 6

<sup>7</sup> calculated from NRIFS data bases—calculados con las bases de datos del NRIFS

\* preliminary—preliminar

**TABLE 15.** Catches of bigeye tuna by surface gear in the eastern Pacific Ocean, and average weights of the fish. The latter were obtained from length-frequency data and the weight-length equation given in the text.

**TABLA 15.** Capturas de atún patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental, y pesos promedio de los pescados. Se obtuvieron los pesos de los datos de frecuencia de longitud y la ecuación peso-longitud dada en el texto.

Year	Catch in numbers of fish <sup>1</sup>	Catch in metric tons <sup>2</sup>	Average weight in kilograms <sup>3</sup>
Año	Captura en número de pescados <sup>1</sup>	Captura en toneladas métricas <sup>2</sup>	Peso promedio en kilogramos <sup>3</sup>
1971	157,372	2,566	16.31
1972	137,256	2,238	16.31
1973	121,297	1,979	16.32
1974	54,467	890	16.34
1975	178,907	3,723	20.81
1976	504,694	10,186	20.18
1977	749,690	7,055	9.41
1978	881,057	11,714	13.30
1979	406,799	7,532	18.52
1980	1,003,549	15,421	15.37
1981	596,989	10,091	16.90
1982	359,323	4,102	11.42
1983	191,718	3,260	17.00
1984	369,509	5,936	16.06
1985	169,523	4,532	26.73
1986	75,276	1,939	25.76
1987	55,559	776	13.97
1988	132,939	1,053	7.92
1989	123,368	1,470	11.92
1990	230,304	4,712	20.46
1991	188,326	3,740	19.86
1992	156,961	5,497	35.02
1993	409,098	8,069	19.72
1994	2,553,628	29,375	11.50
1995	2,953,936	36,941	12.51
1996	5,541,466	52,132	9.41

<sup>1</sup> from IATTC data base—de la base de datos de la CIAT

<sup>2</sup> from Table 13—de la Tabla 13

<sup>3</sup> (Column 3 x 1,000)/Column 2



**TABLE 16.** Catches of bigeye tuna by all types of gear in the eastern Pacific Ocean, and average weights of the fish.**TABLA 16.** Capturas de atún patudo por todos tipos de artes de pesca en el Océano Pacífico oriental, y pesos promedios de los pescados.

Year	Catch in numbers of fish <sup>1</sup>	Catch in metric tons <sup>2</sup>	Average weight in kilograms <sup>3</sup>
Año	Captura en número de pescados <sup>1</sup>	Captura en toneladas métricas <sup>2</sup>	Peso promedio en kilogramos <sup>3</sup>
1971	684,208	31,742	46.39
1972	787,496	36,941	46.91
1973	1,007,761	52,933	52.53
1974	732,683	36,211	49.42
1975	983,043	45,530	46.31
1976	1,510,245	61,278	40.58
1977	2,117,128	78,134	36.90
1978	2,203,627	82,273	37.34
1979	1,680,454	63,535	37.81
1980	2,179,214	73,675	33.81
1981	1,647,983	58,447	35.47
1982	1,486,288	47,997	32.29
1983	1,455,204	81,697	56.14
1984	1,440,067	72,739	50.51
1985	1,651,424	75,263	45.58
1986	2,149,703	109,332	50.86
1987	1,859,238	102,828	55.30
1988	1,430,648	65,238	45.60
1989	1,512,430	67,520	44.64
1990	2,065,692	94,205	45.61
1991	2,092,985	98,973	47.29
1992	1,625,258	75,593	46.51
1993*	1,621,116	70,573	43.54
1994*	3,772,685	89,743	23.79
1995*	3,967,578	83,904	21.15
1996*	6,466,466	98,382	15.21

<sup>1</sup> (Table 14, Column 2) + (Table 15, Column 2)<sup>2</sup> (Table 14, Column 3) + (Table 15, Column 3)<sup>3</sup> (Column 3 x 1,000)/Column 2

\* preliminary—preliminar

TABLE 17a. Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for  $M = 0.4$ .TABLA 17a. Población promedio de atunes patudo de edades 0 a 9, en miles de peces, durante julio, con  $M = 0.4$ .

Year	X cohort										Y cohort									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	3,509	2,442	1,490	875	439	239	138	84	61	44	2,915	1,694	1,236	756	424	235	84	77	51	19
1972	3,735	2,332	1,612	863	481	244	135	77	52	40	3,255	1,941	1,110	761	448	246	136	48	50	34
1973	4,079	2,486	1,533	977	463	249	122	67	46	34	3,078	2,169	1,261	674	361	239	130	80	28	33
1974	4,299	2,723	1,643	898	579	243	126	65	40	29	3,287	2,054	1,424	783	393	179	134	80	51	18
1975	4,374	2,875	1,765	1,014	493	314	125	72	41	25	3,532	2,196	1,295	851	429	237	99	81	53	34
1976	5,503	2,909	1,835	955	508	267	173	66	42	26	3,222	2,355	1,395	734	450	234	133	57	50	35
1977	4,932	3,532	1,916	1,004	517	239	127	69	33	25	4,008	2,147	1,397	774	299	230	112	77	31	32
1978	5,237	3,225	2,230	1,062	469	252	107	63	31	17	3,423	2,580	1,374	763	318	125	117	59	43	20
1979	5,394	3,491	1,935	1,202	571	221	105	49	35	19	3,792	2,191	1,303	756	405	140	49	62	35	28
1980	4,063	3,569	2,268	1,172	556	308	104	40	26	21	3,726	2,497	1,327	656	355	221	37	18	37	22
1981	4,442	2,538	2,251	1,074	594	319	174	63	25	16	2,948	2,428	1,533	678	330	188	111	19	11	24
1982	6,843	2,933	1,662	1,110	591	338	187	101	38	16	4,647	1,963	1,413	841	365	186	95	63	11	6
1983	5,695	4,483	1,879	955	571	296	164	87	58	24	5,609	3,066	1,230	774	428	157	68	45	37	7
1984	4,778	3,758	2,972	1,190	534	262	115	73	46	36	4,673	3,719	2,019	744	346	154	48	15	19	24
1985	4,401	3,202	2,477	1,793	629	258	120	37	38	29	3,430	3,118	2,292	1,150	382	158	56	19	3	12
1986	5,008	2,949	2,100	1,522	863	299	113	40	9	23	3,811	2,295	1,981	1,175	532	166	63	19	6	1
1987	5,734	3,357	1,941	1,172	871	314	99	34	10	2	4,468	2,549	1,465	1,077	567	200	46	18	3	2
1988	4,265	3,832	2,230	1,144	639	437	102	29	11	2	4,019	2,978	1,661	889	535	219	65	11	6	1
1989	4,168	2,857	2,500	1,364	642	328	169	32	6	2	3,472	2,652	1,933	1,018	486	224	77	24	3	2
1990	4,089	2,789	1,884	1,466	764	322	138	49	9	1	3,224	2,266	1,672	1,095	516	220	79	29	5	1
1991	4,661	2,645	1,832	1,039	743	328	105	34	10	1	3,738	2,115	1,459	886	525	192	56	15	5	1
1992	5,087	3,112	1,727	1,059	553	287	95	27	8	2	3,604	2,499	1,361	834	420	182	60	15	2	1
1993	5,173	3,381	2,068	1,032	551	253	97	27	7	1	3,942	2,394	1,640	783	401	169	55	16	3	1
1994	5,712	3,323	2,117	1,215	551	243	78	25	6	1	5,529	2,588	1,527	909	390	161	51	15	3	1
1995	6,747	2,713	1,733	998	607	257	91	20	6	1	3,618	3,329	1,473	743	422	167	57	15	3	1
1996	4,694	3,409	1,047	807	526	288	105	28	4	1	3,547	2,250	1,728	671	331	182	62	21	4	1

**TABLE 17b.** Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for  $M = 0.6$ .  
**TABLA 17b.** Población promedio de atunes patudo de edades 0 a 9, en miles de peces, durante julio, con  $M = 0.6$ .

Year	X cohort										Y cohort									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	11,548	6,749	3,383	1,564	1,035	498	181	99	56	3	8,763	5,171	2,634	1,113	683	340	118	73	41	16
1972	13,682	6,319	3,681	1,733	763	523	250	86	51	30	10,628	4,798	2,814	1,384	558	340	167	58	38	22
1973	14,220	7,492	3,440	1,925	845	351	248	116	41	27	8,912	5,822	2,596	1,480	624	250	155	81	28	20
1974	12,283	7,793	4,091	1,770	988	403	156	122	59	21	9,294	4,883	3,168	1,368	759	287	114	79	42	14
1975	14,019	6,736	4,219	2,165	873	474	187	74	65	31	9,229	5,094	2,603	1,639	664	394	139	54	42	23
1976	15,072	7,673	3,611	2,107	1,032	422	227	87	36	34	9,491	5,053	2,725	1,306	790	316	192	68	26	23
1977	14,712	8,130	4,178	1,776	1,044	474	184	82	38	16	9,546	5,197	2,605	1,347	542	369	133	94	31	13
1978	13,938	8,001	4,340	2,092	792	488	212	81	32	16	8,790	5,145	2,793	1,270	557	229	168	57	44	16
1979	13,926	7,632	4,186	2,113	1,021	351	212	96	38	15	9,482	4,737	2,437	1,382	602	241	94	78	28	23
1980	11,491	7,600	4,123	2,186	934	491	153	88	47	19	9,202	5,163	2,473	1,140	621	284	80	39	38	14
1981	12,530	6,137	4,043	1,868	1,021	466	239	78	47	25	7,761	4,988	2,705	1,168	528	295	121	39	20	21
1982	17,946	6,835	3,332	1,860	909	506	232	118	39	25	11,970	4,247	2,543	1,315	562	258	135	56	20	10
1983	17,055	9,755	3,671	1,684	866	406	219	91	56	20	13,790	6,524	2,252	1,245	596	227	89	57	26	11
1984	13,711	9,304	5,323	1,953	826	366	147	87	40	28	11,890	7,530	3,548	1,164	523	207	74	22	21	14
1985	12,764	7,524	5,067	2,738	915	364	151	45	38	19	9,403	6,512	3,948	1,757	534	220	72	28	5	10
1986	14,139	7,004	4,085	2,654	1,193	391	145	46	10	19	10,145	5,156	3,473	1,833	746	210	82	23	10	2
1987	15,164	7,759	3,810	2,031	1,322	415	123	42	10	2	11,246	5,562	2,763	1,673	804	268	57	23	4	4
1988	11,429	8,312	4,240	1,948	984	592	130	34	13	2	9,900	6,156	3,008	1,430	752	295	85	14	7	1
1989	11,853	6,271	4,502	2,208	956	447	212	39	6	2	9,218	5,398	3,320	1,562	684	289	99	29	3	2
1990	12,244	6,500	3,412	2,278	1,077	425	170	59	10	1	8,929	5,007	2,865	1,635	707	278	94	34	6	1
1991	12,870	6,633	3,532	1,671	1,032	425	132	40	12	1	9,687	4,858	2,692	1,357	709	248	70	17	6	1
1992	12,409	7,052	3,597	1,783	788	378	120	33	9	2	9,775	5,310	2,613	1,345	590	236	74	18	3	1
1993	11,748	6,782	3,853	1,859	836	326	121	33	8	1	9,470	5,343	2,882	1,314	596	222	69	19	4	1
1994	12,448	6,312	3,583	1,958	893	346	96	31	7	1	10,840	5,147	2,860	1,404	601	230	66	18	4	1
1995	11,485	5,823	3,016	1,590	887	389	125	24	7	1	10,618	5,606	2,585	1,314	604	245	81	19	4	1
1996	13,940	5,241	2,517	1,332	745	379	152	39	4	2	10,729	5,669	2,615	1,131	572	239	89	29	5	1

**TABLE 17c.** Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for  $M = 0.8$ .  
**TABLA 17c.** Población promedio de atunes patudo de edades 0 a 9, en miles de peces, durante julio, con  $M = 0.8$ .

Year	X cohort										Y cohort									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	37,731	21,349	8,244	3,196	1,899	861	290	141	63	25	31,858	13,833	7,655	1,912	1,548	603	219	105	58	19
1972	42,164	16,937	9,573	3,591	1,349	812	366	117	60	28	36,279	14,305	6,194	3,382	811	664	253	92	46	26
1973	40,472	18,931	7,584	4,213	1,517	544	329	145	48	26	33,467	16,292	6,393	2,724	1,397	313	269	104	38	20
1974	40,136	18,176	8,487	3,301	1,831	627	212	135	61	20	29,589	15,031	7,295	2,821	1,176	578	120	115	45	16
1975	72,096	18,029	8,112	3,740	1,394	761	251	85	59	26	27,076	13,289	6,682	3,183	1,189	508	244	47	51	20
1976	31,584	32,376	8,021	3,454	1,538	575	312	99	34	25	34,241	12,156	5,906	2,890	1,330	490	207	102	18	23
1977	49,164	14,063	14,516	3,416	1,450	606	214	102	35	12	34,002	15,375	5,306	2,516	1,140	538	183	82	40	7
1978	43,581	22,024	6,211	6,339	1,370	574	229	78	34	12	30,066	15,196	6,853	2,236	965	450	211	68	30	17
1979	46,163	19,568	9,711	2,544	2,734	542	208	84	30	14	27,265	13,436	6,476	2,942	920	376	174	82	27	12
1980	38,334	20,703	8,732	4,263	938	1,164	207	67	32	11	27,373	12,214	5,923	2,731	1,198	370	121	66	33	11
1981	39,379	17,069	9,188	3,574	1,750	380	495	87	29	14	22,859	12,243	5,370	2,493	1,139	496	134	50	28	15
1982	52,720	17,656	7,636	3,804	1,501	737	150	210	36	13	34,960	10,260	5,325	2,259	1,050	483	198	51	21	12
1983	57,152	23,602	7,860	3,300	1,570	588	276	34	86	15	38,956	15,667	4,539	2,260	899	396	168	73	19	10
1984	44,552	25,627	10,577	3,475	1,391	607	196	94	6	37	33,871	17,468	7,011	1,975	867	295	132	51	23	8
1985	41,327	20,017	11,479	4,583	1,415	545	227	56	33	1	28,424	15,206	7,679	2,971	792	330	95	49	17	10
1986	44,100	18,568	8,951	5,042	1,776	534	195	69	12	13	29,920	12,768	6,740	3,142	1,135	280	113	27	17	7
1987	45,076	19,815	8,312	3,833	2,144	579	158	54	17	2	31,821	13,439	5,676	2,811	1,226	382	74	31	5	6
1988	34,179	20,245	8,886	3,603	1,605	842	173	41	15	4	28,262	14,284	5,997	2,470	1,115	417	117	17	9	1
1989	41,108	15,356	9,045	3,884	1,516	635	275	49	7	3	28,204	12,669	6,364	2,612	1,017	388	132	36	4	3
1990	48,088	18,467	6,872	3,885	1,623	589	216	72	12	1	26,374	12,628	5,603	2,685	1,037	367	116	40	8	1
1991	40,304	21,530	8,264	2,905	1,548	580	172	49	14	1	26,191	11,812	5,623	2,320	1,035	339	89	21	6	1
1992	67,653	18,099	9,632	3,570	1,190	527	157	42	10	2	25,994	11,763	5,259	2,404	903	327	96	22	3	1
1993	43,521	30,371	8,116	4,222	1,476	437	159	41	10	1	24,224	11,659	5,255	2,252	952	314	93	24	5	1
1994	38,065	19,428	13,517	3,503	1,781	561	121	39	9	2	22,875	10,837	5,171	2,196	903	340	90	24	5	1
1995	45,985	16,189	8,322	5,736	1,404	709	193	29	9	1	27,410	9,965	4,650	2,091	837	329	111	25	5	1
1996	41,867	19,648	6,675	3,445	2,463	532	263	60	5	2	26,642	12,174	4,053	1,828	805	292	106	36	7	2

**TABLE 18.** Estimates of average annual  $F$  (longline and surface-fishing vessels combined) for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean.**TABLA 18.** Estimaciones de  $F$  promedio anual (barcos palangreros y de superficie combinados) para el atún patudo en el Océano Pacífico oriental.

$M = 0.4$								
Age	X cohort				Y cohort			
Edad	1971-1979	1980-1987	1988-1993	1994-1996	1971-1979	1980-1987	1988-1993	1994-1996
0	0.0069	0.0129	0.0123	0.1347	0.0107	0.0041	0.0080	0.0316
1	0.0256	0.0204	0.0136	0.1822	0.0344	0.0293	0.0167	0.0680
2	0.0722	0.0969	0.0612	0.1611	0.0956	0.1149	0.0771	0.1314
3	0.1914	0.1591	0.1830	0.1523	0.1937	0.2386	0.2298	0.2249
4	0.2384	0.2860	0.2567	0.1878	0.2920	0.3468	0.3211	0.2068
5	0.2796	0.3549	0.4374	0.2695	0.2764	0.4641	0.6661	0.3550
6	0.3160	0.4432	0.7821	0.5073	0.2326	0.6584	0.7957	0.4990
7	0.2374	0.5112	0.9510	0.7028	0.1412	0.6142	1.0825	0.6527
8	0.1309	0.3911	1.2708	0.8517	0.0682	0.4967	1.2205	0.7214
9	0.0621	0.2685	1.8411	0.9223	0.0205	0.1493	1.1098	0.6759

$M = 0.6$								
Age	X cohort				Y cohort			
Edad	1971-1979	1980-1987	1988-1993	1994-1996	1971-1979	1980-1987	1988-1993	1994-1996
0	0.0024	0.0048	0.0050	0.0649	0.0041	0.0016	0.0030	0.0134
1	0.0103	0.0088	0.0061	0.0856	0.0155	0.0138	0.0075	0.0375
2	0.0330	0.0505	0.0317	0.0922	0.0479	0.0627	0.0425	0.0716
3	0.0974	0.0922	0.1089	0.0937	0.1072	0.1469	0.1442	0.1339
4	0.1290	0.1853	0.1745	0.1209	0.1720	0.2334	0.2266	0.1380
5	0.1604	0.2554	0.3282	0.1831	0.1795	0.3376	0.5095	0.2453
6	0.1925	0.3392	0.6206	0.3937	0.1695	0.4739	0.6349	0.3738
7	0.1750	0.4052	0.7864	0.5858	0.1327	0.4538	0.9050	0.5214
8	0.1217	0.3564	1.1042	0.7253	0.0739	0.3546	1.0272	0.5816
9	0.0838	0.2435	1.7719	0.8389	0.0308	0.0923	1.0084	0.6330

$M = 0.8$								
Age	X cohort				Y cohort			
Edad	1971-1979	1980-1987	1988-1993	1994-1996	1971-1979	1980-1987	1988-1993	1994-1996
0	0.0008	0.0016	0.0014	0.0209	0.0012	0.0005	0.0010	0.0058
1	0.0046	0.0032	0.0019	0.0294	0.0053	0.0056	0.0032	0.0196
2	0.0149	0.0226	0.0143	0.0287	0.0197	0.0297	0.0212	0.0389
3	0.0537	0.0478	0.0575	0.0368	0.0532	0.0789	0.0830	0.0835
4	0.0741	0.1228	0.1094	0.0682	0.0927	0.1423	0.1487	0.0943
5	0.1100	0.1756	0.2340	0.1063	0.1103	0.2256	0.3681	0.1716
6	0.1511	0.2529	0.4738	0.2867	0.1143	0.3221	0.4865	0.2702
7	0.1472	0.4105	0.6356	0.4750	0.1123	0.3134	0.7357	0.3929
8	0.1201	0.4097	0.9504	0.6050	0.0736	0.2503	0.8687	0.4479
9	0.0910	0.4693	1.4911	0.7319	0.0412	0.0623	0.9011	0.5605

**TABLE 19.** Average sizes of bigeye tuna at various ages. The ages are expressed as months after recruitment, rather than months after hatching.**TABLA 19.** Tamaño medio de atunes patudo a varias edades. Se expresan las edades en meses desde el reclutamiento, no desde la cría.

X cohort	Month	Average length (cm)	Average weight (kg)	Age in months
	Y cohort			
	Mes			
Cohorte X	Cohorte Y	Talla promedio (cm)	Peso promedio (kg)	Edad en meses
July	January	32.7	0.91	0.5
October	April	42.4	1.94	3.5
January	July	48.4	2.83	6.5
April	October	54.7	4.05	9.5
July	January	60.3	5.38	12.5
October	April	66.1	7.01	15.5
January	July	73.1	9.38	18.5
April	October	80.4	12.37	21.5
July	January	88.2	16.21	24.5
October	April	96.0	20.66	27.5
January	July	103.6	25.85	30.5
April	October	110.4	31.08	33.5
July	January	117.1	36.83	36.5
October	April	123.0	42.42	39.5
January	July	128.5	48.28	42.5
April	October	133.5	53.87	45.5
July	January	138.1	59.50	48.5
October	April	141.9	64.31	51.5
January	July	145.6	69.30	54.5
April	October	148.7	73.66	57.5
July	January	151.8	78.28	60.5
October	April	154.9	82.86	63.5
January	July	158.0	87.84	66.5
April	October	160.9	92.60	69.5
July	January	163.8	97.61	72.5
October	April	166.5	102.27	75.5
January	July	168.9	106.51	78.5
April	October	171.2	110.87	81.5
July	January	173.5	115.15	84.5
October	April	175.7	119.64	87.5
January	July	178.0	124.04	90.5
April	October	180.3	128.85	93.5
July	January	182.3	133.04	96.5
October	April	184.4	137.54	99.5
January	July	186.3	141.69	102.5
April	October	188.3	146.04	105.5
July	January	192.5	155.81	108.5
October	April	195.0	161.76	111.5
January	July	196.7	165.88	114.5
April	October	198.1	169.24	117.5

TABLE 20. Yields per recruit by cohort, in kilograms, of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean.  
 TABLA 20. Rendimientos por recluta por cohorte, en kilogramos, de atún patudo en el Océano Pacífico oriental.

Cohort	X cohort									Y cohort								
	Catch			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8		Catch			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8	
	Number of fish	Tons	Average weight	No. of recruits	YPR	No. of recruits	YPR	No. of recruits	YPR	Number of fish	Tons	Average weight	No. of recruits	YPR	No. of recruits	YPR	No. of recruits	YPR
Cohorte	Cohorte X									Cohorte Y								
	Captura			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8		Captura			M = 0.4		M = 0.6		M = 0.8	
	No. de peces	tonela-das	Peso promedio	No. de reclutas	RPR	No. de reclutas	RPR	No. de reclutas	RPR	No. de peces	Tonela-das	Peso promedio	No. de reclutas	RPR	No. de reclutas	RPR	No. de reclutas	RPR
1971	5,344	24,644	46.1	3,568	6.91	11,839	2.08	39,002	0.63	4,060	22,613	55.7	3,622	6.24	12,129	1.86	49,130	0.46
1972	5,922	29,728	50.2	3,798	7.83	14,027	2.12	43,585	0.68	4,752	26,812	56.4	4,043	6.63	14,710	1.82	55,948	0.48
1973	7,449	33,536	45.0	4,147	8.09	14,578	2.30	41,836	0.80	6,644	31,778	47.8	3,825	8.31	12,336	2.58	51,612	0.62
1974	8,351	31,828	38.1	4,371	7.28	12,593	2.53	41,488	0.77	7,103	35,693	50.2	4,082	8.74	12,863	2.77	45,630	0.78
1975	6,745	26,860	39.8	4,447	6.04	14,373	1.87	74,525	0.36	6,967	28,050	40.3	4,389	6.39	12,774	2.20	41,757	0.67
1976	11,951	37,903	31.7	5,595	6.77	15,452	2.45	32,648	1.16	6,198	29,925	48.3	4,001	7.48	13,135	2.28	52,803	0.57
1977	9,696	31,801	32.8	5,014	6.34	15,083	2.11	50,821	0.63	12,236	40,362	33.0	4,978	8.11	13,211	3.06	52,435	0.77
1978	11,444	44,564	38.9	5,325	8.37	14,289	3.12	45,050	0.99	9,220	34,735	37.7	4,268	8.14	12,184	2.85	46,387	0.75
1979	12,408	45,209	36.4	5,484	8.24	14,277	3.17	47,718	0.95	8,740	41,224	47.2	4,709	8.75	13,122	3.14	42,045	0.98
1980	8,644	33,655	38.9	4,131	8.15	11,781	2.86	39,626	0.85	9,703	39,415	40.6	4,632	8.51	12,740	3.09	42,219	0.93
1981	7,843	39,815	50.8	4,516	8.82	12,846	3.10	40,707	0.98	6,055	32,152	53.1	3,681	8.73	10,762	2.99	35,275	0.91
1982	13,398	63,854	47.7	6,957	9.18	18,399	3.47	54,497	1.17	9,578	52,233	54.5	5,782	9.03	16,578	3.15	53,925	0.97
1983	9,151	49,540	54.1	5,790	8.56	17,485	2.83	59,078	0.84	13,142	62,347	47.4	6,966	8.95	19,084	3.27	60,075	1.04
1984	8,467	42,104	49.7	4,858	8.67	14,057	3.00	46,053	0.91	9,859	51,557	52.3	5,803	8.89	16,454	3.13	52,232	0.99
1985	7,202	38,926	54.0	4,475	8.70	13,086	2.97	42,720	0.91	6,110	36,939	60.5	4,260	8.67	13,012	2.84	43,832	0.84
1986	8,194	45,323	55.3	5,092	8.90	14,496	3.13	45,586	0.99	6,952	42,028	60.5	4,733	8.88	14,039	2.99	46,140	0.91
1987	11,033	51,663	46.8	5,830	8.86	15,546	3.32	46,595	1.11	9,232	49,637	53.8	5,549	8.95	15,563	3.19	49,071	1.01
1988	8,046	37,097	46.1	4,336	8.56	11,717	3.17	35,331	1.05	9,366	42,742	45.6	4,991	8.56	13,700	3.12	43,584	0.98

**TABLE 21.** Catches of bigeye tuna (in numbers of fish), effort (in numbers of hooks), and CPUEs (in fish per 1,000 hooks) in the eastern Pacific Ocean.**TABLA 21.** Capturas de atunes patudo (en número de pescados), esfuerzo (en número de anzuelos), y CPUE (en pescados por 1,000 anzuelos) en el Océano Pacífico oriental.

Year	Catch		Effort		CPUE <sup>5</sup>
	Japanese longline <sup>1</sup>	Total, all gear <sup>2</sup>	Japanese longline <sup>3</sup>	Total, all gear <sup>4</sup>	
Año	Captura		Esfuerzo		CPUE <sup>5</sup>
	Palangres japonesas <sup>1</sup>	Todas las artes <sup>2</sup>	Palangres japonesas <sup>3</sup>	Todas las artes <sup>4</sup>	
1964	858,715	862,891	86,813,848	87,236,029	9.89
1965	541,211	548,378	71,686,968	72,636,283	7.55
1966	645,201	661,479	63,214,844	64,809,710	10.21
1967	648,021	749,910	66,612,272	77,085,788	9.73
1968	640,559	797,281	72,464,336	90,193,784	8.84
1969	962,080	997,358	92,196,280	95,576,976	10.44
1970	603,576	685,132	83,400,928	94,670,173	7.24
1971	526,836	684,208	66,761,264	86,703,624	7.89
1972	650,240	787,496	78,239,624	94,754,845	8.31
1973	886,464	1,007,761	107,227,256	121,899,419	8.27
1974	678,216	732,683	89,205,088	96,369,079	7.60
1975	792,340	983,043	86,133,904	106,864,891	9.20
1976	974,674	1,510,245	117,300,712	181,755,968	8.31
1977	1,296,738	2,117,128	132,874,944	216,939,161	9.76
1978	1,261,057	2,203,627	140,006,144	244,652,948	9.01
1979	1,250,050	1,680,454	137,768,784	185,203,868	9.07
1980	1,122,300	2,179,214	138,140,800	268,233,410	8.12
1981	981,725	1,647,983	131,275,104	220,366,336	7.48
1982	1,061,288	1,486,288	116,199,848	162,732,867	9.13
1983	1,193,849	1,455,204	127,176,160	155,017,312	9.39
1984	1,027,340	1,440,067	119,635,456	167,698,198	8.59
1985	1,378,671	1,651,324	106,757,808	127,870,778	12.91
1986	1,865,733	2,149,703	160,552,528	184,989,091	11.62
1987	1,619,020	1,859,238	188,392,544	216,344,807	8.59
1988	1,187,317	1,430,648	182,694,224	220,135,926	6.50
1989	1,321,219	1,512,430	170,373,088	195,030,029	7.75
1990	1,604,247	2,065,692	178,419,456	229,739,955	8.99
1991	1,496,669	2,092,985	200,364,704	280,195,757	7.47
1992	1,304,131	1,625,258	191,283,709	238,385,094	6.82
1993*	1,062,018	1,621,116	159,955,430	244,163,762	6.64
1994*	1,069,057	3,772,685	163,976,027	578,668,755	6.52
1995*	863,642	3,967,578	125,145,630	574,919,998	6.90
1996*	800,000	6,466,466	125,000,000	1,010,385,388	6.40

<sup>1</sup> from—de: Table 14, Column 2<sup>2</sup> from—de: Table 16, Column 2<sup>3</sup> from data supplied by the NRIFS of Japan—de datos proporcionados por el NRIFS del Japón<sup>4</sup> (Column 3 x Column 4)/(Column 2)<sup>5</sup> (Column 2 x 1,000)/(Column 4)

\* preliminary—preliminar



**TABLE 22.** Catches of bigeye tuna (in metric tons), effort (in numbers of hooks), and CPUEs (in tons per 1,000 hooks) in the eastern Pacific Ocean.**TABLA 22.** Capturas de atunes patudo (en toneladas métricas), esfuerzo (en número de anzuelos), y CPUE (en toneladas por 1.000 anzuelos) en el Océano Pacífico oriental.

Year	Catch		Effort		CPUE <sup>5</sup>
	Japanese longline <sup>1</sup>	Total, all gear <sup>2</sup>	Japanese longline <sup>3</sup>	Total, all gear <sup>4</sup>	
Año	Captura		Esfuerzo		CPUE <sup>5</sup>
	Palangres japonesas <sup>1</sup>	Todas las artes <sup>2</sup>	Palangres japonesas <sup>3</sup>	Todas las artes <sup>4</sup>	
1964	45,359	45,427	86,813,848	86,944,387	0.522
1965	28,578	28,695	71,686,968	71,981,668	0.399
1966	34,110	34,375	63,214,844	63,706,726	0.540
1967	34,200	35,864	66,612,272	69,852,660	0.513
1968	33,838	36,398	72,464,336	77,945,816	0.467
1969	50,801	51,377	92,196,280	93,241,538	0.551
1970	31,843	33,175	83,400,928	86,888,466	0.382
1971	29,176	31,742	66,761,264	72,632,850	0.437
1972	34,703	36,941	78,239,624	83,285,305	0.444
1973	50,954	52,933	107,227,256	111,391,850	0.475
1974	35,321	36,211	89,205,088	91,452,831	0.396
1975	41,194	45,530	86,133,904	95,200,191	0.478
1976	49,523	61,278	117,300,712	145,143,732	0.422
1977	67,404	78,134	132,874,944	154,027,222	0.507
1978	67,277	82,273	140,006,144	171,213,423	0.481
1979	54,965	63,535	137,768,784	159,249,335	0.399
1980	55,610	73,675	138,140,800	183,016,066	0.403
1981	45,169	58,447	131,275,104	169,865,085	0.344
1982	41,337	47,997	116,199,848	134,921,356	0.356
1983	74,114	81,697	127,176,160	140,188,234	0.583
1984	64,106	72,739	119,635,456	135,746,474	0.536
1985	65,804	75,263	106,757,808	122,103,716	0.616
1986	96,589	109,332	160,552,528	181,734,245	0.602
1987	91,604	102,828	188,392,544	211,475,793	0.486
1988	58,725	65,238	182,694,224	202,956,250	0.321
1989	62,824	67,520	170,373,088	183,108,221	0.369
1990	78,223	94,205	178,419,456	214,872,926	0.438
1991	74,833	98,973	200,364,704	264,999,343	0.373
1992	62,259	75,593	191,293,709	232,250,910	0.325
1993*	54,768	70,573	159,955,430	206,115,516	0.342
1994*	52,940	89,743	163,976,027	277,969,410	0.323
1995*	40,013	83,904	125,145,630	262,420,187	0.320
1996*	40,000	98,382	125,000,000	307,443,750	0.320

<sup>1</sup> from—de: Table 13, Column 3<sup>2</sup> from—de: Table 13, Column 7<sup>3</sup> from—de: Table 21, Column 4<sup>4</sup> (Column 3 x Column 4)/Column 2<sup>5</sup> (Column 2 x 1,000)/Column 4

\* preliminary—preliminar

**TABLE 23.** Estimates of the parameters for two fits of data for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean to production models.  $C$  = catch, in metric tons;  $E$  = effort, in thousands of hooks;  $U$  = CPUE, in tons per 1,000 hooks;  $P$  = population size, in metric tons.

**TABLA 23.** Estimaciones de los parámetros para dos ajustes de los datos de atunes patudo en el Océano Pacífico oriental a los modelos de producción.  $C$  = captura, en toneladas métricas;  $E$  = esfuerzo, en miles de anzuelos;  $U$  = CPUE, en toneladas por 1.000 anzuelos;  $P$  = tamaño de la población, en toneladas métricas.

$m$	$E_{opt}$	$C_{max}$	$U_{opt}$	$U_{1995}$	$P_{opt}$	$P_{1995}$	$\Sigma(E_i - E_i)^2$
0.8	230,900	66,400	0.288	0.344	620,900	767,200	1.78 x 106
0.8	400,000	92,200	0.231	0.344	441,400	729,900	2.06 x 106

**TABLE 24a.** Predicted catches of bigeye tuna, in metric tons, during 1993-2006, assuming  $M = 0.4$ , with the three patterns of fishing effort described in the text.

**TABLA 24a.** Capturas predichas de atún patudo, en toneladas métricas, durante 1993-2006, suponiendo  $M = 0.4$ , con los tres patrones de pesca descritos en el texto.

Year	Pattern A			Pattern B			Pattern C		
	PS	Longline	Total	PS	Longline	Total	PS	Longline	Total
Año	Patrón A			Patrón B			Patrón C		
	Cerquero	Palangre	Total	Cerquero	Palangre	Total	Cerquero	Palangre	Total
1993	7,667	63,135	70,802	7,667	63,135	70,802	7,667	63,135	70,802
1994	27,190	63,742	90,932	27,190	63,742	90,932	27,190	63,742	90,932
1995	33,200	47,560	80,760	33,200	47,560	80,760	33,200	47,560	80,760
1996	47,680	48,331	96,011	47,680	48,331	96,011	47,680	48,331	96,011
1997	4,847	51,321	56,168	41,308	49,097	90,405	57,272	47,979	105,251
1998	5,023	51,549	56,572	34,585	43,539	78,124	43,141	40,117	83,258
1999	5,452	52,689	58,141	31,539	37,164	68,703	36,186	31,577	67,763
2000	5,798	55,308	61,106	30,608	31,185	61,793	33,719	23,848	57,567
2001	5,874	58,704	64,578	30,109	26,823	56,932	32,798	18,332	51,130
2002	5,924	62,504	68,428	30,032	24,103	54,135	32,589	14,863	47,452
2003	5,939	65,199	71,138	30,017	22,849	52,866	32,537	13,215	45,752
2004	5,940	66,728	72,668	30,017	22,367	52,384	32,536	12,551	45,087
2005	5,940	67,360	73,300	30,017	22,203	52,220	32,536	12,333	44,869
2006	5,940	67,559	73,499	30,017	22,203	52,220	32,536	12,308	44,844

**TABLE 24b.** Predicted catches of bigeye tuna, in metric tons, during 1993-2006, assuming  $M = 0.6$ , with the three patterns of fishing effort described in the text.

**TABLA 24b.** Capturas predichas de atún patudo, en toneladas métricas, durante 1993-2006, suponiendo  $M = 0.6$ , con los tres patrones de pesca descritos en el texto.

Year	Pattern A			Pattern B			Pattern C		
	PS	Longline	Total	PS	Longline	Total	PS	Longline	Total
Año	Patrón A			Patrón B			Patrón C		
	Cerquero	Palangre	Total	Cerquero	Palangre	Total	Cerquero	Palangre	Total
1993	7,634	65,507	73,141	7,634	65,507	73,141	7,634	65,507	73,141
1994	27,335	66,248	93,583	27,335	66,248	93,583	27,335	66,248	93,583
1995	33,214	49,589	82,803	33,214	49,589	82,803	33,214	49,589	82,803
1996	47,628	50,096	97,724	47,628	50,096	97,724	47,628	50,096	97,724
1997	5,760	52,874	58,634	51,524	51,394	102,918	73,042	50,619	123,661
1998	6,144	53,177	59,321	49,583	47,495	97,078	66,619	44,814	111,433
1999	6,615	55,718	62,333	49,122	44,139	93,261	63,264	39,233	102,497
2000	6,862	59,965	66,827	49,032	41,796	90,828	62,009	34,745	96,754
2001	6,958	64,340	71,298	49,068	40,365	89,433	61,689	31,641	93,330
2002	6,982	68,525	75,507	49,053	39,887	88,940	61,572	29,947	91,519
2003	6,992	70,844	77,836	49,059	39,718	88,777	61,553	29,164	90,717
2004	6,992	72,014	79,006	49,059	39,693	88,752	61,552	28,860	90,412
2005	6,992	72,522	79,514	49,059	39,733	88,792	61,552	28,791	90,343
2006	6,992	72,585	79,577	49,059	39,733	88,792	61,552	28,784	90,336

**TABLE 24c.** Predicted catches of bigeye tuna, in metric tons, during 1993-2006, assuming  $M = 0.8$ , with the three patterns of fishing effort described in the text.

**TABLA 24c.** Capturas predichas de atún patudo, en toneladas métricas, durante 1993-2006, suponiendo  $M = 0.8$ , con los tres patrones de pesca descritos en el texto.

Year	Pattern A			Pattern B			Pattern C		
	PS	Longline	Total	PS	Longline	Total	PS	Longline	Total
Año	Patrón A			Patrón B			Patrón C		
	Cerquero	Palangre	Total	Cerquero	Palangre	Total	Cerquero	Palangre	Total
1993	7,683	69,073	76,756	7,683	69,073	76,756	7,683	69,073	76,756
1994	28,453	71,101	99,554	28,453	71,101	99,554	28,453	71,101	99,554
1995	35,816	55,431	91,247	35,816	55,431	91,247	35,816	55,431	91,247
1996	50,825	56,824	107,649	50,825	56,824	107,649	50,825	56,824	107,649
1997	5,839	60,042	65,881	55,813	58,995	114,808	81,712	58,443	140,155
1998	6,150	60,076	66,226	55,816	56,327	112,143	79,465	54,435	133,900
1999	6,190	59,470	65,660	54,535	52,672	107,207	76,373	49,368	125,741
2000	6,303	60,716	67,019	54,677	50,817	105,494	75,979	46,159	122,138
2001	6,315	62,239	68,554	54,528	49,929	104,457	75,586	44,287	119,873
2002	6,322	63,076	69,398	54,512	49,145	103,657	75,516	42,874	118,390
2003	6,323	63,680	70,003	54,507	48,948	103,455	75,496	42,367	117,863
2004	6,323	63,980	70,303	54,507	48,892	103,399	75,496	42,182	117,678
2005	6,323	64,026	70,349	54,507	48,828	103,335	75,496	42,075	117,571
2006	6,323	64,046	70,369	54,507	48,828	103,335	75,496	42,070	117,566

**TABLE 25.** Catches of northern bluefin, in metric tons, in the Pacific Ocean.  
**TABLA 25.** Capturas de atún aleta azul del norte, en toneladas métricas, en el Océano Pacífico.

Year	Western Pacific nations			Eastern Pacific nations				Total
	Surface <sup>1</sup>	Longline <sup>1</sup>	Subtotal	Surface		Longline <sup>4</sup>	Subtotal	
				Commercial <sup>2</sup>	Recrea- tional <sup>3</sup>			
Naciones del Pacífico occidental				Naciones del Pacífico oriental				
Año				Superficie			Subtotal	Total
	Superficie <sup>1</sup>	Palangre <sup>1</sup>	Subtotal	Comercial <sup>2</sup>	Deportiva <sup>3</sup>	Palangre <sup>4</sup>		
1952	10,971	3,286	14,257	2,076	1	0	2,077	16,334
1953	15,755	3,352	19,107	4,433	34	0	4,468	23,575
1954	14,937	2,605	17,542	9,537	8	0	9,545	27,088
1955	18,962	2,703	21,665	6,173	67	0	6,241	27,906
1956	27,416	2,610	30,026	5,727	279	0	6,006	36,032
1957	20,190	1,180	21,370	9,215	53	0	9,268	30,637
1958	8,159	786	8,945	13,934	7	0	13,942	22,886
1959	7,839	3,285	11,124	6,914	11	0	6,925	18,048
1960	10,677	5,440	16,117	5,422	1	0	5,423	21,540
1961	9,892	6,080	15,972	8,117	18	0	8,135	24,108
1962	10,279	4,720	14,999	11,125	20	0	11,145	26,144
1963	9,872	4,498	14,370	12,266	6	0	12,272	26,642
1964	9,271	2,109	11,380	9,212	5	0	9,217	20,597
1965	14,669	361	15,030	6,887	1	0	6,888	21,918
1966	12,073	1,473	13,546	15,881	16	0	15,897	29,444
1967	12,899	1,350	14,249	5,863	25	0	5,888	20,138
1968	14,555	1,506	16,061	5,966	10	0	5,976	22,036
1969	7,827	1,127	8,954	6,914	12	0	6,926	15,880
1970	6,794	902	7,696	3,951	15	0	3,966	11,662
1971	7,988	702	8,690	8,354	6	0	8,360	17,050
1972	7,207	752	7,959	13,335	12	0	13,347	21,306
1973	8,015	1,364	9,379	10,700	44	0	10,744	20,124
1974	12,887	4,173	17,060	5,570	47	0	5,617	22,676
1975	9,365	1,469	10,834	9,556	27	0	9,583	20,417
1976	7,481	549	8,030	10,629	16	0	10,645	18,675
1977	11,720	764	12,484	5,458	15	0	5,473	17,957
1978	19,621	1,009	20,630	5,393	4	0	5,397	26,028
1979	23,380	1,219	24,599	6,108	9	0	6,117	30,716
1980	18,023	1,040	19,063	2,933	6	0	2,939	22,002
1981	29,039	687	29,726	1,084	5	0	1,089	30,814
1982	23,642	1,060	24,702	3,145	5	0	3,150	27,851
1983	17,729	544	18,273	838	15	0	853	19,127
1984	10,081	608	10,689	857	24	0	881	11,571
1985	12,538	2,158	14,696	4,014	41	0	4,055	18,752
1986	13,859	274	14,133	5,080	5	0	5,085	19,218
1987	13,827	667	14,494	990	15	0	1,005	15,499
1988	7,067	284	7,351	1,421	3	0	1,424	8,774
1989	8,540	706	9,246	1,116	54	129	1,299	10,545
1990	5,978	489	6,467	1,511	31	92	1,634	8,101
1991	12,413	708	13,121	418	43	81	542	13,663
1992	9,982	1,306	11,288	1,902	97	46	2,045	13,333
1993	*	*	*	583	296	47	926	*
1994	*	*	*	971	91	18	1,080	*
1995	*	*	*	630	245	45	920	*
1996	*	*	*	6,784	36	*	*	*

**TABLE 25.** (continued)  
**TABLA 25.** (continuación)

<sup>1</sup> Sources: The data for Japan were obtained from the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan. The data for 1951-1964 include only large fish (greater than about 15 kg or 33 pounds), while those for 1965-1992 include both small and large fish. The data for the small fish were estimated from the catches of *meji* (small bluefin, yellowfin, and bigeye) by a proration process based upon the catches of large bluefin, yellowfin, and bigeye. The data for the Republic of China for 1952-1964 were obtained from yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and those for 1965-1992 were obtained published and unpublished data of the Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC. The data for the Republic of Korea for 1952-1982 were obtained from yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and those for 1983-1992 were obtained from data published by the National Fisheries Research and Development Agency of Korea.

<sup>1</sup> Fuentes: Los datos de Japón provienen del National Research Institute of Far Seas Fisheries del Japón. Los datos de 1951-1964 incluyen solamente peces grandes (de más de unos 15 kg/33 libras), mientras que aquellos de 1966-1992 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. Los datos de la República de China correspondientes a 1952-1964 provienen de los registros anuales de estadísticas pesqueras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y aquellos correspondientes a 1965-1992 de datos publicados e inéditos del Instituto de Oceanografía de la Universidad Nacional de Taiwan en Taipei. Los datos de la República de Corea correspondientes a 1952-1982 provienen de los registros anuales de estadísticas pesqueras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y aquellos correspondientes a 1983-1992 de datos publicados por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero de Corea.

<sup>2</sup> Sources: 1952-1960, FAO Fish. Rep., 6 (2): 405; 1961-1996, Table 3, minus recreational catch

<sup>2</sup> Fuentes: 1952-1960, FAO Fish. Rep., 6 (2): 405; 1961-1996, Tabla 3, menos la captura deportiva

<sup>3</sup> Sources: 1952-1990, California's Living Marine Resources and their Utilization, published by the California Department of Fish and Game; 1991-1996, California Department of Fish and Game, unpublished data.

<sup>3</sup> Fuentes: 1952-1990, *California's Living Marine Resources and their Utilization*, publicado por el California Department of Fish and Game; 1991-1995, California Department of Fish and Game, datos inéditos.

<sup>4</sup> Sources: 1989-1993 - U.S. National Marine Fisheries Service, Long Beach, California (These data include only exports; small amounts were probably consumed in the United States.); 1994 - Pelagic Fisheries of the Western Pacific Region, 1994 Annual Report, Appendix 3, Table 3, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (draft); 1995 - Pelagic Fisheries of the Western Pacific Region, 1995 Annual Report, Table 2, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (draft).

<sup>4</sup> Fuentes: 1989-1993 - U.S. National Marine Fisheries Service, Long Beach, California (Estos datos incluyen exportaciones solamente; es probable que hayan sido consumidas pequeñas cantidades en Estados Unidos.); 1994 - Pesquerías pelágicas de la región del Pacífico occidental, Informe Anual de 1994, Anexo 3, Tabla 3, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (borrador); 1995 - Pesquerías pelágicas de la región del Pacífico occidental, Informe Anual de 1995, Tabla 2, Western Pacific Fishery Management Council, Honolulu, Hawaii (borrador).

\* data not available—datos no disponibles

**TABLE 26.** Estimated numbers of age-0, -1, -2, -3, and -4 bluefin, in thousands, caught in the western and eastern Pacific Oceans.**TABLA 26.** Número estimado de aletas azules de 0, 1, 2, 3, y 4 años de edad, en miles de peces, capturados en el Océano Pacífico occidental y oriental.

Year class	Western Pacific Ocean					Eastern Pacific Ocean			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Clase	Océano Pacífico occidental					Océano Pacífico oriental			
anual	0	1	2	3	4	1	2	3	4
1948	-	-	-	-	-	-	-	-	>0
1949	-	-	-	-	-	-	-	>0	>0
1950	-	-	-	-	-	-	140	6	4
1951	-	-	-	-	-	54	6	6	2
1952	-	-	-	-	-	651	493	19	>0
1953	-	-	-	-	-	413	348	9	>0
1954	-	-	-	-	-	185	168	20	0
1955	-	-	-	-	-	433	373	4	4
1956	-	-	-	-	-	575	905	109	69
1957	-	-	-	-	-	285	269	33	>0
1958	-	-	-	-	-	12	66	6	1
1959	-	-	-	-	-	58	347	9	5
1960	-	-	-	-	-	524	608	80	4
1961	-	-	-	-	-	829	521	29	1
1962	-	-	-	-	30	526	256	16	0
1963	-	-	-	62	8	972	305	35	1
1964	-	-	91	5	17	327	715	34	0
1965	-	266	3	52	1	622	308	5	1
1966	1,270	461	1	13	17	97	155	32	1
1967	3,607	964	78	23	24	416	311	35	0
1968	2,300	371	48	14	18	290	258	7	-
1969	2,970	378	2	18	16	14	711	-	0
1970	1,938	443	15	4	3	467	-	2	0
1971	3,316	682	20	12	29	-	589	1	>0
1972	498	124	28	115	26	609	440	2	24
1973	4,875	1,403	46	61	95	51	722	172	21
1974	3,953	676	96	44	10	260	150	21	8
1975	1,277	222	61	14	28	488	250	7	>0
1976	1,784	698	151	38	7	55	81	>0	0
1977	2,542	478	98	76	84	508	539	1	>0
1978	5,091	1,452	119	584	99	78	284	11	1
1979	2,088	611	180	64	56	48	70	2	>0
1980	2,810	605	200	54	15	4	120	6	1
1981	1,975	785	139	21	75	249	62	6	0
1982	665	213	44	86	30	12	44	>0	>0
1983	1,362	421	49	123	-	33	315	5	>0
1984	2,417	757	61	-	-	76	388	6	>0
1985	2,046	760	-	-	-	22	74	21	>0
1986	1,470	-	-	-	-	7	45	6	1
1987	-	-	-	-	-	34	40	8	>0
1988	-	-	-	-	-	45	78	1	-
1989	-	-	-	-	-	5	8	-	-
1990	-	-	-	-	-	52	-	-	-

**TABLE 27.** Weights, in kilograms, of bluefin tuna used for cohort analyses. The estimates were obtained from the growth-in-length and weight-length equations in Table 13 of the IATTC Annual Report for 1993.

**TABLA 27.** Pesos, en kilogramos, de atún aleta azul usados para los análisis de cohortes. Se calcularon las estimaciones con las ecuaciones de crecimiento en peso y longitud-peso en la Tabla 13 del Informe Anual de la CIAT de 1993.

Quarter Trimestre	Age 0 Edad 0	Age 1 Edad 1	Age 2 Edad 2	Age 3 Edad 3	Age 4 Edad 4	Age 5 Edad 5
1	0.000	3.604	9.647	21.991	41.518	69.655
2	0.000	4.252	12.104	26.082	47.603	78.075
3	0.345	5.694	14.996	30.739	54.385	80.276
4	1.966	7.516	18.298	35.898	61.759	82.525
Quarter Trimestre	Age 6 Edad 6	Age 7 Edad 7	Age 8 Edad 8	Age 9 Edad 9	Age 10 Edad 10	Age 11 Edad 11
1	84.789	94.270	104.406	115.216	126.719	138.935
2	87.067	96.708	107.008	117.987	129.664	142.059
3	89.436	99.241	109.710	120.864	132.720	145.298
4	91.846	101.816	112.456	123.785	135.821	148.584
Quarter Trimestre	Age 12 Edad 12	Age 13 Edad 13	Age 14 Edad 14	Age 15 Edad 15	Age 16 Edad 16	
1	151.882	165.579	180.044	195.297	211.355	
2	155.189	169.073	183.732	199.181	215.441	
3	158.617	172.694	187.55	203.02	219.669	
4	162.092	176.365	191.419	207.275	223.951	

**TABLE 28.** Estimates of the natural mortality of bluefin used for the cohort analyses.

**TABLA 28.** Estimaciones de la mortalidad natural del aleta azul usadas para los análisis de cohortes.

Vector	Age 0 —Edad 0	Age 1 —Edad 1	Age 2 —Edad 2	Age >2 —Edad >0
1	0.20	0.20	.020	0.20
2	0.35	0.30	0.25	0.20
3	0.50	0.40	0.30	0.20
4	0.30	0.30	0.30	0.30
5	0.45	0.40	0.35	0.30
6	0.60	0.50	0.40	0.30

**TABLE 29.** Correlations for various combinations of catches of northern bluefin. WPO and EPO stand for western Pacific Ocean and eastern Pacific Ocean, respectively.**TABLA 29.** Correlaciones para varias combinaciones de capturas de aleta azul del norte. WPO = Océano Pacífico occidental; EPO = Océano Pacífico oriental.

	Correlation	Degrees of freedom	r
	Correlación	Grados de libertad	r
1.	WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.157
2.	WPO, age 0, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.442
3.	WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.390
4.	WPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	18	0.175
5.	WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 1	18	-0.322
6.	WPO, age 2, <i>versus</i> EPO, age 2	18	-0.460*
7.	EPO, age 1, <i>versus</i> EPO, age 2	35	0.458*
8.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 1	18	0.843**
9.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO, age 2	17	0.174
10.	WPO, age 1, <i>versus</i> WPO, age 2	18	0.344
11.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 1	17	0.757**
12.	WPO, age 0, <i>versus</i> WPO + EPO, age 2	16	0.511*
13.	EPO, age 2, <i>versus</i> WPO, age 0, and WPO, age 2	15	0.746**

\* significant at the 5-percent level—significativo al nivel de 5%

\*\* significant at the 1-percent level—significativo al nivel de 1%

**TABLE 30.** Pacific Ocean and world catches of swordfish, in metric tons.**TABLA 30.** Capturas de pez espada en el Océano Pacífico y mundiales, en toneladas métricas.

Year	Chile	Japan	Mexico	Philippines	Republic of China	USA	Other Pacific	Total Pacific	World
Año	Chile	Japón	México	Filipinas	República de China	EUA	Otros Pacifico	Pacific total	Mundial
1971	200	10,400	-	1,500	1,033	100	400	13,433	26,742
1972	100	10,400	2	1,600	1,005	100	700	13,807	28,167
1973	400	11,100	4	1,700	1,987	300	2,300	17,391	31,983
1974	218	10,498	6	1,848	1,116	295	688	14,451	29,664
1975	137	12,361	-	1,976	1,239	393	295	16,264	31,918
1976	13	15,843	-	1,558	856	39	752	19,048	33,888
1977	32	13,997	-	2,103	902	220	717	17,939	33,357
1978	56	14,333	-	890	779	1,009	690	17,701	38,478
1979	40	13,091	7	3,845	1,060	249	593	18,845	39,368
1980	104	11,953	380	1,716	1,459	489	649	16,646	40,418
1981	294	13,078	1,575	1,940	909	443	642	18,587	39,878
1982	285	11,350	1,365	3,468	1,107	726	633	18,649	43,716
1983	342	12,511	120	2,974	1,268	1,195	702	18,770	46,587
1984	103	11,986	47	2,274	1,387	2,009	455	18,158	53,517
1985	342	13,083	18	2,036	1,429	2,370	490	19,426	59,121
1986	764	14,271	422	2,089	1,357	1,585	834	20,558	61,036
1987	2,059	14,867	550	2,137	744	1,221	2,243	21,762	67,045
1988	4,455	15,496	613	4,034	640	1,086	4,694	26,563	81,180
1989	5,824	12,367	690	3,756	2,810	588	6,082	26,293	79,109
1990	4,955	11,341	2,650	3,187	3,247	2,150	5,395	27,970	75,522
1991	7,255	9,936	861	3,139	208	4,597	7,749	26,490	67,870
1992	6,379	15,619	1,160	4,256	800	5,948	6,841	34,624	81,568
1993	4,712	14,073	806	4,633	1,327	6,981	4,878	32,698	85,954
1994	3,801	13,530	349	3,641	2,942	4,490	3,918	28,870	84,555
1995	2,594	12,532	411	4,202	7,712	3,431	2,981	31,269	89,232



**TABLE 31.** Catches of swordfish, in metric tons, in the eastern Pacific Ocean.  
**TABLA 31.** Capturas de pez espada, en toneladas métricas, en el Océano Pacífico.

Year	Chile	Colombia	Costa Rica	Ecuador	Japan	Mexico	Peru	Republic of China	Republic of Korea	USA	Total
Año	Chile	Colombia	Costa Rica	Ecuador	Japón	México	Perú	República de China	República de Corea	EUA	Total
1971	200	(1)	(1)	(1)	2,152	-	200	(1)	(1)	96	2,648
1972	100	(1)	(1)	(1)	2,292	2	600	(1)	(1)	160	3,153
1973	400	(1)	(1)	(1)	3,682	4	1,900	(1)	(1)	379	6,366
1974	218	(1)	(1)	(1)	2,017	6	470	(1)	(1)	439	3,150
1975	137	(1)	(1)	(1)	2,357	-	158	(1)	9	539	3,200
1976	13	(1)	(1)	(1)	3,885	-	295	5	33	60	4,291
1977	32	(1)	(1)	(1)	5,708	-	420	11	44	399	6,615
1978	56	(1)	(1)	(1)	5,056	-	436	82	44	1,747	7,420
1979	40	(1)	(1)	(1)	3,523	7	188	20	24	243	4,045
1980	104	(1)	(1)	(1)	4,434	380	216	46	75	706	5,962
1981	294	(1)	(1)	(1)	4,536	1,575	91	38	239	669	7,441
1982	285	(1)	(1)	(1)	3,704	1,365	154	19	143	946	6,617
1983	342	(1)	(1)	(1)	3,627	120	225	5	74	1,468	5,862
1984	103	(1)	(1)	(1)	2,351	47	298	6	58	2,830	5,694
1985	342	(1)	(1)	(1)	1,911	18	92	6	96	3,048	5,514
1986	764	(1)	(1)	(1)	3,629	422	33	8	269	2,144	7,269
1987	2,059	(1)	(1)	(1)	4,587	550	62	13	269	1,598	9,137
1988	4,455	(1)	(1)	(1)	3,710	613	129	32	169	1,560	10,668
1989	5,824	(1)	(1)	(1)	2,718	690	83	46	161	1,590	11,112
1990	4,955	(1)	(1)	352	2,916	2,650	2	15	672	1,460	13,021
1991	7,255	29	107	350	3,045	861	3	10	916	1,440	14,016
1992	6,379	-	27	350	2,781	1,160	21	242	337	1,622	12,919
1993	4,712	-	19	33	2,930	806	19	15	(2)	1,452	9,985
1994	3,801	-	28	(2)	2,734	349	5	55	(2)	1,315	8,286
1995	2,594	-	29	222	2,172	411	-	40	(2)	1,486	6,955
1996	1,819	(2)	61 <sup>(3)</sup>	(2)	2,100	396	(2)	(2)	(2)	1,087	5,463

(1) data not available—datos no disponibles

(2) data not yet received—datos todavía no recibidos

(3) catch through May 1996—capturas hasta fin de mayo de 1996

**TABLE 32.** Sampling coverage of the IATTC and Mexican programs during 1996 of trips by Class-6 vessels of (capacity >400 short tons (>363 metric tons)) and by Class-5 vessels (capacity 301-400 short tons (273-363 metric tons)).

**TABLA 32.** Cobertura de muestreo de los programas de la CIAT y México en 1996 de viajes de barcos de las clases 6 (capacidad >400 toneladas cortas (>363 toneladas métricas)) y 5 (capacidad 301-400 toneladas cortas (273-363 toneladas métricas)).

National fleet	Number of trips	Trips sampled by program			Percent sampled
		IATTC	Mexico	Total	
Flota nacional	Número de viajes	Viajes muestreados por programa			Porcentaje muestreado
		CIAT	México	Total	
CLASS 6—CLASE 6					
Belize—Belice	14	14	-	14	100.0
Colombia	36	36	-	36	100.0
Costa Rica	2	2	-	2	100.0
Ecuador <sup>1</sup>	116	116	-	116	100.0
Fed. States Micronesia	1	1	-	1	100.0
Honduras	3	3	-	3	100.0
Liberia	1	1	-	1	100.0
México	242	121	121	242	100.0
Panamá	9	9	-	9	100.0
USA—EE.UU.	30	30	-	30	100.0
Vanuatu	51	51	-	51	100.0
Venezuela	104	104	-	104	100.0
Total	609	488 <sup>2</sup>	121 <sup>3</sup>	609 <sup>4</sup>	100.0
CLASS 5 WITH DMLS—CLASE 5 CON LMD					
Colombia	10	10	-	10	100.0
Ecuador	8	8	-	8	100.0
Total	18	18	-	18	100.0

<sup>1</sup> Includes one Belize-flag, one Cyprus-flag, and two Spanish-flag vessels under the jurisdiction of Ecuador

<sup>1</sup> Incluye un barco de bandera de Belice, uno de bandera de Chipre, y dos de bandera española bajo jurisdicción de Ecuador

<sup>2</sup> Includes 43 trips which departed in late 1995 and ended in 1996, and 445 trips which departed in 1996

<sup>2</sup> Incluye 43 viajes iniciados a fines de 1995 y terminados en 1996, y 445 viajes iniciados durante 1996

<sup>3</sup> Includes 4 trips which departed in late 1995 and ended in 1996, and 117 trips which departed in 1996

<sup>3</sup> Incluye 4 viajes iniciados a fines de 1995 y terminados en 1996, y 117 viajes iniciados durante 1996

<sup>4</sup> Includes 47 trips which departed in late 1995 and ended in 1996, and 562 trips which departed in 1996

<sup>4</sup> Incluye 47 viajes iniciados a fines de 1995 y terminados en 1996, y 562 viajes iniciados durante 1996

**TABLE 33.** Training courses held for observers during 1996.

**TABLA 33.** Cursos de capacitación de observadores celebrados durante 1996.

Date	Location	Number of attendees
Fecha	Sede	Número de asistentes
July 1-17	Manta, Ecuador	16
August 6-23	Ensenada, B.C., México	13
October 29-November 13	Santa Marta, Colombia	15
Total (3 courses—cursos)		44

**TABLE 34.** Incidental mortality of dolphins during 1996.  
**TABLA 34.** Mortalidad incidental de delfines durante 1996.

Stock	Mortality—Mortalidad
Offshore spotted—manchado de altamar	
Northeastern—nororiental	818
Western and southern—occidental y sureño	545
Spinner—tornillo	
Eastern—oriental <sup>1</sup>	450
Whitebelly—panza blanca <sup>1</sup>	447
Common dolphin—delfin común	
Northern—norteño	77
Central	51
Southern—sureño	30
Other dolphins—Otros delfines <sup>2</sup>	129
Total	2,547

<sup>1</sup> Unidentified spinner dolphins are prorated. The total for whitebelly spinners includes 2 unidentified spinner dolphins.

<sup>1</sup> Los delfines tornillo no identificados son prorrateados. El total correspondiente a los delfines tornillo panza blanca incluye 2 delfines tornillo no identificados.

<sup>2</sup> "Other dolphins" includes the following species and stocks, whose observed mortalities are as follows: striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*), 5; bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), 11; Central American spinner dolphins (*Stenella longirostris centroamericana*), 11; unidentified dolphins, 102.

<sup>2</sup> "Otros delfines" incluye las siguientes especies y stocks, con las mortalidades observadas correspondientes: delfines listados (*Stenella coeruleoalba*), 5; tursiones (*Tursiops truncatus*), 11; delfines tornillos centroamericanos (*Stenella longirostris centroamericana*), 11; delfines no identificados, 102.

**TABLE 35.** Searching effort and numbers of sightings of dolphins during 1996.  
**TABLA 35.** Esfuerzo de búsqueda y número de avistamientos de delfines en 1996.

Species and stock	Number of sightings	Area of the stock (thousands of nm <sup>2</sup> )	Searching effort (thousands of nm)
Especie y stock	Número de avistamientos	Area del stock (miles de mn <sup>2</sup> )	Esfuerzo de búsqueda (miles de mn)
Offshore spotted—Manchado de altamar			
Northeastern—Nororiental	3,071	1658.3	296.7
Western and southern—Occidental y sureño	863	3552.8	197.0
Combined—Combinado	3,934	5211.1	493.6
Spinner—Tornillo			
Eastern—Oriental	1,113	2267.1	394.6
Whitebelly—Panza blanca	419	4194.9	341.2
Common—Común			
Northern—Norteño	32	615.3	92.0
Central	182	2186.8	288.8
Southern—Sureño	69	842.4	78.9

**TABLE 36.** Indices of relative abundance of dolphins for 1996. The standard errors obtained by bootstrapping are enclosed in parentheses. The prorated estimates include unidentified spinner dolphins.

**TABLA 36.** Indices de la abundancia relativa de delfines en 1996. Los valores en paréntesis son los errores estándar obtenidos con el método de *bootstrap*. Se obtuvieron las estimaciones en la última columna prorrateando los delfines tornillo no identificados entre los stocks oriental y panza blanca de la especie.

Species and stock	Effective half- width of strip (nm)	Encounter rate (herds per 1000 mn)	Average herd size	Number of herds	Number of dolphins (thousands)
Especie y stock	Medio ancho efectivo de la banda (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1000 mn)	Tamaño promedio de manada	Número de manadas	Número de delfines (miles)
Offshore spotted—Manchado de altamar					
Northeastern—Nororiental	4.05 (0.18)	9.18 (0.33)	484.6 (15.9)	1,877 (106)	910 (56)
Western and southern—Occidental y sureño	3.94 (0.21)	4.50 (0.52)	646.6 (61.4)	2,033 (273)	1,315 (221)
Combined—Combinados	3.99 (0.26)	5.94 (0.38)	585.3 (31.5)	3,883 (323)	2,273 (216)
Spinner—Tornillo					
Eastern—Oriental	3.95 (0.22)	2.99 (0.17)	332.0 (33.8)	859 (78)	285 (42)
Prorated—Prorratedos					483 (139)
Whitebelly—Panza blanca	3.92 (0.37)	2.58 (0.55)	283.9 (35.0)	1,381 (305)	392 (116)
Prorated—Prorratedos					664 (170)
Total (prorated)—Total (prorratedo)	3.68 (0.24)	4.01 (0.56)	415.0 (45.2)	2,761 (423)	1,146 (247)
Common—Común					
Northern—Norteño	2.18 (0.33)	0.34 (0.08)	692.2 (186.7)	49 (13)	34 (12)
Central	2.23 (0.46)	0.41 (0.05)	347.0 (48.9)	200 (53)	69 (17)
Southern—Sureño	1.78 (0.24)	0.87 (0.19)	512.3 (115.1)	207 (56)	106 (32)

TABLE 37. Coverage of the bycatch data base.

TABLA 37. Cobertura de la base de datos de capturas incidentales.

Year	Set type	Sets		Percent coverage
		Total	In data base	
Año	Tipo de lance	Lances		Porcentaje de cobertura
		Total	En base de datos	
1993	dolphin—delfin	6,953	2,865	41.2
	free-swimming—no asociado	6,267	3,257	52.0
	floating object—objeto flotante	2,063	955	46.3
	total	15,283	7,077	46.3
1994	dolphin—delfin	7,804	5,280	67.7
	free-swimming—no asociado	5,070	3,270	64.5
	floating object—objeto flotante	2,770	2,341	84.5
	total	15,644	10,891	69.6
1995	dolphin—delfin	7,187	5,583	77.7
	free-swimming—no asociado	5,124	3,360	65.6
	floating object—objeto flotante	3,568	3,249	91.1
	total	15,879	12,192	76.8
1996	dolphin—delfin	7,483	5,842	78.1
	free-swimming—no asociado	5,387	3,225	59.9
	floating object—objeto flotante	4,160	4,062	97.6
	total	17,030	13,129	77.1

TABLE 38. Estimated discards of commercially-important tunas, in metric tons.

TABLA 38. Descartes estimados de atunes de importancia comercial, en toneladas métricas.

Year	Species	Set type			Total
		Dolphin	Free-swimming	Floating object	
Año	Especie	Tipo de lance			Total
		Delfin	No asociado	Objeto flotante	
1993	yellowfin—aleta amarilla	378	2,183	3,632	6,193
	skipjack—barrilete	118	1,486	14,988	16,592
	bigeye—patudo	0	21	498	519
	black skipjack—barrilete negro	0	100	1,509	1,609
	total	496	3,790	20,626	24,913
1994	yellowfin—aleta amarilla	832	671	3,975	5,477
	skipjack—barrilete	35	1,250	11,948	13,233
	bigeye—patudo	1	62	1,897	1,960
	black skipjack—barrilete negro	0	273	1,668	1,940
	total	868	2,256	19,488	22,610
1995	yellowfin—aleta amarilla	2,405	268	3,149	5,822
	skipjack—barrilete	383	2,114	21,150	23,647
	bigeye—patudo	0	16	2,742	2,758
	black skipjack—barrilete negro	188	2,175	2,020	4,383
	total	2,976	4,573	29,061	36,610
1996	yellowfin—aleta amarilla	1,162	1,242	5,679	8,083
	skipjack—barrilete	194	1,307	28,899	30,400
	bigeye—patudo	0	33	4,591	4,623
	black skipjack—barrilete negro	171	724	13,423	14,317
	total	1,527	3,306	52,592	57,423

**TABLE 39.** Estimated discards of animals other than commercially-important tunas, in numbers of individuals.**TABLA 39.** Descartes estimados de organismos aparte de atunes de importancia comercial, en número de individuos.

Year	Species	Set type			Total
		Dolphin	Free-swimming	Floating object	
Año	Especie	Tipo de lance			Total
		Delfin	No asociado	Objeto flotante	Total
1993	dolphins—delfines	3,601			3,601
	billfishes—peces de pico	254	511	651	1,416
	mahi mahi—dorado	134	10,889	132,344	143,366
	wahoo—peto	28	4,462	23,635	28,125
	rainbow runner—salmón	2	29	6,250	6,281
	yellowtail—jurel	30	9,957	4,217	14,204
	other large teleost fish—otros peces				
	teleósteos grandes	3	202	8,066	8,271
	bullet tuna—melvas	2	188	1,733	1,922
	trigger fish—peces ballesta	0	902	409,360	410,262
	other small teleost fish—				
	otros peces teleósteos pequeños	12,220	8,393	436,824	457,437
	sharks and rays—tiburones y rayas	1,746	11,771	17,354	30,871
sea turtles—tortugas marinas	24	75	41	140	
1994	dolphins—delfines	4,095			4,095
	billfishes—peces de pico	344	527	1,153	2,024
	mahi mahi—dorado	68	6,714	610,073	616,855
	wahoo—peto	118	550	377,409	378,077
	rainbow runner—salmón	1	31	9,352	9,384
	yellowtail—jurel	3,820	1,490	10,637	15,947
	other large teleost fish—				
	otros peces teleósteos grandes	39	12,257	3,317	15,613
	bullet tuna—melvas	2	213	337	552
	trigger fish—peces ballesta	282	1,217	320,995	322,494
	other small teleost fish—				
	otros peces teleósteos pequeños	12,812	132,545	324,368	469,725
	sharks and rays—tiburones y rayas	1,909	13,486	24,662	40,057
sea turtles—tortugas marinas	59	22	43	124	
1995	dolphins—delfines	3,274			3,274
	billfishes—peces de pico	517	532	1,149	2,198
	mahi mahi—dorado	382	16,247	471,828	488,457
	wahoo—peto	81	196	227,618	227,895
	rainbow runner—salmón	7	12	8,732	8,751
	yellowtail—jurel	0	6,817	13,083	19,900
	other large teleost fish—				
	otros peces teleósteos grandes	8	7,722	1,996	9,726
	bullet tuna—melvas	5	103	418	527
	trigger fish—peces ballesta	1,105	9,816	737,377	748,298
	other small teleost fish—				
	otros peces teleósteos pequeños	28,142	34,230	1,733,987	1,796,359
	sharks and rays—tiburones y rayas	6,322	6,444	29,941	42,707
sea turtles—tortugas marinas	26	17	88	131	
1996	dolphins—delfines	2,547			2,547
	billfishes—peces de pico	646	440	1,384	2,470
	mahi mahi—dorado	343	5,519	607,092	612,954
	wahoo—peto	16	222	152,480	152,718
	rainbow runner—salmón	1	7,350	25,812	33,163
	yellowtail—jurel	0	94,258	14,758	109,016
	other large teleost fish—				
	otros peces teleósteos grandes	11	48,884	7,475	56,370
	bullet tuna—melvas	24	282	749	1,056
	trigger fish—peces ballesta	1,498	3,425	373,601	378,524
	other small teleost fish—				
	otros peces teleósteos pequeños	86,376	46,588	314,818	447,783
	sharks and rays—tiburones y rayas	5,209	5,531	35,586	46,326
sea turtles—tortugas marinas	17	17	74	108	

## INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1996

### INTRODUCCION

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) 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 y especies afines 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, Francia y Nicaragua en 1973, Vanuatu en 1990, y Venezuela en 1992. Ecuador se retiró de la CIAT en 1968, México en 1978, y Canadá en 1984.

La CIAT cumple su mandato mediante dos programas, el Programa Atún-Picudo y el Programa Atún-Delfín. Las responsabilidades principales del primero son (1) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para evaluar 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 las capturas máximas sostenibles. Las responsabilidades principales del Programa Atún-Delfín son (1) controlar la abundancia de las poblaciones de delfines y su mortalidad incidental a la pesca, mediante la toma de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco pescando en el Pacífico oriental, (2) analizar esta información y formular recomendaciones apropiadas para la conservación de los delfines, (3) estudiar las causas de la mortalidad de delfines en las maniobras de pesca e instar a los pescadores a adoptar aquellas técnicas de pesca que minimicen esa mortalidad, y (4) estudiar los efectos de las distintas modalidades de pesca sobre los varios peces y demás animales del ecosistema pelágico.

Para llevar a cabo estas misiones, la CIAT realiza una amplia investigación en el mar, en los puertos donde se desembarca el atún, y en sus laboratorios. Estos estudios son llevados a cabo por un equipo internacional permanente de investigadores y técnicos (Anexo 1), seleccionados por el Director, quien responde directamente ante la Comisión.

El programa científico se encuentra en su 46° año. Los resultados de las investigaciones del personal de la CIAT son publicados en la serie de Boletines de la CIAT en inglés y español, los dos idiomas oficiales, en su serie de Informes Especiales, y en libros, revistas científicas externas, y revistas comerciales. En un Informe Anual, asimismo bilingüe, se describen las actividades realizadas en el año en cuestión.

## REUNIONES DE LA COMISION

El Convenio de la CIAT estipula que la Comisión se reúna al menos una vez al año. Adicionalmente, casi siempre se celebran en conjunto con las reuniones de la CIAT reuniones intergubernamentales, en las cuales participan representantes de gobiernos miembros y no miembros interesados en las pesquerías de atunes tropicales del Océano Pacífico oriental. El Acuerdo para la Conservación de Delfines, o Acuerdo de La Jolla, adoptado en la 24ª reunión intergubernamental, celebrada en junio de 1992, estableció dos grupos de trabajo permanentes, el Panel Internacional de Revisión y el Consejo Científico Asesor. (Se presenta el texto de dicho Acuerdo en el Anexo 2 del Informe Anual de la CIAT de 1992.) En la sección siguiente se resume lo ocurrido en las reuniones de la CIAT, el Panel de Revisión, e intergubernamentales celebradas en 1996.

### 57ª REUNION DE LA CIAT

La CIAT celebró su 57ª reunión en La Jolla, California (EE.UU.) del 21 al 23 de octubre de 1996, bajo la presidencia del Sr. Brian Hallman, de Estados Unidos. Asistieron representantes de siete gobiernos miembros, más observadores de Canadá, Colombia, Ecuador, El Salvador, España, México, la República de China, la Federación Rusa, la Comunidad Europea, la Comisión Ballenera Internacional, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, Great Lakes Fishery Commission, la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), American Cetacean Society, Center for Marine Conservation, Earth Island Institute, Fishermen's Coalition, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza, Greenpeace International, Humane Society International, la Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio, y Whale and Dolphin Conservation Society.

Se adoptó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Revisión de la investigación atunera actual
4. El año pesquero 1995
5. Condición de los stocks de atunes
6. Revisión del programa atún-delfín: investigaciones y extensión
7. Revisión del Programa Internacional de Conservación de Delfines
8. Recomendaciones y resoluciones para 1996
9. Programa de investigación y presupuesto recomendado para el AF 1997-1998
10. Fecha y sede de la próxima reunión
11. Nombramiento de funcionarios
12. Otros asuntos
  - a) Declaración y Plan de Acción de Kyoto
  - b) Otros temas
13. Clausura

Se suspendió la reunión de la CIAT el 21 de octubre y se convocó una reunión intergubernamental, a la que asistieron todos los representantes nacionales presentes en la reunión de la CIAT, en calidad de participantes u observadores. El tema principal de esta reunión era el Programa Internacional para la Conservación de Delfines (establecido por el Acuerdo para la Conservación de Delfines) y la implementación de la Declaración de Panamá (Informe Anual de la CIAT de 1995: Anexo 3). Los representantes de varios gobiernos y organizaciones intervinieron



con respecto al segundo. El representante de México leyó una declaración, presentada en el Anexo 2 de este informe, en la cual anunció que México suspendería su participación en el Programa, pero que esto no era lo mismo que retirarse por completo, y que México siempre “actuará de manera consistente con los estándares ambientales internacionalmente aceptados.” En el Anexo 3 se presenta el texto de una declaración conjunta presentada por el representante de Colombia en nombre de los gobiernos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.

Tras clausurarse la reunión intergubernamental, se reanudó la reunión de la CIAT el día 22 de octubre.

El personal de la CIAT recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 235.000 toneladas cortas en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA) durante 1996, con la opción de aumentar este límite, a discreción del Director, por hasta tres incrementos de 20.000 toneladas cada uno. En el Documento N° 2 preparado para la reunión, disponible de la CIAT a petición, se explican los motivos de esta recomendación.

Se tomaron las siguientes acciones:

(1) Se aprobó una resolución en borrador preparada por el personal de la CIAT sobre la conservación del aleta amarilla. El texto de la resolución reza como sigue:

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

*Observa* que el recurso de atún aleta amarilla en el Pacífico oriental 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 a altos niveles de abundancia, y

*Nota* que de 1980 a 1995, con la excepción de 1987, a pesar de no haberse establecido programas de conservación, el personal científico de la Comisión recomendó medidas de conservación a los Comisionados, quienes a su vez aprobaron dichas medidas para recomendación a sus gobiernos respectivos, y

*Observa* que, a pesar de que el stock de aleta amarilla está en un nivel de abundancia por encima del óptimo, es posible sobreexplotarlo,

*Concluye* que, si las condiciones lo justifican, se debería instrumentar una limitación de la captura de aleta amarilla en 1996.

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por lo tanto a las Altas Partes Contratantes* que se establezca para el año civil 1996 una cuota de 235,000 toneladas cortas sobre la captura total del atún aleta amarilla del ARCAA (definida 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 tres 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 trabajen con diligencia por lograr el cumplimiento de este programa de conservación del atún aleta amarilla en 1996.

(2) La Comisión aprobó un presupuesto de US\$ 4,547.388 (cantidad que no incluye los aportes para sufragar los gastos de asignar observadores a los barcos) para el año fiscal 1997-1998.

(3) La Comisión respaldó la Declaración y Plan de Acción de Kyoto sobre la Contribución Sostenible de la Pesca a la Seguridad Alimentaria.

(4) La Comisión acordó que celebraría su próxima reunión en San José de Costa Rica en junio de 1997, y que un representante de Costa Rica presidiría la reunión.

### **11ª REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION**

La 11ª reunión del Panel Internacional de Revisión tuvo lugar en Ensenada, México, el 25 y 26 de enero de 1996. Presidió el Lic. Carlos Camacho Gaos, de México, y asistieron representantes de Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México, Vanuatu, Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, United States Tuna Foundation, Greenpeace International, y la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero. Miembros del personal del Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines de México brindaron apoyo logístico.

La agenda fue la siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Elección del Coordinador
3. Aprobación de la agenda
4. Aprobación de las actas de la 10ª Reunión del Panel
5. Descripción e ilustración del nuevo procedimiento de formar la bolsa
6. Información sobre alternativas de rescate que podrían ser usadas antes del retroceso
7. Repaso de los datos de los observadores
8. Procedimientos propuestos para tratar los lances con problemas especiales
9. Acciones tomadas para mejorar el alojamiento de los observadores a bordo de los barcos
10. Análisis de las tasas de mortalidad en lances sobre manadas grandes de delfines
11. Seguimiento de las infracciones relacionadas con la interferencia a observadores presentadas anteriormente al Panel
12. Límites de Mortalidad de Delfines:
  - a) Repaso de los LMD de 1995
  - b) LMD para 1996
13. Estado de las condiciones de empleo de los observadores
14. Fecha y sede de la próxima reunión
15. Otros asuntos
16. Clausura

Se puede conseguir de la CIAT el Informe Anual del Panel para 1996, en el cual se detalla lo ocurrido en esta reunión.

### **12ª REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION**

La 12ª reunión del Panel tuvo lugar en La Jolla, California (EE.UU.), el 28 y 29 de agosto de 1996. El Embajador Jean-François Pulvenis, de Venezuela, presidió la reunión, a la que asistieron representantes de Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México, Vanuatu, Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza, y la Red Mexicana de Acción Frente de Libre Comercio.

La agenda fue la siguiente:

1. Apertura de la reunión

2. Elección del Coordinador
3. Aprobación de la agenda
4. Aprobación de las actas de la 11ª Reunión del Panel
5. Límites de Mortalidad de Delfines:
  - a. Repaso de los LMD de 1996
  - b. LMD para el segundo semestre de 1996
6. Repaso de los datos de los observadores
7. Informe Anual de 1995
8. Información sobre alternativas de rescate que podrían ser usadas antes del retroceso
  - a. Análisis de mortalidad con y sin buzos
  - b. "Línea Humana"
9. Acciones tomadas para mejorar el alojamiento de los observadores a bordo de los barcos
10. Análisis de las tasas de mortalidad en lances sobre manadas grandes de delfines
11. Mortalidad de mamíferos marinos por especie
12. Contribuciones por tonelaje
13. Estado de las condiciones de empleo de los observadores
14. Seguimiento del atún
15. Jurisdicción de los barcos en el programa
16. Procedimientos propuestos para tratar los lances con problemas especiales
17. Fecha y sede de la próxima reunión
18. Otros asuntos
19. Clausura

Se puede conseguir de la CIAT el Informe Anual del Panel para 1996, en el cual se detalla lo ocurrido en esta reunión.

### **13ª REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION**

La 13ª reunión del Panel Internacional de Revisión tuvo lugar en La Jolla, California (EE.UU.) el 19 y 21 de octubre de 1996. Presidió la Sra. Hilda Díaz Soltero, de Estados Unidos, y asistieron representantes de Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, Vanuatu, Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza, Greenpeace Internacional, y la Red Mexicana de Acción Frente al Libre Comercio.

Se adoptó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Elección del Coordinador
3. Aprobación de la agenda
4. Aprobación de las actas de la 12ª Reunión del Panel
5. Límites de Mortalidad de Delfines (LMD):
  - a) Repaso de los LMD de 1996
  - b) LMD para 1997
6. Repaso de los datos de los observadores
7. Procedimientos para tratar lances con problemas especiales
8. Tasas de mortalidad en lances con pocos delfines capturados y sin retroceso
9. Técnicas adecuadas para soltar la orza de proa en lugar de efectuar el retroceso
10. Fecha y sede de la próxima reunión
11. Otros asuntos
12. Clausura

Se puede conseguir de la CIAT el Informe Anual del Panel para 1996, en el cual se detalla lo ocurrido en esta reunión.

## **ADMINISTRACION**

### **PRESUPUESTO**

En su 51ª reunión, celebrada el 7 y 8 de junio de 1994 en Cumaná (Venezuela), la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto de US\$ 4.866.767 presentado por el Director para el año fiscal 1995-1996. Sin embargo, la cantidad aportada por los países miembros en dicho año fue US\$ 3.227.000, o US\$ 1.639.767 menos que la suma recomendada y aprobada para el presupuesto regular. Como consecuencia se tuvieron que limitar algunos proyectos programados. Además de su presupuesto regular, durante el año fiscal 1995-1996 la CIAT recibió US\$ 901.658 de armadores de barcos para sufragar los costos de proveer observadores para sus embarcaciones y US\$ 91.444 de otras fuentes, por ejemplo, organizaciones que contrataron a la CIAT para llevar a cabo investigaciones de varios tipos.

### **INFORME FINANCIERO**

El estado de cuentas de la Comisión para el año fiscal 1995-1996 fue comprobado por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 4 del presente informe se presentan las tablas compendiadas de su informe.

## **COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES**

Durante 1996 el equipo de investigadores de la CIAT continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones e instituciones de investigación universitarias, gubernamentales, y privadas a escala local, nacional, e internacional. Esta reciprocidad permite a los investigadores mantenerse al corriente de los avances más actuales en la investigación pesquera y oceanográfica a nivel mundial. A continuación se describen algunos aspectos de estas relaciones.

Las oficinas principales de la CIAT se encuentran situadas en los terrenos del Scripps Institution of Oceanography (SIO) 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. Los Dres. James Joseph y Richard B. Deriso son catedráticos del SIO, y el Dr. Deriso dirigió un curso de estudios y supervisó las investigaciones de algunos estudiantes en esa institución durante 1996. El Sr. Michael G. Hinton y la Srta. Cleridy E. Lennert cursaron estudios de postgraduado en el SIO en 1996.

Los Dres. Joseph y Deriso son también profesores de la Universidad de Washington en Seattle, Washington (EE.UU.), y el Dr. Joseph de la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (México). El Dr. Martín A. Hall es miembro de la cátedra de la Universidad de Columbia Británica en Vancouver (Canadá). Los Dres. Deriso, Hall, Michael G. Hinton, Robert J. Olson, y Michael D. Scott sirvieron en comités supervisores de las investigaciones de estudiantes de postgraduado en varias universidades durante 1996.

Durante muchos años se han mantenido relaciones cordiales y productivas con la Comisión para la Conservación del Atún Aleta Azul del Sur (CCSBT), la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT), la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la Comisión del Pacífico Sur, y otros organismos internacionales. Por ejemplo, el Sr. Alejandro Anganuzzi fue otorgado una excedencia durante 1996 para dirigir las actividades del Programa Indopacífico de Desarrollo y Ordenación del Atún (IPTP), que luego se convirtió en la Comisión del Océano Índico, en Colombo (Sri Lanka). Para promover los objetivos de la Asesoría Experta de la FAO sobre las Interacciones de las Pesquerías de Atún en el Océano Pacífico, la FAO está subvencionando dos estudios de simulación en computadora llevados a cabo por el personal de la CIAT. La FAO también proporcionó fondos para un taller mundial sobre el atún patudo, celebrado en las oficinas de la CIAT en La Jolla en noviembre de 1996. El Dr. Deriso sirvió de asesor para la CCSBT y la ICCAT.

Asimismo durante 1996, el personal de la CIAT continuó su estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con organismos similares de diversos países no afiliados. Los estudios del Sr. Forrest R. Miller de los efectos de las condiciones ambientales sobre la pesca atunera de superficie, descritos en la subsección titulada ***Oceanografía y ecología de los atunes***, son pagados principalmente por el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de EE.UU. El Dr. James Joseph fue miembro del Comité sobre Pesquerías del Consejo de Estudios Oceánicos de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, y el Dr. Richard B. Deriso fue Copresidente del Comité sobre Métodos de Evaluación de Stocks de Peces del Consejo Nacional de Investigación de EE.UU., miembro del Comité Científico y Estadístico del Consejo de Administración de Pesquerías del Pacífico Occidental de Estados Unidos y del Comité de Revisión del California Sea Grant, y asesor sobre la evaluación de los stocks de tiburones *Galeorhinus* para la Autoridad Pesquera y de Ordenación de Australia. El Dr. William H. Bayliff y el Sr. Patrick K. Tomlinson formaron parte de la junta editorial de *Investigaciones Marinas CICIMAR*, publicado por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional en La Paz (México), el Dr. Ashley J. Mullen fue Editor Asociado de *Natural Resource Modeling*, revista publicada por el Rocky Mountain Mathematics Consortium en asociación con la Resource Modeling Association, y el Dr. Michael D. Scott fue Editor Asociado de la revista *Marine Mammal Science*. El Dr. Scott fue también miembro del Pacific Scientific Review Group, responsable de revisar las normas de ordenación y programas de investigación de EE.UU. de los mamíferos marinos en el Océano Pacífico. El Sr. Kurt M. Schaefer participó en el Programa de Hawaii de Mercado de Atunes, patrocinado por el Programa de Investigación de Pesquerías Pelágicas en el Instituto Conjunto de Investigación Marina y Atmosférica del Colegio de Ciencias y Tecnología Oceánica y Terrestre de la Universidad de Hawaii en Manoa. El Sr. Felipe Galván Magaña, de CICIMAR y el Dr. Robert J. Olson, de la CIAT, continuaron su estudio conjunto de las interacciones tróficas del atún aleta amarilla, los delfines, y predadores asociados en el Océano Pacífico oriental, descrito en la página 238 del Informe Anual de 1995. El Sr. Vernon P. Scholey pasó seis semanas en el Japón estudiando métodos de cultivar atunes larvales, juveniles, y adultos y temas asociados en las Estaciones de Yaeyama (Isla Ishigaki, Prefectura de Okinawa) y Amami (Prefectura de Kagoshima) de la Japan Sea-Farming Association (JASFA), y en la Estación de Oshima (Prefectura de Wakayama) de la Universidad de Kinki, la Universidad de Shimonoseki (Prefectura de Yamaguchi), y el Instituto Nacional de Investigación de Acuicultura cerca de Shima Osobe (Prefectura de Mie). Sus gastos fueron sufragados por una beca otorgada por la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF). En la sección titulada ***Estudios del ciclo vital temprano*** se describe la participación de la CIAT en un proyecto conjunto de investigación con la OFCF y el gobierno de Panamá.

Desde 1977 los investigadores de la CIAT capacitan observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros sobre la abundancia, mortalidad, y otros aspectos de la biología de los

delfines. Además, estos observadores colectan contenidos estomacales y muestras de gónadas y otros tejidos de aleta amarilla, reúnen datos sobre las capturas incidentales de especies aparte de atunes y delfines, registran información sobre objetos flotantes y la flora y fauna con ellos asociadas, etcétera. Diversas organizaciones gubernamentales e instituciones educativas, así como representantes del sector industrial, han colaborado activamente en el entrenamiento y embarque de estos observadores. Datos reunidos por los programas de observadores de México y Estados Unidos son proporcionados al personal de la CIAT para análisis. (En febrero de 1996 EE.UU. dio fin a su programa de observadores, y desde entonces los barcos de EE.UU. capaces de realizar lances sobre delfines son acompañados por observadores de la CIAT.)

A través de los años, científicos y estudiantes de muchos países han realizado visitas de distintas duraciones a la oficina principal y el Laboratorio de Achotines de la CIAT, para informarse sobre métodos de investigación o utilizar las instalaciones y los datos de la CIAT para sus estudios. En la sección titulada **CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA** se enumeran aquéllos 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 de investigación. En marzo de 1996 el Dr. Martín A. Hall, invitado por varias organizaciones costarricenses, dirigió un curso en San José de Costa Rica sobre el problema atún-delfín. El Dr. Richard B. Deriso fue uno de los cuatro profesores de un curso de modelado de pesquerías, patrocinado por la American Institute of Fishery Research Biologists, en la Universidad Estatal de California en San Marcos en mayo de 1996.

El laboratorio de investigación de la CIAT en Achotines (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 investigadores de la CIAT han ayudado a científicos locales con proyectos de investigación fuera del campo de los túnidos, sobre los pargos (Lutjanidae), por ejemplo, analizados en la sección titulada **Estudios del recurso de pargo**.

Hacia fines de 1993, la OFCF, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT acordaron emprender un proyecto conjunto de cinco años de duración, subvencionado principalmente por la OFCF, en el Laboratorio de Achotines. El proyecto, cuya fase inicial comenzó en 1994, abarca la investigación de la viabilidad de criar atunes aleta amarilla adultos, pargos, y corvinas y especies afines (Sciaenidae) para suministrar larvas para la investigación, y la producción de organismos de alimento para sus larvas y juveniles. En la sección titulada **Estudios del ciclo vital temprano** se describe este proyecto.

A través de los años, técnicos de la CIAT han colectado muestras de tejido de atunes y peces picudos para usar en estudios de genética llevados a cabo por científicos de otras entidades. En 1996 fueron tomadas muestras de tejido de atunes patudo y peces vela para la División de Pesquerías del Commonwealth Scientific and Industrial Organization en Hobart (Australia), el Instituto Nacional de Investigación de Pesquerías de Ultramar (NRIFS) en Shimizu (Japón), el Laboratorio de Genética FISHTEC en la Universidad de Carolina del Sur en Columbia, Carolina del Sur (EE.UU.), el Instituto Rowett de Investigación en Aberdeen (Escocia), y el Instituto de Ciencias Marinas de Virginia del Colegio de William and Mary en Gloucester Point, Virginia (EE.UU.). (La CIAT brinda también apoyo económico a algunos de los estudios realizados en esta última institución.)

### CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA

La Dra. Kathryn Dickson, de la Universidad Estatal de California en Fullerton, pasó la mayor parte de enero en el Laboratorio de Achotines, donde prosiguió su estudio de la respirometría de los atunes, iniciado en 1995. El Sr. Koji Uosaki, del National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón), terminó una visita de un año en las oficinas principales de la CIAT en mayo de 1996. Trabajó con los investigadores de la CIAT en un análisis de la pesquería palangrera japonesa de atunes y peces picudos en el Océano Pacífico oriental durante el período de 1988-1992 y sobre varios otros aspectos de la biología del atún patudo y los peces picudos. El Dr. Alain Fonteneau, del Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) de Francia, permaneció en las oficinas de la CIAT en La Jolla durante casi todo 1996, llevando a cabo un estudio comparativo de los parámetros biológicos importantes de los atunes tropicales de varias partes del mundo. El Sr. Naozumi Miyabe, del NRIFSF, pasó dos semanas en La Jolla, trabajando sobre el atún patudo con varios miembros del personal de la CIAT. El Dr. François Marsac, también de ORSTOM, pasó dos semanas allí trabajando con el Dr. Fonteneau en preparativos para el Simposio sobre el Atún del 25º Aniversario de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, celebrado en las Islas Azores (Portugal) del 10 al 18 de junio de 1996. La Dra. Pilar Pallarés, del Instituto Español de Oceanografía, trabajó en las oficinas de la CIAT durante la mayor parte del segundo semestre de 1996, colaborando con el Dr. Fonteneau sobre (1) las interacciones entre pesquerías del atún aleta amarilla atún y la evaluación de los cambios en la potencia de pesca de barcos cerqueros en el Océano Atlántico en los 10 últimos años, y (2) una síntesis de información sobre el atún patudo del Atlántico para la reunión mundial sobre la especie celebrada en la Jolla en noviembre de 1996. Además, trabajó con científicos de la CIAT en la estandarización de los índices de abundancia de los atunes tropicales en el Océano Atlántico. La Srta. Zoraida Guerrero, estudiante en la Universidad de Panamá, pasó cinco semanas en el Laboratorio de Achotines, donde trabajó principalmente con el cultivo de algas y rotíferos. El Dr. Masato Iizawa, de la compañía Fisheries and Aquaculture International, Ltda., de Tokio (Japón), pasó seis semanas en dicho laboratorio en 1996. En la sección titulada *Estudios del ciclo vital temprano* se detalla el objetivo de su visita.

### OFICINAS REGIONALES

La CIAT mantiene oficinas regionales en Manta (Ecuador); Mayaguez, Puerto Rico, (EE.UU); Ensenada y Mazatlán (México); Panamá (República de Panamá); y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos de dichas oficinas obtienen datos 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 CIAT. Este trabajo se lleva a cabo no sólo en los puertos arriba nombrados, sino que también en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, visitados regularmente por el personal de las oficinas regionales.

La CIAT 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 es usado 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 reducir la incertidumbre en las evaluaciones de la condición de los diversos stocks de túnidos. En 1996 casi se completó la ampliación de las instalaciones del laboratorio para acomodar el proyecto conjunto, arriba descrito, de la Overseas Fishery Cooperation Foundation del Japón, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT. En la sección titulada *Estudios del ciclo vital temprano* se describe la labor realizada en el Laboratorio de Achotines.

## PUBLICACIONES

La publicación pronta y completa de los resultados de la investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la CIAT. 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 despertar el interés de otros investigadores en su labor. Para fines de 1996 el personal de la CIAT había publicado 141 boletines, 45 informes anuales, 8 informes especiales, 8 informes de datos, 8 libros, y 463 capítulos, trabajos, y artículos en libros y revistas externas. En el Anexo 5 del presente informe se detallan las contribuciones del equipo de investigadores publicadas durante 1996.

## PROGRAMA ATUN-PICUDO

### LA PESQUERIA

El área de interés principal para el personal de la CIAT es el Océano Pacífico oriental (OPO; Figura 1), definido para los propósitos de las estadísticas de captura y esfuerzo como la zona entre el litoral de las Américas y 150°W.

#### *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 aquí descrita incluye barcos que pescaron atunes aleta amarilla, barrilete, patudo, y aleta azul en el OPO durante el año entero o parte del mismo.

Se usan las estimaciones de capacidad de acarreo del barco suministradas por el armador o astillero a menos que los registros de descarga indiquen que sea conveniente revisarlas. Para los registros se clasifican los barcos de acuerdo a su capacidad en las siguientes clases: Clase 1, menos de 46 toneladas métricas (denominadas "toneladas" a secas de ahora en adelante)(51 toneladas cortas (TC); Clase 2, 46-91 toneladas (51-100 TC); Clase 3, 92-181 toneladas (101-200 TC); Clase 4, 182-272 toneladas (201-300 TC); Clase 5, 273-363 toneladas (301-400 TC); y Clase 6, más de 363 toneladas (400 TC). Con la excepción de los palangreros y las embarcaciones pequeñas misceláneas mencionadas 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 atunera en el OPO los barcos de carnada, que faenaban en las zonas costeras y cerca de islas de alta mar. Hacia fines de los años 50 y a principios de los 60, la mayoría de los barcos de carnada grandes fueron convertidos a arte



de cerco, y para 1961 este arte predominaba en la flota de superficie del OPO. Entre 1961 y 1991 el número de barcos de carnada se redujo de unos 95 a 20, nivel donde sigue hoy en día, y su capacidad total disminuyó de unas 9,5 mil a unas 1,5 mil toneladas. En el mismo período el número de cerqueros aumentó de 125 a 152, y su capacidad de 27 mil a 106 mil toneladas. Tanto el número como la capacidad alcanzaron su nivel máximo entre fines de la década de los 70 y principios de la de los 80, cuando llegó a haber 282 barcos, y la capacidad alcanzó 168 mil toneladas (Tabla 1).

La construcción de nuevos cerqueros de mayor tamaño, comenzada a mediados de los años 60, resultó en un aumento en la capacidad de la flota de 42 mil toneladas en 1966 a 167 mil en 1976. Entre 1977 y 1981 la capacidad permaneció bastante estable. Continuó la construcción de barcos nuevos durante este período, pero la capacidad adicional se vio compensada por pérdidas ocasionadas por barcos hundidos o que abandonaron la pesquería. A mediados de 1982 comenzó un evento mayor de El Niño, y persistió hasta fines de 1983. Las tasas de captura en el OPO fueron bajas durante 1978-1981 debido a la concentración del esfuerzo de pesca sobre peces pequeños, y la situación se vio agravada por el Niño, que hizo que los peces fueran menos vulnerables a la captura. En 1982 ocurrió una reducción de 16 mil toneladas en la capacidad total, 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 disminuían las tasas de captura en el OPO, y durante 1983 y 1984 la capacidad se redujo en 48 mil toneladas; en 1984 alcanzó el nivel más bajo desde 1971, unas 107 mil toneladas. No obstante, en 1985 aumentó a unas 120 mil toneladas, debido principalmente al regreso de barcos del Pacífico occidental, pero en 1986 volvió a reducirse ligeramente a unas 114 mil toneladas. Durante 1987 ingresaron a la flota varios barcos nuevos, y otros regresaron del Pacífico occidental al OPO a pescar, lo cual resultó en un aumento en la capacidad a unas 132 mil toneladas. Esta tendencia continuó en 1988, resultando en una capacidad total de 137 mil toneladas, la mayor desde 1982. En la primavera de 1990 la industria enlatadora de los Estados Unidos decidió no comprar más atún capturado en viajes en los cuales se realizaron lances sobre atunes asociados con delfines. Esto llevó a que muchas de las embarcaciones de bandera de Estados Unidos que pescaban en el OPO abandonaran el área y se fueran a pescar en el Atlántico o el Pacífico occidental. Las enlatadoras han continuado esta política, resultando en una mayor reducción en el número de barcos estadounidenses pescando en el OPO, y una disminución consecuente en la flota del OPO a 101 mil toneladas en 1992. Con la mayor participación de barcos de otras naciones en la pesquería, la capacidad ha aumentado progresivamente desde 1992, y en 1996 fue unas 116 mil toneladas.

En las Tablas 2a y 2b se presentan los datos finales de 1995 y preliminares de 1996 del número y capacidad de acarreo de los barcos de arte de superficie de la flota atunera del OPO. Predominaron barcos de bandera mexicana y venezolana. Desde 1987 la flota más grande ha sido la mexicana, con un 35% de la capacidad total en 1996, mientras que la venezolana formó el 17% del total. En 1990 la flota de los Estados Unidos incluía 29 cerqueros grandes, con una capacidad total de unas 27 mil toneladas, pero tras la adopción de la política "sin delfines" disminuyó a 13 barcos en 1991 y 8 en 1992, donde permaneció en 1993. Para fines de 1996 faenaban en el OPO solamente siete cerqueros grandes estadounidenses, con una capacidad total de unas 8 mil toneladas. La decisión de las enlatadoras estadounidenses no ha afectado significativamente el tamaño de las demás flotas nacionales faenando en el OPO, pero en los últimos años el número de lances sobre delfines se ha reducido moderadamente (ver la sección titulada **Capturas** y la Tabla 5).

La mayoría de la capacidad total de la flota atunera del OPO consiste de embarcaciones cerqueras de más de 363 toneladas de capacidad de acarreo; este tipo de barco respondió del 87% de la capacidad total faenando en el OPO en 1996.

En la Figura 2 se presentan los valores mensuales medios, mínimos, y máximos del tonelaje de capacidad en el mar (CEM) en el OPO durante 1981-1995, junto con aquellos de 1996. 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 1981-1995 para comparar con los de 1996 porque la reglamentación de la pesca en años anteriores resultó en distribuciones temporales del esfuerzo algo diferentes, a raíz de la restricción de la pesca del aleta amarilla en el Area de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA; Figura 2). En general, los valores de la CEM en 1996 son similares a los promedios de 1981-1995. Durante 1981-1996 un promedio del 51% de la capacidad de la flota de superficie estuvo en el mar cada mes; en 1996 el promedio fue de 53%. Por lo tanto, aunque la capacidad total de la flota en 1996 fue similar al mínimo histórico desde la introducción de los barcos cerqueros grandes, la proporción de la capacidad total de la flota en el mar fue mayor al promedio observado en los quince años anteriores. Los valores extremos de la CEM media mensual fueron el 38% observado en 1983-1984, durante y después del Niño de 1982-1983, y el 61% observado en 1989.

### **Capturas**

En la Tabla 3 se detallan las capturas anuales estimadas de las varias especies de atunes y especies afines descargadas por barcos de la flota atunera del OPO pescando con arte de superficie. En las Tablas 12, 13, y 25 se detallan las capturas de aleta amarilla, patudo, y aleta azul, respectivamente, realizadas en el OPO con artes subsuperficiales (palangre). Los datos de captura del barrilete son esencialmente completos, exceptuando solamente algunas capturas insignificativas realizadas por las pesquerías palangrera, deportiva, y artesanal. Se incluyen en las descargas capturas deportivas descargadas en California. En el caso del aleta azul, estas descargas han formado un componente cada vez más importante de las captura en los últimos años (Tabla 25).

No se impusieron restricciones sobre la pesca del atún en el OPO entre 1980 y 1994, aunque la reglamentación de aquellos cerqueros que dirigen su esfuerzo hacia atunes asociados con delfines afectó probablemente el modo de operación de esos barcos, especialmente a fines de los años 80 y principios de los 90. Se están realizando actualmente estudios que permitirán cuantificar este efecto, pero no se dispone todavía de resultados útiles, y por lo tanto se comparan los datos de 1996 con aquellos de 1981-1995. Tal como se comenta en la subsección anterior, durante 1982-1983 ocurrió un evento importante de El Niño que redujo la vulnerabilidad de los peces a la captura y el número de barcos en el OPO. El esfuerzo de pesca permaneció relativamente bajo durante 1984-1986.

En el ARCAA la captura anual media de aleta amarilla durante 1981-1995 fue 195 mil toneladas (rango: 82 a 267 mil) (Tabla 3), y la estimación preliminar de la captura en dicha área en 1996 es de 220 mil toneladas. Las cifras correspondientes para el área entre el límite del ARCAA y 150°W son 25 mil toneladas (rango: 12 a 47 mil) y 29 mil toneladas. La captura estimada de la especie en el OPO en 1996, 249 mil toneladas, es bien inferior al valor máximo de 289 mil toneladas registrado en 1989, pero un 13% superior al promedio de 1981-1995 de 221 mil toneladas.

Durante 1981-1995 la captura media anual de barrilete en el OPO fue 80 mil toneladas (rango: 50 a 139 mil). La estimación preliminar para 1996, 108 mil toneladas, es casi 35% superior al promedio de las capturas anuales de los últimos 15 años, superando a todas excepto las de 1981 (120 mil toneladas) y 1995 (139 mil toneladas).

Antes de 1994 la captura promedio de patudo en el OPO por artes de superficie fue alrededor de 4 mil toneladas (rango: <1 a 15 mil). Desde 1993 las capturas han aumentado cada

año, de 29 mil toneladas en 1994 a 37 mil en 1995, y luego a 52 mil en 1996. Estos aumentos resultaron del descubrimiento, hecho a principios de esta década, de que patudos asociados con objetos flotantes, pero a bastante profundidad, pueden ser detectados con equipo de sonar y capturados con red de cerco. Muchos de estos objetos flotantes son colocados en el agua por los pescadores para agregar peces.

El aleta amarilla, barrilete, y patudo forman la mayor parte de la captura total del OPO, pero el aleta azul, albacora, barrilete negro, bonito, y otras especies contribuyen también. La captura total de estas otras especies en el OPO fue unas 9 mil toneladas en 1996, igual al promedio de 1981-1995 (rango: 2 a 17 mil).

En la Tabla 4a se detallan las capturas en el OPO, clasificadas por bandera, y las descargas de atunes capturados con artes de superficie en el OPO, clasificadas por país, en 1995, y en la Tabla 4b las estimaciones preliminares correspondientes para 1996. Los datos de 1996 son preliminares. La captura estimada de todas las especies en el OPO en 1996 fue unas 419 mil toneladas, batiendo el récord anterior de 409 mil toneladas establecido en 1995. Barcos de México, Ecuador, Venezuela, y Vanuatu respondieron del 35, 17, 16, y 8%, respectivamente, de este total. Las descargas representan pescado descargado en el año civil, sin tener en cuenta el año de captura. El país de descarga es aquel en el cual el pescado fue descargado del barco pesquero o, en el caso de trasbordos, el que recibió el pescado transbordado. Datos de descarga preliminares (Tabla 4b) señalan que de las 421 mil toneladas descargadas en 1996, 141 mil (34%) fueron descargadas en Ecuador; le siguen México (120 mil toneladas; 29%) y Colombia (53 mil toneladas; 13%). Otros países con descargas importantes de atunes del OPO incluyeron Costa Rica (8%), Estados Unidos (5%), y Venezuela (5%). Es importante notar que cuando se disponga de información final los países a los que se asignan actualmente algunas descargas podrían cambiar debido a la exportación de pescado almacenado a procesadoras en otros países.

Los atunes son capturados con redes de cerco en tres tipos de cardúmenes: asociados con delfines, con objetos flotantes (tales como troncos de árboles), y no asociados con nada excepto otros peces. En la Tabla 5 se presentan datos del número de lances de cada tipo registrado, las capturas de atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo en esos lances, y las capturas cerqueras totales de estas especies. El número de lances sobre atunes asociados con objetos flotantes y no asociados fue máximo entre mediados de los años 70 y principios de los 80. A pesar de la oposición a la pesca de atunes asociados con delfines, y de la decisión de las enlatadoras de EE.UU. de no comprar atún capturado en viajes en los cuales se realizaron lances sobre delfines, el número de lances sobre delfines ha disminuido tan sólo moderadamente. Las capturas registradas en estos lances alcanzaron un máximo de unas 175 mil toneladas en 1989, disminuyeron a unas 106 mil toneladas en 1993, y desde entonces han aumentado, con un promedio de unas 122 mil toneladas durante 1994-1996.

En la Figura 3 se ilustra la distribución anual media de las capturas cerqueras registradas de aleta amarilla en el OPO en 1981-1995, y en la Figura 4 una estimación preliminar para 1996. En 1996 las capturas fueron relativamente mayores al sur del ecuador y al oeste de 100°W. Las áreas de mayor captura varían de acuerdo a cambios en las condiciones de pesca durante el año. La captura de aleta amarilla en el primer trimestre de 1996 estuvo generalmente limitada a regiones dentro del ARCAA, la mayoría de ellas cerca de la costa de Norteamérica y Centroamérica, cerca del Domo de Costa Rica, y entre 10°N y 18°N desde 100°W hasta 105°W. La pesca fue buena también en alta mar en el hemisferio sur desde 10°S hasta 18°S entre 80°W y 90°W. Durante el segundo trimestre continuaron estas capturas costeras, con capturas altas entre 5°N y 23°N. El área de capturas elevadas evidente en el sur del Golfo de California durante el primer trimestre se extendió al norte durante el segundo trimestre. En ese trimestre aumen-

taron las capturas de alta mar entre 5°N y 15°N desde 110°W hasta 125°W, en la confluencia de la Corriente del Pacífico Norte y la Corriente Ecuatorial del Norte, que fluye hacia occidente. Las capturas alrededor del Domo de Costa Rica, relativamente elevadas durante el primer trimestre, disminuyeron. Durante el tercer trimestre ocurrieron regiones de capturas relativamente altas: (1) en el área frente a Baja California entre 24°N y 27°N y en la parte sur del Golfo de California, (2) en la región del Domo de Costa Rica, (3) en la región costera frente a Ecuador y el sur de Colombia, y (4) en el área de altura entre 8°N y 16°N desde 115°W hasta 130°W. Durante el cuarto trimestre continuó la pesca en la mayor parte del OPO, con áreas de capturas elevadas repartidas por toda la región. Ocurrieron áreas bastante concentradas de capturas elevadas entre 8°N y 18°N desde 115°W hasta 125°W y en el área al norte de las Islas Galápagos. La pesca siguió buena también cerca de la punta de Baja California.

En la Figura 5 se ilustra la distribución anual media de las capturas cerqueras de barrilete en el OPO durante 1981-1995, y en la Figura 6 una estimación preliminar para 1996. En 1996 las capturas fueron relativamente mayores al sur del ecuador y al oeste de 100°W. Se realizaron grandes capturas de barrilete durante el primer trimestre de 1996 en toda la región entre 19°S y 7°S desde 77°W hasta 88°W. Hubo otra región amplia de capturas elevadas bien lejos de la costa desde 105°W hasta 135°W entre 11°S y 2°S. También hubieron áreas menos extensas de capturas elevadas en y cerca del Golfo de Guayaquil, en el Golfo de Panamá, y a lo largo del litoral mexicano entre 19°N y 24°N. Durante el segundo trimestre las zonas de capturas relativamente altas en el Golfo de Panamá y Golfo de Guayaquil se transformaron en una región continua de capturas altas por la costa de Centroamérica y América del Sur entre estas zonas. La zona extensa de capturas elevadas en la región de altura se extendió desde 85°W hasta 128°W entre 13°S y 6°S en el este, y entre 9°S y 3°S en el oeste. La región de capturas relativamente elevadas a lo largo del litoral mexicano persistió durante el segundo trimestre, desplazándose ligeramente hacia el norte. Durante el tercer trimestre persistió la zona de altura con capturas elevadas entre 100°W y 125°W desde 2°S hasta 10°S. Las capturas siguieron elevadas en la región del Golfo de Panamá, pero disminuyeron significativamente frente a México. Durante ese trimestre se desarrolló un área de capturas mayores al oeste de las Islas Galápagos, extendiéndose desde 90°W hasta 98°W entre 0° y 3°N. A medida que transcurrió el año, disminuyeron las capturas en el Golfo de Panamá, y para el cuarto trimestre permanecieron unas pocas regiones dispersas de capturas más elevadas en la región del Golfo de Guayaquil. Durante el cuarto trimestre las zonas de capturas elevadas se encontraron ampliamente distribuidas en las regiones de altura del OPO y a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical desde la costa de Ecuador hasta 120°W.

La captura de patudo por artes de superficie durante 1979-1993 (Informe Anual de la CIAT de 1995, Figura 6) provino de dos áreas principales: (1) entre 17°S y 9°S en 80°W-83°W, extendiéndose al oeste hasta entre 13°S y 10°S en 90°W y (2) entre 5°S y 3°N entre 80°W y 88°W, extendiéndose al oeste hasta entre 0° y 5°N en 105°W (Figura 7). Con el desarrollo de la pesquería de patudos asociados con objetos flotantes, arriba descrita, ha aumentado la importancia relativa de las áreas de altura, a costa de las costeras. En 1996, al igual que en 1994 y 1995, las áreas de capturas de patudo relativamente elevadas se encontraron ampliamente distribuidas entre 10°S y 2°S desde 100°W hasta 122°W, y entre 0° y 6°N desde 93°W hasta 115°W (Figura 8).

Conforme a las disposiciones del Convenio que estableció la CIAT, el objetivo principal de las investigaciones del personal de la Comisión es controlar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas por la pesca atunera del OPO. Tomando en cuenta los desplazamientos 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 9 y 10 se presentan las estadísticas de las capturas mundiales de atunes y especies afines en 1995, el año más reciente para el cual se dispone de datos. En la Tabla 6 y la Figura 11 se presentan las estadísticas de las capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1976-1995, por océano.

### ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo***

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) total de la flota atunera del Océano Pacífico oriental (OPO) proporciona un índice de las tendencias en el ingreso anual bruto relativo correspondiente a las distintas clases de arqueo. A fin de 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 cortas (TC) (273 toneladas); 2) 301-400 TC (273-363 toneladas); 3) 401-600 TC (364-544 toneladas); 4) 601-800 TC (545-726 toneladas); 5) 801-1000 TC (727-907 toneladas); 6) 1001-1200 TC (908-1089 toneladas); 7) 1201-1400 TC (1090-1270 toneladas); y 8) >1400 TC (1270 toneladas).

En la Tabla 7 se presentan las estimaciones de la CPTCA en 1986-1996 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 de pesca en el OPO, las CPTCA del OPO y de todas las áreas oceánicas de pesca son casi iguales. Durante el período de 1986-1995, el promedio de las CPTCA de todos los barcos y todas las especies en el OPO fue 3,0 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 2,6 a 3,8); para el aleta amarilla, el promedio fue 2,2 toneladas (rango: 2,1 a 2,4), y para el barrilete, 0,7 toneladas (rango: 0,5 a 1,2). Las estimaciones preliminares para 1996 son 3,6, 2,1, y 0,9 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente. Los únicos años en los cuales el aleta amarilla y barrilete combinados formaron menos del 90% del total son 1994, 1995, y 1996.

### **CUOTAS DE ALETA AMARILLA**

El Director y el personal científico de la CIAT tienen la responsabilidad de realizar estudios de la biología de los atunes y especies afines que viven en el Océano Pacífico oriental y del efecto de la pesca sobre ellos, y de recomendar medidas de conservación apropiadas cuando sea necesario para permitir mantener los stocks de peces a niveles que permitan las capturas máximas sostenibles. Se recomendó una cuota de captura para el aleta amarilla en el ARCAA por primera vez en 1962, pero los gobiernos miembros no se pusieron de acuerdo sobre una cuota hasta 1966. Se fijó una cuota cada año entre 1966 y 1996, con la excepción de 1987; no se recomendó una cuota para ese año porque la abundancia de aleta amarilla parecía estar al nivel más alto de años recientes, debido principalmente al reclutamiento excepcionalmente elevado de 1984 y 1985.

En la 57ª reunión de la CIAT, celebrada en La Jolla, California (EE.UU.) del 21 al 23 de octubre de 1996, el Director recomendó una cuota para 1996 de 213.190 toneladas métricas (235.000 toneladas cortas) de aleta amarilla, con la opción de aumentar este tope por hasta tres incrementos de 18.144 toneladas métricas (20.000 toneladas cortas) cada uno. Esta cuota fue también aprobada.

## LA INVESTIGACION

### *Estudios de la pesquería palangrera*

Aunque la mayoría de las capturas de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) son realizadas con artes de superficie, varias pesquerías palangreras capturan cantidades considerables. Una porción significativa de las capturas de esta pesquería consiste de peces picudos, a diferencia de las pesquerías atuneras comerciales de superficie.

Barcos palangreros japoneses comenzaron a pescar en el OPO a mediados de los años 50. Desde 1963, científicos japoneses han realizado visitas prolongadas a las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, donde analizan datos de la pesquería palangrera japonesa en el OPO con científicos de la CIAT. Los resultados correspondientes al período de 1956 a 1987 han sido publicados en la serie de Boletines de la CIAT y en otras revistas científicas. En mayo de 1996 el Sr. Koji Uosaki, del National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón), terminó una visita de un año a las oficinas principales de la CIAT, donde llevó a cabo análisis similares con los datos de 1988-1992. Barcos palangreros de la República de China y la República de Corea también pescan en el OPO, pero en grado mucho menor que los barcos japoneses. Los barcos chinos dirigen su esfuerzo principalmente hacia la albacora, especie de aguas templadas que es rara vez capturada por barcos cerqueros, que dirigen la mayoría de su esfuerzo hacia atunes tropicales.

A principios de la década de los 80 empezó a pescar en el OPO una empresa conjunta con barcos japoneses y coreanos, tripulados parcialmente por pescadores mexicanos. La empresa cesó de operar en 1989. Técnicos de la CIAT radicados en Ensenada (México) reunieron datos de captura, esfuerzo, captura por unidad de esfuerzo, y frecuencia de longitud de esta pesquería, y esta información ha sido incorporada a las varias bases de datos de la CIAT.

Recientemente se ha despertado de nuevo el interés en la pesca con palangre en el OPO. Unos pocos barcos palangreros pequeños habían pescado cerca de Hawaii desde hacía muchos años, pero últimamente esa flota se ha incrementado a unos 160 barcos, y algunos de ellos pescan al menos parte del tiempo en el OPO. A fines de 1992 comenzó a pescar en el OPO una flota de unos 15 a 20 barcos palangreros basados en Ventura (California), pero solamente tres de esos barcos pescaron en ese área durante 1996. Varios barcos mexicanos basados en Manzanillo pescaron con palangre en 1996, y representantes de la oficina de la CIAT en Mazatlán reunieron datos sobre sus actividades. Además, hay ahora flotas palangreras operando desde puertos de Chile, Costa Rica, y Ecuador, y se ha expresado interés en establecer pesquerías palangreras en otras naciones con litorales en el OPO.

Con la importancia incrementada de esta pesquería, en Latinoamérica y en los Estados Unidos, es menester que la CIAT establezca normas básicas para la toma de datos sobre el esfuerzo de pesca y las capturas para asegurar que cumpla sus responsabilidades de investigación y recomendaciones para la administración de las pesquerías en el OPO, y que los datos reunidos en el OPO sean consistentes con aquellos de otras regiones del mundo. Estos datos son esenciales para la evaluación de los distintos stocks de atunes y peces picudos, así como para el análisis de los efectos de la pesquería sobre las especies capturadas incidentalmente. Con este propósito, el personal de la CIAT ha actualizado el formato de los cuadernos de bitácora recomendados originalmente en 1987 por la Segunda Consulta *Ad Hoc* Sobre Datos Atuneros Mundiales convocada por la Organización para el Alimento y la Agricultura de las Naciones Unidas, a fin de reflejar cambios en el diseño y uso de las artes de pesca en anticipación de actualizar los cuadernos de bitácora actualmente en uso en barcos latinoamericanos. El personal de la CIAT está también

colaborando con representantes de otras entidades en el diseño de los cuadernos y de las bases de datos para las flotas palangreras del mundo.

### ***Composición por tamaño de la captura***

Las muestras de frecuencia de longitud son la fuente básica de los datos usados para estimar la composición por longitud y edad de las distintas especies de peces en las descargas. Esta información es necesaria para obtener estimaciones de la composición de las poblaciones 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 con estos modelos pueden ser usadas, en conjunto con las estimaciones del crecimiento, para modelar el 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.

Las muestras de frecuencia de longitud de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro capturados por barcos cerqueros, de carnada, y deportivos en el Océano Pacífico oriental (OPO) son tomadas por el personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete fue iniciado en 1954, y continúa actualmente.

De la captura de 1996 se tomaron y procesaron 886 muestras de aleta amarilla, 501 de barrilete, 164 de patudo, 72 de aleta azul del norte, y 24 de barrilete negro. La mayoría de estas muestras fueron de 50 peces cada una. Se estratifican las muestras de frecuencia de longitud de todas estas especies excepto el barrilete negro por área de medición (Figura 12), mes, y arte de pesca. Se describen los procedimientos de muestreo en detalle en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 6.

La Figura 13 consiste de histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en 1996 en las áreas de medición del ARCAA (todas las áreas excepto las 10 y 11 en la Figura 12). En la figura, las áreas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). Aunque el rango de longitudes es aproximadamente igual en todas las áreas, con casi todo el pescado entre 40 y 160 cm, las distribuciones varían considerablemente de área a área. Los pesos promedio varían de 3,3 kg (7,3 libras) en el Área 6 a 22,6 kg (49,8 libras) en el Área 5.

En la Figura 14 se presentan histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en el ARCAA durante cada año del período de 1991-1996. El peso promedio de los aletas amarillos capturados en el ARCAA en 1996, 10,2 kg (22,5 libras), es el valor más bajo de dicho período.

La Figura 15 consiste de histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W (las Áreas 10 y 11 en la Figura 12) en cada año del período de 1991-1996. El mayor grupo modal de la distribución de 1996 se encuentra entre los 120 y 140 cm, en aproximadamente el mismo lugar que las modas mayores de las distribuciones de 1991, 1994, y 1995. El peso promedio de 1996, 16,4 kg (36,2 libras) es similar a los de 1993 y 1995, pero inferior a los de los otros tres años.

En la Figura 16 se presentan histogramas de las capturas estimadas de barrilete en las áreas de medición en el OPO durante 1996. A raíz de las bajas capturas en las Áreas 2, 4, y 8, se combinaron los datos de las cuatro áreas más norteñas (1, 2, 4, y 8). En estas áreas y en las Áreas 5 y 7 son más evidentes los peces grandes, y en las Áreas 13 y 11 son más evidentes los pequeños.

La Figura 17 consiste de histogramas de las capturas estimadas de barrilete en el OPO entero en cada año del período de 1991-1996. El peso promedio de 1996, 3,6 kg (8,0 libras), fue el mayor del período.



Antes de 1994 la captura de superficie de patudo en el OPO era incidental a la de aleta amarilla y barrilete, y las capturas anuales (Tabla 3) y la cantidad de muestras de frecuencia de longitud era muy inferior a la de esas dos especies. En 1994, 1995, y 1996, sin embargo, se capturó más patudo y se obtuvieron más muestras. En la Figura 18 se presentan histogramas de las capturas estimadas de patudo en las áreas de medición en el OPO durante 1996. Las capturas mayores ocurrieron en las Áreas 6, 7, y 11. En estas áreas los grupos modales mayores se ubicaron entre los 40 y 80 cm y 90 y 120 cm.

La Figura 19 consiste de histogramas de las capturas estimadas de patudo en cada año del período de 1991-1996. El peso promedio de 1996, 9,4 kg (20,7 libras), es el más bajo del período.

El aleta azul del norte es capturado con artes de superficie frente a California y Baja California entre 23°N y 35°N, aproximadamente, principalmente entre mayo y octubre. En 1996 fue capturado entre 26°N y 33°N, la mayoría en julio. En la Figura 20 se presentan histogramas de las capturas estimadas de aleta azul en cada año del período de 1991-1996. Las cantidades de muestras obtenidas de las capturas comerciales y deportivas son como sigue:

Año	Comercial	Deportiva
1990	14	0
1991	4	0
1992	1	1
1993	4	35
1994	2	11
1995	6	16
1996	67	5

La incidencia de pescados de mayor tamaño fue mayor en la captura de los barcos comerciales. En los datos de 1996 destacan cuatro grupos modales, correspondientes a peces de 2, 3, 4, y 5 años de edad.

El barrilete negro es capturado incidentalmente por pescadores que dirigen su esfuerzo hacia los atunes aleta amarilla, barrilete, y patudo. La demanda de la especie es baja, y la mayoría de la captura es desechada en el mar, pero a veces se retienen pequeñas cantidades, mezcladas con las especies más deseadas. En la Figura 21 se presentan las distribuciones anuales porcentuales de la frecuencia de longitud de barriletes negros capturados en el OPO durante 1991-1996. El peso promedio en 1994 fue mucho menor que en los demás años, pero es posible que esto no sea significativo, ya que el muestreo en ese año fue insuficiente. No se intentó estimar los pesos de las capturas por intervalos de tamaño.

#### ***Identificación de atunes aleta amarilla y patudo***

La captura de patudo por la pesquería de superficie del Océano Pacífico oriental ha aumentado significativamente desde 1993. Ya que el patudo y aleta amarilla son de aspecto similar, es posible que a veces sean identificados incorrectamente por pescadores o técnicos de la CIAT. Un estudio reciente (Informe Anual de la CIAT de 1991: 212-213) indica que durante 1987-1989 la proporción de patudo a los demás atunes no fue significativamente diferente para barcos con observadores especialmente capacitados para identificar patudos (0,0027) y barcos sin estos observadores (0,0026), por lo cual se formó la conclusión provisional de que los patudos no fueron identificados como aletas amarillas durante ese período. No obstante, dada la importancia de esta cuestión, los investigadores de la CIAT han comparado estimaciones "convencionales" de las composiciones por especies correspondientes a barcos específicos con estimaciones realizadas por observadores en esos barcos. Las estimaciones convencionales son aquellas anotadas en el



cuaderno de bitácora del barco, excepto en aquellos casos en los que técnicos de la CIAT muestrearon la descarga del barco, en cual caso se usaron sus estimaciones para los lances correspondientes.

Para este estudio se usaron solamente datos de barcos con cobertura por observadores al 100% durante 1994 y 1995. Se excluyeron también datos de barcos que recibieron patudo de otros barcos o trasladaron patudo a otros barcos. (Cuando un barco está casi lleno, y captura más pescado de lo que puede cargar en las bodegas, generalmente traslada el exceso a otro barco que pesca en las cercanías.) Se definió una observación individual como la captura de un barco durante un año entero. Se usaron 42 de estas observaciones de barco-año.

Las estadísticas de captura publicadas en la Tabla 1 de los Informes Anuales de la CIAT anteriores a 1996 (Tabla 3 del presente Informe Anual) se basan en estimaciones convencionales. Es posible que éstas no concuerden con las estimaciones de los observadores debido a (1) errores en las estimaciones hechas en el mar del peso del pescado capturado o (2) errores en la identificación de las especies. Se realizaron comparaciones de los pesos de patudo registrados y de los porcentajes de atunes registrados como patudo (Figura 22). Los datos de las dos fuentes concuerdan bastante bien en la mayoría de los casos, lo cual señala que la identificación errónea de las especies no es un problema grave.

En algunos casos empleados de las plantas enlatadoras estiman las proporciones de patudo en las capturas, y esto se hizo más común en 1996. En 1997 el personal de la CIAT reunirá datos para comparar las estimaciones de las enlatadoras con las convencionales.

Durante 1996 se inició un proyecto para producir una clave definitiva, basada en características morfológicas externas, para poder distinguir estas dos especies en el rango de tamaños capturado en la pesquería de superficie. La clave será usada en el muestreo en los puertos por técnicos de la CIAT y también por los observadores a bordo de barcos cerqueros. Para el estudio se usaron atunes patudo y aleta amarilla de entre unos 30 y 150 cm de largo. Se determinó su peso y sexo, se midieron 16 dimensiones distintas del cuerpo, se contaron las branquiespinas, se examinó el tamaño y la morfología del hígado y de la vejiga gaseosa, se extrajeron los otolitos, y se tomó una muestra muscular para análisis genético. Además de definir un sencillo conjunto de características morfológicas para distinguir las dos especies, se usarán los datos para llevar a cabo una comparación detallada de varias características anatómicas de estas dos especies.

### ***Comparación a escala mundial de la biología de los atunes, las pesquerías atuneras, y métodos usados para evaluar los stocks de atunes***

El Dr. Alain Fonteneau, del Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), pasó la mayor parte de 1996 en las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, donde trabajó en un análisis comparativo de las principales características biológicas de los atunes (primordialmente los atunes tropicales, aleta amarilla, barrilete, y patudo) y del potencial para la pesca atunera de los Océanos Atlántico, Indico, y Pacífico.

Aunque se realizan comparaciones de este tipo rutinariamente, suelen ser poco sistemáticas, y nunca se había intentado un estudio completo a escala mundial. La comparación abarca el crecimiento, mortalidad natural, desplazamientos y migraciones, madurez y desove, termoregulación, pesquerías, y la relación de las pesquerías con las principales características ambientales. Se están comparando los métodos de evaluación de stocks usados por los investigadores para las distintas especies en las distintas áreas, y se están analizando sus resultados.

Se ha preparado una base de datos mundial resumida, combinando datos compilados por la Organización para el Alimento y la Agricultura de las Naciones Unidas, el Programa para el

Desarrollo y Manejo del Atún Indo-Pacífico, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, y la CIAT. Esta base de datos, utilizable en una computadora personal con un programa fácil de manejar, puede ser puesta a disposición de cualquier científico interesado en usarla. Sirve para analizar y comparar los niveles, tendencias anuales, y variabilidad de las capturas de atunes en los varios océanos, en relación con las características principales, tales como el tamaño de las áreas explotadas, de esos océanos.

Entre las comparaciones y análisis realizados figuran los siguientes:

1. Una comparación de las distribuciones geográficas de las distintas especies, a partir de datos de captura y de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) correspondientes a varias artes de pesca en el período de 1952-1993;
2. Una comparación de la variabilidad anual y estacional de las capturas y CPUE de las distintas pesquerías de los varios océanos, tomando en cuenta la variación estacional en las condiciones ambientales;
3. Un análisis de las relaciones entre las capturas estacionales y las CPUE de las distintas pesquerías y los principales parámetros ambientales (temperatura superficial del mar, las temperaturas a varias profundidades, pendientes térmicas, y niveles de oxígeno);
4. Una comparación de los cambios en las áreas de pesca explotadas por las distintas pesquerías en relación con los cambios en el nivel de las capturas. Este análisis permitirá una comparación entre las capturas de atún y la productividad biológica de cada área.
5. Una comparación de las distribuciones de longitud de los atunes capturados por las pesquerías de superficie y palangreras de cada océano.

Se está realizando un análisis crítico de los varios métodos usados para evaluar los stocks de atunes en cada océano. Este análisis, realizado en conjunto con las comparaciones de las pesquerías, podría llevar a una mejor comprensión del potencial y las limitaciones de estos métodos. Se están analizando e integrando los efectos de varios factores potencialmente importantes, por ejemplo el comportamiento de regresar al punto de partida, las fracciones ocultas (no disponibles) de las varias biomasas, y el alcance de la mezcla entre varios stocks, a fin de elaborar recomendaciones para investigaciones encaminadas a mejorar las evaluaciones de los stocks de atunes.

### ***Biología reproductora del atún barrilete***

Durante 1996 se llevaron a cabo análisis de los datos de reproducción obtenidos de muestras de ovarios de barrilete tomadas en plantas enlatadoras durante 1995. Este muestreo fue suspendido durante el primer trimestre de 1996, cuando ya no se procesaba más pescado capturado en 1995. El objetivo del proyecto es someter a prueba la hipótesis (U.S. Fish Wild. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 512) de que no ocurre desove significativo de barrilete en el Océano Pacífico oriental (OPO).

El muestreo en las plantas enlatadoras comenzó en enero de 1995 con la colección de ovarios de barriletes de más de 50 cm de largo. Para el fin del primer trimestre de 1996 se había tomado un total de 76 muestras (incluso 11 réplicas), cada una formada por unas 25 hembras, todas capturadas por barcos cerqueros. Se clasifican los peces de inmaduros, en maduración, reproductivamente activos, o en reposo. Las características usadas para clasificar la condición reproductora de los peces individuales fueron (1) el diámetro promedio de los ovocitos de la moda más desarrollada y (2) la presencia o ausencia de ovocitos hidratados residuales. Se clasifica de inmaduro a un pez si el diámetro promedio del grupo de ovocitos más avanzado es inferior o igual a 0,2 mm y no hay ovocitos hidratados residuales presentes. Es segura la actividad reproductora en peces con ovocitos con yema avanzados, que tienen un diámetro igual o superior a los 0,55 mm. De los 1.547 ovarios en las 65 muestras independientes combinadas, 429 (28%) fueron clasificados como reproductivamente activos, y se encontraron peces reproductivamente activos en 27 de las

muestras (42%) (Tabla 8). A partir de estas muestras, el desove del barrilete en el OPO parece ser bastante común desde 10°S hasta 15°N y desde la costa hasta 130°W (Figura 23). Barriletes reproductivamente activos estuvieron presentes al norte del ecuador durante todo el año y al sur del ecuador durante los tres primeros trimestres del mismo, sin picos estacionales aparentes en los dos estratos. A juzgar por los datos de temperatura superficial del mar (TSM) tomados en conjunto con la información de captura de cada una de estas muestras, los barriletes son sexualmente inactivos a TSM de menos de 25°C (77°F). De las 65 muestras, 20, o el 31%, fueron tomadas de barriletes capturados a TSM de menos de 25°C. En otras palabras, un poco más de la mitad de las 38 muestras que no contenían peces reproductivamente activos fueron tomadas de capturas realizadas a TSM inferiores al nivel al que ocurre el desove.

Estos resultados indican que ocurre desove significativo de barriletes de 50 cm o más de largo en áreas del OPO donde las TSM son iguales o superiores a los 25°C.

En enero de 1996 la CIAT emprendió un programa de dos años de muestreo de gónadas de barrilete en el mar por observadores asignados a barcos cerqueros principalmente para reunir datos para el Programa Atún-Delfín. El objetivo es llegar a una comprensión completa de la biología reproductora y potencial de reproducción del barrilete en el OPO.

El diseño experimental contempla el muestreo de barriletes de entre 40 y 80 cm de largo durante dos viajes por trimestre realizados por barcos cerqueros zarpando de puertos en Ecuador, México, Panamá, y Venezuela, para un total de 32 viajes por año. Se registra la longitud y el sexo de cada uno de 20 pescados seleccionados de cada lance (siempre que se capturen barriletes de tamaño adecuado), junto con información sobre la captura. Muestras de tejido de ovario extraídos del pescado son colocadas inmediatamente en formol neutro al 10%, adecuándolos de esta forma para un examen detallado con microscopio. Para el fin de 1996 se había realizado el muestreo en 33 viajes, con 1.580 hembras muestreadas en los 29 viajes completados en esa fecha. A partir de 1997 se procesarán las muestras de tejido para examen microscópico, mediante el cual se identificará la etapa de ovogénesis de cada pez, y así su condición reproductora. Durante el procesamiento se seleccionan ovarios para estudios de la determinación de la fecundidad.

Durante 1996 se capacitó a un técnico en el Laboratorio de Achotines de la CIAT para realizar el procesamiento inicial de las muestras de tejido de ovario. La mayor parte de las muestras tomadas durante el proyecto serán transportadas al Laboratorio de Achotines para este procesamiento inicial.

### ***Edad y crecimiento del atún patudo***

Se prosiguió en 1996 una investigación, iniciada a fines de 1995, de la utilidad de los otolitos del atún patudo para la estimación de la edad y crecimiento de la especie. Un científico de la CIAT está participando en un programa de marcado y liberación de atunes aleta amarilla y patudo cerca de Hawaii, dirigido por el Programa de Investigación de Pesquerías Pelágicas en el Instituto Conjunto de Investigación Marina y Atmosférica del Colegio de Ciencias y Tecnología Oceánica y Terrestre de la Universidad de Hawaii en Manoa. La mayoría de los patudos fueron inyectados con oxitetraciclina para establecer si es factible determinar la edad de individuos de esta especie mediante el examen de sus otolitos.

Los otolitos sagitales extraídos de atunes patudo previamente marcados e inyectados con oxitetraciclina y examinados bajo luz ultravioleta mostraron marcas fluorescentes prominentes. Por lo tanto, se puede estimar la tasa de deposición de los incrementos a partir de los otolitos de peces marcados e inyectados y luego recapturados, mediante el conteo del número de incrementos desde la marca fluorescente hasta el borde del otolito y la comparación de estos conteos con el número de días en libertad.

Durante los períodos del 6 al 14 de febrero y el 4 al 22 de noviembre de 1996, 190 patudos de entre 40 y 70 cm de largo y 813 patudos de entre 36 y 105 cm de largo, capturados con curricán, línea de mano, y curricán vertical, fueron medidos, marcados, inyectados con de 1,5 a 6 ml de solución de 100 mg/ml de hidrócloro de oxitetraciclina, y liberados cerca de la Boya Meteorológica 2 (17°12'N-157°49'W) y el promontorio submarino de Cross (18°44'N-158°16'W), frente a la isla de Hawaii.

De los 1.043 patudos marcados e inyectados hasta la fecha han sido recuperados más de 100 (incluidos 40 marcados e inyectados en 1995). Medían entre 38 y 99 cm de largo en el momento de recaptura.

### ***Estudios del aleta azul***

El atún aleta azul del norte desova aparentemente en el Océano Pacífico occidental solamente. Frente al Japón abundan los juveniles en su primer o segundo año de vida. Algunos de éstos migran al Océano Pacífico oriental (OPO), donde son explotados, principalmente a 1, 2, ó 3 años de edad, por las pesquerías cerquera y deportiva frente a Alta y Baja California. Al aproximarse la madurez, regresan al Pacífico occidental. Otros aparentemente pasan la vida entera en el Pacífico occidental. Las proporciones de los peces que migran al OPO y la edad a que migran varían considerablemente de año en año (Boletín de la CIAT, 20 (1)).

En los años 30 un científico trabajando con datos del Pacífico occidental observó que “parece existir una cierta conexión entre los bancos de sardinas [*Sardinops melanosticta*] entrantes ... por un lado y la pesquería [de aleta azul] por el otro” (Japan. Soc. Sci. Fish., 5 (2): 87-90), con capturas elevadas de aleta azul ocurriendo en los mismos años que capturas elevadas de sardinas. Las capturas no son necesariamente buenos indicadores de la abundancia, pero parece probable que las sardinas sean mucho más abundantes durante los años con capturas buenas que durante los de capturas pobres.

Posteriormente otro científico propuso la hipótesis de que “en los años cuando abundan las sardinas frente al Japón, una proporción mayor de los aletas azules permanece en el Pacífico occidental en comparación con los años cuando escasean las sardinas” (Fish. Ocean., 5 (2): 114-119). Usó datos de 1951-1992 al formular esta hipótesis, y la evaluó comparando las razones de las capturas de aleta azul en el Pacífico occidental con las capturas de la especie en el Pacífico occidental y oriental combinados con las capturas de sardinas en el Pacífico occidental. Esos años incluyen períodos de capturas de aleta azul en el OPO superiores (1954-1979) e inferiores (1980-1992) al promedio y capturas de sardinas en el Pacífico occidental inferiores (1951-1975) y superiores (1976-1992) al promedio.

Se examinó de nuevo la hipótesis de alimentación del aleta azul, usando datos de capturas de sardina en el Pacífico occidental durante 1917-1994 y de capturas de aleta azul en el OPO durante 1918-1995. El personal de la CIAT atribuye las capturas reducidas de aleta azul en el OPO durante los años 80 y principios de los 90 a una combinación de abundancia reducida y esfuerzo de pesca reducido en esa área (Informe Anual de la CIAT de 1994: 205). Se cree que ha disminuido en los últimos años el esfuerzo dirigido hacia el aleta azul, ya que el número de cerqueros pequeños basados en California, responsables de gran parte de la captura de aleta azul, se ha reducido en los últimos años (FAO Fish. Tech. Pap., 365: 460-475). Sin embargo, las capturas de aleta azul en el OPO en 1996 fueron las más altas desde 1976, señalando quizá que la influencia de la abundancia sobre las capturas de aleta azul en el OPO sea mayor que la del esfuerzo de pesca. Por lo tanto, las capturas de aleta azul podrían proporcionar un índice aceptable de su abundancia.

Las capturas reducidas de aleta azul en el OPO durante 1980-1995 coinciden con la abundancia aumentada de sardinas en el Pacífico occidental durante 1976-1994, pero las capturas de aleta azul fueron elevadas durante la mayoría de los años de la década de los 30, pese a que las sardinas abundaron en el Pacífico occidental durante ese período. Se determinó que un modelo de regresión con ponderación local que correlaciona la abundancia del aleta azul con la interacción abundancia de sardinas-año era significativamente mejor ( $P = 0,0091$ ) que un modelo que correlaciona la abundancia del aleta azul con la abundancia de la sardina solamente. Por lo tanto, se dividieron los datos en períodos temprano y tardío y se calcularon las correlaciones siguientes:

Datos	Grados de libertad	Valor $r$
Sardinas, Japón, 1917-1950, <i>versus</i> aleta azul, OPO, 1918-1951	32	0,305*
Sardinas, Japón, 1951-1994, <i>versus</i> aleta azul, OPO, 1952-1995	42	-0,692**

\* significativo al nivel de 5%

\*\* significativo al nivel de 1%

Se seleccionó una demora de un año para las correlaciones sardina *versus* aleta azul porque un aleta azul tarda aproximadamente un año en migrar del Pacífico occidental al OPO (Boletín de la CIAT, 20 (1)). Existe una correlación negativa elevada (-0,692) para aleta azul *versus* sardinas en el período tardío, pero una correlación positiva significativa (0,305) para aleta azul *versus* sardinas en el período temprano.

Aunque se ha reportado que las sardinas forman un componente importante de la dieta del aleta azul en el Pacífico occidental, se carece de información sobre los tamaños de estas dos especies. Los aletas azules capturados a un año de edad en el OPO deben haber salido del Pacífico occidental cuando eran relativamente pequeños—tal vez demasiado pequeños para poder comer sardinas. Sería menester llevar a cabo más estudios de los hábitos alimenticios de aletas azules de distintos tamaños en el Pacífico occidental. Se deberían comparar entonces los índices de abundancia de aletas azules recién llegados de las edades correspondientes en el OPO a aquéllos de las sardinas, anchoas, y otras presas importantes de los tamaños correspondientes en el Pacífico occidental un año antes. (No es posible determinar si aletas azules individuales (aparte de los de un año de edad) llegaron recientemente al OPO, pero avances recientes en la química de microconstituyentes (FAO Fish. Tech. Pap., 365: 381-401) indican que podría ser posible en el futuro.)

### **Estudios del pez espada**

Desde hace muchos años se usan las razones del peso de las gónadas al peso del pez (“índices de gónadas”) como índices de la madurez de los peces. En el caso del pez espada, en los Boletines de la CIAT, Vol. 19, No. 1, y Vol. 20, No. 5, se usó la ecuación  $GI = (W/L^3) \times 10^4$ , donde  $GI$  = índice de gónadas,  $W$  = peso combinado de los ovarios, en gramos, y  $L$  = longitud del pez, en centímetros, del margen posterior de la órbita a la furca caudal, usando solamente peces de al menos 150 cm de largo. Se consideró que todos los peces con un índice de 7,0 o más eran maduros. Un miembro del personal de la CIAT y dos empleados del Departamento de Protección Ambiental del Estado de Florida (EE.UU.) han elaborado una medida mejor de la madurez. Usaron datos sobre la longitud de 85 peces espada hembras capturados en el Océano Atlántico occidental, el peso de los ovarios de las mismas, e información obtenida de estudios histológicos de las gónadas. Descubrieron que la ecuación  $GI = \ln W / \ln L$ , con peces con  $GI$  igual o superior a 1,375 considerados como reproductivamente activos, arroja resultados que corresponden más estrechamente con la condición verdadera de los peces que la ecuación original. También descubrieron que esta relación vale para todas las hembras, no solamente para aquellas de 150 cm o más de largo.

### ***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 temprano). 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. Estas consideraciones motivaron a la CIAT a establecer en la Bahía de Achotines, en la República de Panamá, un centro 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 24). La plataforma continental es bastante estrecha en este lugar: el contorno de 200 metros (109 brazas) se encuentra a entre solamente 6 y 10 km (3 y 5 mn) del litoral. Esto brinda a los científicos del laboratorio un acceso fácil a aguas oceánicas donde ocurre desove de atunes en cada mes del año. La temperatura superficial del mar fluctúa entre 21° y 29°C. El agua salada de la Bahía de Achotines es 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 abarca estudios de laboratorio y de campo ideados para lograr un mayor conocimiento de los procesos de reclutamiento y de los factores que lo afectan. Investigaciones anteriores del reclutamiento de los peces sugieren que tanto los factores abióticos (temperatura y salinidad, por ejemplo) 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, el programa de investigación toma en cuenta la interacción entre el sistema biológico y el ambiente físico.

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. Escómbridos larvales tardíos (en etapas de flexión tardía y postflexión del notocordio) y juveniles tempranos (de longitud estándar (LE) de entre 8 y 35 mm) para los experimentos de laboratorio y otros proyectos de investigación fueron capturados usando una luz submarina suspendida de una lancha de noche. La luz atrae a los peces, que son capturados con salabre y trasladados vivos al laboratorio. Se han capturado y mantenido vivos en el laboratorio atunes aleta amarilla y/o patudo (denominados *Thunnus* spp. de ahora en adelante cuando corresponda); atunes barrilete negro, *Euthynnus lineatus*; melvas, *Auxis thazard* y/o *A. rochei* (denominados *Auxis* spp. de ahora en adelante cuando corresponda); sierras, *Scomberomorus sierra*; caballas, *Scomber japonicus*; y bonitos del Pacífico, *Sarda orientalis*. (Es imposible en estas etapas del ciclo vital distinguir las larvas y juveniles tempranos de aletas amarillas y patudos usando caracteres morfológicos, merísticos, osteológicos, o de pigmentación; ha sido descrita la identificación de juveniles tempranos por electroforesis (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv. Bull., 86 (4): 835-838). 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 número de las branquiespinas, pero hay desacuerdo sobre la validez de estas características identificadoras.) En años anteriores las investigaciones en el laboratorio se enfocaron principalmente en el barrilete negro, *Auxis* spp., y las sierras, los escómbridos más abundantes en las aguas costeras frente al sur de la Península de Azuero. A partir de 1996, se intensificó el esfuerzo de estudio de las etapas tempranas del ciclo vital del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) usando huevos puestos por los reproductores cautivos en el Laboratorio (ver subsección titulada ***Desove del atún aleta amarilla***).

### ***Proyecto conjunto OFCF-Panamá-CIAT***

En diciembre de 1993, la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) del Japón, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT acordaron emprender un proyecto conjunto de cinco años de duración, subvencionado principalmente por la OFCF, en el Laboratorio de Achotines. Los objetivos del proyecto son: (1) criar atunes aleta amarilla adultos para suministrar larvas y juveniles para la investigación de su ciclo vital temprano; (2) producir organismos de alimento para los atunes larvales y juveniles; y (3) criar pargos (*Lutjanidae*) y corvinas y especies afines (*Sciaenidae*) reproductores y organismos de alimento para sus larvas y juveniles.

Fueron necesarias ampliaciones y mejoras de la infraestructura del Laboratorio de Achotines para poder realizar los objetivos del proyecto. Para mediados del año se había completado la construcción de grandes tanques de hormigón, con sistemas de agua de mar y vitales para los peces reproductores. Las dimensiones y capacidades de los tanques son como sigue:

Tanque	Diámetro		Profundidad		Capacidad	
	(metros)	(pies)	(metros)	(pies)	(litros)	(galones)
1	17,0	56	6,0	20	1.361.900	359.800
2	8,5	28	3,0	10	170.200	45.000
3	8,5	28	1,5	5	85.100	22.500
4	8,5	28	1,5	5	85.100	22.500

Los sistemas vitales incluyen una torre de aireación y fraccionador de proteínas para el Tanque 1, grandes filtros de arena para agua recirculada para los Tanques 1 y 2, y aparatos de esterilización ultravioleta y microfiltros para todos los tanques.

### ***Aletas amarillas reproductores***

Se capturaron aletas amarillas de entre 2 y 7 kg en aguas costeras adyacentes al Laboratorio de Achotines para establecer la población de reproductores en el mismo. Se desarrollaron protocolos para transportar, trasladar, marcar, pesar, y medir los especímenes recién capturados. Cada uno fue marcado con una marca con microprocesador implantada en la musculatura dorsal e inyectado con oxitetraciclina (OTC) para establecer una marca temporal en los otolitos y vértebras. Las marcas permiten identificar a los peces individuales durante todo el cautiverio, y la inyección con OTC facilita los estudios del crecimiento de los peces.

Durante el primer semestre de 1996 se realizaron dos experimentos sobre peces en los Tanques 2, 3, y 4 con el objetivo de: 1) examinar los efectos del microbicida nifurestirenato de sodio (NFS) sobre infecciones bacteriales de la piel causados por la captura y manoseo; y 2) examinar el efecto a corto plazo (2-3 semanas después de la captura) de la inyección con OTC sobre la supervivencia de aletas amarillas cautivos.

El primer experimento fue diseñado para determinar si la inmersión de los aletas amarillas en NFS previene o reduce las infecciones superficiales, que podrían agravarse y eventualmente resultar en mortalidad. El NFS ha sido usado por el Instituto Nacional de Investigación de Acuicultura en el Japón para tratar infecciones bacteriales de la piel que resultan del manoseo en aletas azules jóvenes. Inmediatamente después de la captura y transporte al laboratorio, los aletas amarillas fueron marcados con marcas con microprocesador implantadas en la musculatura dorsal, medidos, y pesados. Fueron colocados al azar o en un tanque de tratamiento de 4,6 m de diámetro o directamente en el Tanque 3 ó 4 sin tratamiento. Los peces en el tanque de tratamiento fueron sumergidos en una solución de NFS de aproximadamente 7 partes por millón durante dos períodos de 1 hora cada uno durante un período de 24 horas. Tras los dos

tratamientos de inmersión, los peces fueron colocados al azar en el Tanque 3 ó 4. De los 38 aletas amarillas en el experimento, que medían entre 55 y 77 cm y pesaban entre 3 y 7 kg en el momento de captura, 19 fueron tratados con NFS y 19 no. Ocho peces tratados y 10 no tratados murieron debido a infecciones del ojo y/o cuerpo. Las tasas de supervivencia no fueron significativamente diferentes ( $P>0,25$ ) entre los tratamientos durante el período de 62 días después de la captura. Ya que el tratamiento con NFS no parecía ser perjudicial, y algunos peces tratados se recuperaron de forma significativa de infecciones del cuerpo, por ahora se usará el NFS para tratar los aletas amarillos nuevamente capturados en el Laboratorio de Achotines.

El segundo experimento fue ideado para determinar si la inyección con OTC perjudica la supervivencia de los aletas amarillos en el laboratorio. La OTC inyectada en la musculatura de los peces establece una marca temporal en los otolitos y vértebras que puede ser detectada mediante examen microscópico con luz ultravioleta (Boletines de la CIAT, 17 (7) y 21 (2)). Los incrementos de crecimiento y anillos potenciales depositados subsiguientemente en las partes duras después de la marca de OTC pueden ser usados para validar la longitud y peso a edad retrocalculados, y para examinar el efecto de las variables ambientales y el comienzo del desove sobre el crecimiento de los otolitos y vértebras. Además, ya que es antibiótico, podría reducir la incidencia de infecciones. Es por lo tanto deseable inyectar los aletas amarillos reproductores con OTC, siempre que no reduzca su supervivencia. Inmediatamente después de la captura y transporte al laboratorio, los aletas amarillos fueron marcados con marcas con microprocesador implantadas, medidos, y pesados. Cada segundo pez fue inyectado en la musculatura dorsal con 1,5 ml de OTC a 100 mg/ml (aproximadamente 0,3 a 0,7 ml/kg de peso del cuerpo). Todos los peces salvo tres fueron tratados con una solución de NFS, de la forma arriba descrita, y colocados en el Tanque 2. De los 30 aletas amarillos capturados para el experimento en el curso de una semana, 15 fueron inyectados con OTC y 15 no. La longitud de los peces en el momento de captura varió de 48 a 69 cm, y su peso de 2 a 5 kg. Solamente un pez murió durante las 3 semanas de duración del experimento; había sido inyectado con OTC, pero había sufrido abrasiones en la cabeza y región caudal poco después de la captura. Ya que la inyección con OTC no parece afectar la supervivencia a corto plazo de aletas amarillos cautivos, fue administrado rutinariamente durante 1996 a todos los aletas amarillos nuevamente capturados en el Laboratorio de Achotines.

Durante los períodos de aclimatación y crecimiento en los Tanques 2, 3, y 4, los aletas amarillos fueron alimentados *ad libitum* dos veces por día. La ración media fue de aproximadamente el 8,6% de su peso por día durante este período. Su dieta consistió predominantemente de calamares (principalmente *Loligo opalescens*) y anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), suplidos en ocasión con sardinetas (*Harengula thrissina*), músculo de barrilete negro picado, y mugil (*Mugil curema*).

Se trasladaron 41 de los aletas amarillos en mejores condiciones de los Tanques 2, 3, y 4 al Tanque 1 cuando entró plenamente en funcionamiento en junio. Se volvió a medir y pesar algunos de los peces, y todos fueron inyectados con OTC durante el traslado. Se dejaron 4 aletas amarillos en el Tanque 2 para enseñar a los recién llegados a comer en cautiverio. Durante un período de 56 a 77 días en cautiverio, doce de los aletas amarillos medidos y pesados inicialmente en abril crecieron en promedio 0,146 cm por día. El rango inicial de longitud de estos peces fue de 60 a 72 cm. Se estimó una tasa media de crecimiento en peso de 0,031 kg/día para 8 de estos 12 peces.

Durante julio y agosto se prosiguió la colección de aletas amarillos de entre 2 y 5 kg a fin de incrementar la población de reproductores. Los peces recién capturados fueron colocados en el Tanque 2, y al cabo de unos dos meses en cautiverio 14 de los peces más sanos fueron trasladados al Tanque 1. Durante esos dos meses en el Tanque 2 fueron alimentados con calamares y pescado, a un nivel de aproximadamente el 8% del peso de los peces por día. Las tasas medias de cre-



cimiento estimadas para estos 14 peces en el Tanque 2 fueron 0,2044 cm y 0,0594 kg por día. Por contraste, la tasa de crecimiento en longitud *in situ* estimada para aletas amarillas de entre 40 y 110 cm marcados y recapturados en el Océano Pacífico oriental es de 0,102 cm/día (Boletín de la CIAT, 17 (7)).

Se está vigilando estrechamente la dieta de los aletas amarillos reproductores en el Tanque 1 para asegurar que proporcione suficiente energía para soportar tasas elevadas de crecimiento y desove, pero sin causar una deposición excesiva de grasa. Los organismos alimenticios incluyen calamares, anchovetas, machuelos (*Opisthonema libertate*) y anchoas *Anchoa macrolepidota*, con suplementos de vitaminas y bilis en polvo. Se está usando un modelo bioenergético, combinado con estimaciones de la tasa de crecimiento de los peces en dicho tanque, como base para determinar las raciones diarias. Se usan los análisis de la cantidad de proteína, humedad, grasa, y ceniza en los organismos alimenticios y en los peces reproductores (obtenidos de las mortalidades ocasionales y especímenes sacrificados) para ajustar el modelo. Varios especímenes de cada grupo taxonómico usado de alimento fueron secados, homogeneizados, y analizados por un laboratorio en Aguadulce (Panamá) para determinar las cantidades de estos componentes que contienen. En promedio, las anchovetas contienen un 64% más de calorías, y los machuelos un 116% más, que los calamares. Ajustando las cantidades y proporciones de calamar y pescado en la dieta, se mantiene la cantidad de alimento a un nivel suficientemente alto para evitar actividad frenética al alimentarse los peces, pero sin rebasar demasiado los requisitos para el metabolismo, crecimiento, reproducción, y pérdidas por desperdicios. Durante 1996 los reproductores fueron alimentados a un nivel de alrededor del 5 al 8% de su peso por día. Cuatro de ellos fueron sacados del Tanque 1 para analizar su condición; parecían estar en buenas condiciones, y la deposición de grasa no pareció ser excesiva.

Al fin del año había 39 aletas amarillas en el Tanque 1. Durante el año murieron doce peces, a causa de ceguera y/o hambre (4 peces), infecciones bacteriales y/o parasitarias (4 peces), y choques con la pared del tanque (4 peces). La longitud y peso medios estimados de los peces cautivos en el Tanque 1 al fin del año fueron 95 cm y 15 kg; variaron de 79 a 117 cm y de 12 a 20 kg. Estas estimaciones se basan en las tasas medias de crecimiento calculadas para los peces de los Tanques 1 y 2 que fueron sacrificados y para aquellos peces que fueron medidos de nuevo al cabo de unos dos meses en el Tanque 2. Para el fin del año se estimaba la biomasa en el tanque de reproductores en 0,43 kg/m<sup>3</sup>, cerca de la densidad deseada de 0,50 kg/m<sup>3</sup> para la población de reproductores. Se añadieron 20 peces adicionales al Tanque 2; se mantendrán en reserva, por si hace falta incrementar la población en el Tanque 1.

#### ***Desove del atún aleta amarilla***

En octubre comenzaron a desovar los aletas amarillos reproductores. Esto constituye el primer desove jamás de aleta amarilla en un tanque en tierra. Al comenzar el desove habían 44 peces en el Tanque 1. En los primeros desoves pareció que participaron solamente dos o tres parejas de los peces más grandes (>90 cm de longitud). Cada evento de desove ocurrió alrededor de la puesta del sol, y fue precedido por comportamiento de cortejo durante el atardecer. Dicho comportamiento incluyó emparejamiento de individuos, persecución, destellos rápidos de color por peces individuales, y natación rápida horizontal y/o vertical. Los peces siguieron desovando durante todo el cuarto trimestre, y para el fin del año muchos de ellos presentaban comportamiento de cortejo antes de cada evento de desove. Desde la fecha del desove inicial hasta el fin del año (84 días en total), ocurrieron 45 de estos eventos. Ocurrieron generalmente entre las 5 y las 8 de la tarde, y la temperatura del agua en el tanque durante los mismos varió de 26,7° a 28,0°C.

El número de huevos fertilizados recogido tras cada desove osciló entre unos 100 y 770.000. Se usaron varios métodos para recoger los huevos, entre ellos sifones y salabardos en la superficie y redes en varios de los tubos de escape de agua. En 1997 se recogerán los huevos con una red de superficie de malla fina, con la cual se barrerá la superficie entera del tanque de reproductores, permitiendo así estandarizar el esfuerzo de colección de huevos.

El porcentaje de los huevos que eclosionó varió de un 30 a 90%. El diámetro de los huevos varió de 0,90 a 0,95 mm, y la longitud de notocordio (LN) (fijado en formol) de las larvas al eclosionar varió de 2,2 a 2,5 mm. La duración de la etapa de huevo fue unas 24 horas, y la de la etapa de saco vitelino de 50 a 72 horas, según la temperatura de incubación. Los LN (fijados en formol) de las larvas en primera alimentación (etapa de pigmentación del ojo y formación de la boca) variaron de 3,2 a 3,4 mm.

Para cada evento de desove se registraron los parámetros siguientes: hora de desove, diámetro de los huevos, duración de la etapa de huevo, tasa de eclosión, longitud de las larvas, duración de la etapa de saco vitelino, y longitud y morfometría seleccionada de las larvas en primera alimentación. Periódicamente se registró también el peso de los huevos y de las larvas en etapa de saco vitelino y primera alimentación. Se incorporarán esta información a una base de datos, para permitir comparaciones entre los parámetros de desove y los factores físicos o biológicos que podrían afectarlo (por ejemplo, temperatura del agua, salinidad, ciclo lunar, tamaño medio de los peces que desovan, y la ración media diaria de los mismos).

Se completaron varias pruebas iniciales de alimentación de las larvas, usando rotíferos como alimento. Las larvas sobrevivieron hasta 8 días después de la cría. Se tienen programados experimentos extensos de alimentación con larvas de aleta amarilla para mediados de 1997, cuando se habrán completado todas las fases de construcción de los sistemas de agua de mar y vitales para los tanques experimentales.

### ***Pargos y corvinas***

Se colectaron pargos de la mancha (*Lutjanus guttatus*) y corvinas polla (*Umbrina xanti*) a fin de establecer poblaciones de reproductores cautivos. Se mantuvieron 80 pargos y 23 corvinas en tanques, y algunos fueron inducidos a madurar y desovar mediante tratamiento con hormonas. El trabajo fue llevado a cabo por el Dr. Masato Iizawa, de la Fisheries and Aquaculture International Co., Ltda., de Tokio (Japón), el Sr. Amado Cano, del Departamento de Recursos Marinos de Panamá, y miembros del personal del Laboratorio de Achotines. La visita del Dr. Iizawa fue subvencionada por la OFCF.

Se indujo a los pargos a desovar dos veces durante octubre. Para los peces capturados en agosto se usaron pastillas de hormonas para inducir el desove a principios de octubre. La tasa de eclosión de los huevos fertilizados fue elevada (96,4%). Se iniciaron pruebas de alimentación de las larvas, usando como alimento rotíferos cultivados y zooplancton capturado en el mar. Las larvas parecieron preferir el zooplancton, pero condiciones de mar agitado durante las pruebas impidieron la colección del mismo. Las larvas sobrevivieron hasta 7 días después de la cría. A fines de octubre, se inyectó con gonadotropina coriónica humana (HCG) a peces que habían estado aproximadamente un año en cautiverio, y un día y medio después desovaron. Las tasas de eclosión de los huevos fertilizados fueron menos del 10%.

A principios de octubre se indujo a las corvinas a desovar con inyecciones de HCG. La tasa de eclosión de los huevos fertilizados fue elevada (93,5%); eclosionaron en el laboratorio 20 horas después del desove. Las larvas en primera alimentación fueron alimentadas con rotíferos cultivados o un alimento comercial en pastillas. Aproximadamente 3 semanas después de la cría se agregaron nauplios de camarón *Artemia* spp. a la dieta, y aproximadamente 2 semanas más tarde

se alimentó a los juveniles jóvenes con alimento microencapsulado, calamar, y pescado picado. Para el fin del año los peces habían sobrevivido 7 semanas desde la cría, y medían entre 30 y 40 mm de largo.

Estas pruebas con desove inducido representan la primera vez que estas especies de pargo y corvina hayan desovado en cautiverio. Se tienen programados experimentos para determinar el desarrollo temprano, crecimiento, y hábitos alimenticios de estas especies.

### ***Propagación de escómbridos en el laboratorio***

Se obtienen huevos fertilizados de atunes barrilete negro adultos para suministrar larvas recién criadas para experimentos en el Laboratorio de Achotines. Se mantienen los peces en un tanque de 6,4 m de diámetro y 37.000 L de capacidad.

La actividad de desove, reanudada el 17 de mayo de 1994 tras una pausa de dos meses y medio, cesó el 13 de febrero de 1995. En esa fecha había cinco peces en el tanque de reproductores; durante el resto del año se obtuvieron más especímenes en las aguas costeras contiguas al Laboratorio de Achotines, y para el fin del año la población total del tanque era once. En febrero de 1996 todos los peces murieron tras comer un suplemento vitaminado contaminado. Subsecuentemente fueron añadidos al tanque 15 más barriletes negros, de entre 40 y 50 cm de largo, pero en junio murieron 10 hembras y 2 machos, por motivos desconocidos. Continuaron los esfuerzos por repoblar el tanque, y al terminar el año contenía nueve barriletes negros, de entre 42 y 47 cm. Se está vigilando este grupo para detectar cualquier actividad de desove.

### ***Muestreo de plancton***

Durante abril se tomaron muestras de plancton vivo en aguas costeras adyacentes al Laboratorio de Achotines a fin de medir cambios en el volumen ocasionadas por fijación y conservación en etanol al 95%, solución de Bouin, y formol neutro al 5%. Cuatro meses después se volvió a medir el volumen de las muestras conservadas. Se usarán los cambios estimados en el volumen para ajustar los volúmenes de plancton medidos de material conservado tomado durante el estudio de ictioplancton realizado por la CIAT en el noroeste del Golfo de Panamá de 1990 a 1993 (Boletín de la CIAT, 21 (3)).

### ***Respirometría***

La Dra. Kathryn Dickson y cuatro estudiantes volvieron a la Universidad Estatal de California en Fullerton a principios del año, tras pasar unos 6 meses en el Laboratorio de Achotines. Durante su estancia realizaron experimentos para medir la velocidad de natación máxima sostenible, el costo metabólico de la natación, y la cinética de natación de los atunes juveniles y la sierra *Scomberomorus sierra*.

### ***Oceanografía y ecología de los atunes***

La alta productividad del Océano Pacífico oriental tropical (POT) se debe principalmente a los vientos de oriente prevalecientes y las corrientes prevalecientes que causan afloramiento de aguas subsuperficiales más frías y ricas en nutrientes. A veces disminuye la fuerza de los vientos de oriente, llevando a una disminución del afloramiento, temperaturas superficiales del mar (TSM) más elevadas, nivel del mar más alto en las estaciones costeras, termoclina más profunda, y cambios en la distribución y cantidad de precipitación en varias áreas. (La termoclina es la capa en el océano debajo del fondo de la capa de mezcla, donde la temperatura disminuye rápidamente con la profundidad. En el presente informe se usa la profundidad del isobato de 20°, que ocurre aproximadamente en el medio de la termoclina, como medida de la profundidad de la termoclina.)

Los períodos en los que prevalecen estas condiciones son denominados episodios o eventos de El Niño, y aquéllos en los que los vientos de oriente son anormalmente fuertes, y son acompañados por TSM subnormales, nivel del mar bajo, y termoclina menos profunda, son denominados episodios de “anti-El Niño.” Los efectos de un evento de El Niño son generalmente más aparentes en el POT entre 5°N y 15°S, pero durante episodios fuertes, como aquél de 1982-1983, esos efectos pueden extenderse al norte hasta 40°N y al sur hasta 30°S.

Ambos eventos ejercen efectos considerables sobre el éxito de la pesca atunera con artes de superficie. Durante un episodio de El Niño la producción biológica es baja debido a la reducción en el afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en alimento. Además, ya que los atunes aleta amarilla y barrilete permanecen casi siempre encima de la termoclina, es más difícil capturar los peces que están presentes cuando la termoclina está a mayor profundidad. En cambio, durante los eventos de “anti-El Niño” la producción biológica es mayor y los peces son más vulnerables a la captura.

Los científicos de la CIAT estudian las condiciones físicas en las capas superficiales del Océano Pacífico tropical mediante el análisis de la TSM, nivel del mar, profundidad de la termoclina, y el Índice de Oscilación del Sur (IOS). El IOS, la diferencia entre las anomalías (desviaciones de la norma) en la presión atmosférica de superficie en Tahiti (Polinesia Francesa) y Darwin (Australia), es una medida de la fuerza de los vientos de oriente tropicales del sur. Los IOS positivos y negativos están asociados con vientos de oriente anormalmente fuertes y débiles, respectivamente, aunque ocurren ocasionalmente IOS negativos durante lo que de otros modos se considerarían eventos de “anti-El Niño.” Los datos de las TSM provienen de barcos pesqueros y otros buques comerciales, los de las anomalías de la profundidad de la termoclina y el IOS del *Climate Diagnostics Bulletin* mensual del Servicio Meteorológico Nacional de EE.UU., y los del nivel del mar del Centro Oceanográfico Especializado del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Hawaii.

#### ***Eventos de El Niño y de “anti-El Niño” entre 1970 y 1996***

Durante el período de 1970-1996 ocurrieron cinco eventos significativos de El Niño, cada uno seguido por una evento de “anti-El Niño” significativo dentro de un plazo de de 1 a 3 años. El Niño moderado de 1972-1973 fue seguido por un “anti-El Niño” bastante fuerte durante 1974-1975. Durante 1976-1977 ocurrió un Niño débil, seguido por un “anti-El Niño” débil prolongado desde 1979 hasta 1981. El episodio de El Niño más intenso y extendido del presente siglo se desarrolló durante el segundo trimestre de 1982 y continuó fuerte hasta el fin del tercer trimestre de 1983. Este Niño afectó gravemente a la pesca atunera, y resultó en las capturas de atún más bajas en el Océano Pacífico oriental (OPO) desde la década de los 50 (Tabla 3). Este evento fue seguido en 1984-1985 por un episodio de “anti-El Niño,” durante el cual mejoraron las condiciones para la pesca en el OPO (Tabla 12). Dos años después, en 1987, se desarrolló otro Niño de intensidad moderada, pero, al igual que la mayoría de estos eventos, estuvo limitado a la región ecuatorial al sur de 5°N. Los efectos de este episodio sobre la pesca atunera fueron aparentemente mínimos, ya que las capturas de atunes en el OPO durante 1987 fueron las más elevadas registradas hasta entonces (Tabla 3). Durante 1988 se desarrolló un “anti-El Niño” intenso y extendido en el POT, y continuó durante el primer semestre de 1989. A principios de la década de los 90 se desarrolló lentamente un Niño que alcanzó su intensidad máxima durante 1992-1993, y fue seguido en 1995-1996 por el único episodio de “anti-El Niño” significativo de la década. En la Figura 25 se ilustran cuatro parámetros ambientales cuyos valores son indicativos de condiciones de El Niño y de “anti-El Niño.”

### ***El evento de “anti-El Niño” de 1995-1996***

El evento de “anti-El Niño” de 1995-1996 comenzó durante el segundo trimestre de 1995, y continuó desarrollándose lentamente durante la segunda mitad del año. Durante el primer trimestre de 1996 la velocidad de los vientos de oriente de bajo nivel fue hasta 4 metros por segundo (8 nudos) superior a la normal entre 130°W y 160°W desde el ecuador hasta 5°S. Estos vientos eran los más fuertes desde aquéllos del “anti-El Niño” de 1988-1989, y fueron una causa importante del afloramiento fuerte y las anomalías negativas de las TSM a lo largo del ecuador. Las anomalías de temperatura más significativas ocurrieron en la región ecuatorial entre 5°N y 5°S al este de la línea de cambio de fecha. También se presentaron temperaturas anormalmente bajas en algunas partes de la Corriente de Perú frente al Ecuador y el norte de Perú. En otras partes del POT las TSM fueron casi normales. El nivel del mar permaneció ligeramente por debajo de lo normal en gran parte del POT. Además, la termoclina se encontró a una profundidad menor a la normal en el POT, pero en el Pacífico occidental ocurrió lo contrario. El IOS fue, en promedio, más positivo. Durante el año anterior, sin embargo, el IOS había demostrado una variabilidad considerable, debido en parte a las condiciones anormales de presión de superficie sobre el Pacífico occidental y Australia.

Durante el segundo trimestre de 1996 continuaron las condiciones de “anti-El Niño” en el POT. Los vientos ecuatoriales de oriente permanecieron fuertes, con velocidades de hasta 3 metros por segundo (6 nudos) superiores a lo normal al sur del ecuador y al este de 160°W. Las TSM estuvieron por debajo del nivel normal en la mayor parte del POT, mientras que en el Pacífico central y occidental fueron casi normales. En la Figura 26 se ilustran las anomalías de las TSM en abril, representativas de este trimestre. Las anomalías negativas más importantes ocurrieron a lo largo del ecuador al este de 160°W y a lo largo del litoral de Perú. La termoclina se encontró a una profundidad inferior a la normal entre 5°N y 5°S al este de 140°W y superior a la normal en el Pacífico occidental ecuatorial. El IOS permaneció positivo (0,6).

Durante el tercer trimestre las TSM fueron significativamente inferiores a lo normal a lo largo del ecuador al este de 140°W entre 5°N y 5°S y frente a México entre 27°N y 12°N. En las regiones costeras de Ecuador y Perú fueron de 1° a 2°C inferiores al nivel normal, señalando un afloramiento considerable en esa área. En otras partes del POT fueron en promedio casi normales. Las TSM bajas resultaron en menos tormentas tropicales que de costumbre y mejores condiciones para la pesca en el ARCAA (Figura 1) durante el segundo y tercer trimestre. En el POT la profundidad de la termoclina fue entre 40 y 80 m (22 y 44 brazas), una diferencia de menos de 10 m (5 brazas) de la profundidad normal; en el Pacífico occidental la profundidad media fue de unos 160 m (87 brazas), unos 20 m (11 brazas) mayor que lo normal. Durante este trimestre el nivel del mar siguió a unos 2 a 3 cm por debajo del nivel normal frente al litoral de América del Sur. El IOS permaneció positivo (0,5).

El patrón de anomalías de las TSM durante diciembre (Figura 27), representativo del cuarto trimestre, señala TSM casi normales en la mayoría del POT, indicando que el “anti-El Niño” estaba comenzando a disiparse. Sin embargo, las TSM permanecieron significativamente por debajo de su nivel normal a lo largo del ecuador al este de 160°W entre 5°N y 5°S y en las regiones costeras de Ecuador y el norte de Perú (Figura 27). Un calentamiento de las aguas superficiales en el Pacífico occidental puede ser precursor de condiciones de El Niño en el POT, pero al fin de 1996 no había calentamiento anormal en esa región (Figura 27). El nivel del mar fue inferior a lo normal en el ARCAA, y la profundidad de la termoclina fue 10 m (5 brazas) menos que de costumbre en el POT. El IOS en el cuarto trimestre fue de nuevo positivo (0,5). El valor medio del IOS en 1996 fue asimismo 0,5 (Figura 25, Panel D).

### CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES Y PECES ESPADA EN 1996 Y PERSPECTIVAS PARA 1997

El convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical dispone 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 las 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 OPO. De acuerdo con estas responsabilidades, se preparan documentos informativos para poner a los Comisionados al día sobre la evaluación por el personal de la Comisión de la condición de los recursos de atunes 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.

#### *Atun aleta amarilla*

Las capturas mundiales de aleta amarilla han superado aquellas de todas las demás especies de atunes excepto el barrilete desde hace muchos años. El aleta amarilla formó el 32, 37, 38, 35, y 33% de las capturas mundiales de las especies de atunes de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, y aleta azul del norte y del sur) en cada año del período de 1991 a 1995 (Tabla 6). Es la especie más importante capturada por la pesquería de superficie en el Océano Pacífico oriental (OPO). Durante 1970-1974, los aportes porcentuales de las varias áreas oceánicas a la captura mundial de aleta amarilla fueron los siguientes: OPO, 41 a 49%; Pacífico occidental, 23 a 28%; Atlántico, 19 a 22%; Indico, 5 a 10% (Figura 28). Los porcentajes equivalentes correspondientes a 1991-1995 fueron: OPO, 25 a 29; Pacífico occidental, 33 a 37%; Atlántico, 12 a 16%; Indico, 19 a 29%. Es evidente que, pese a que las capturas de aleta amarilla en el OPO han aumentado substancialmente desde 1970, los incrementos porcentuales en los Océanos Pacífico occidental e Indico han sido todavía mayores, por lo cual el OPO es ahora una fuente de aleta amarilla relativamente menos importante de lo que era a principios de los años 70.

#### *Indices de abundancia*

Es necesario, al evaluar la condición de un stock de peces explotado por una pesquería, disponer de estimaciones de su abundancia o, si eso no es posible, estimaciones de su abundancia relativa. En general, no es posible estimar la abundancia de un stock de peces, como por ejemplo el atún aleta amarilla en el OPO. Sin embargo, sí es posible evaluar los efectos de la pesca sobre un stock a partir de estimaciones de su abundancia relativa. Concretamente, es necesario calcular una serie de estimaciones de la abundancia relativa del stock correspondiente al período de interés. El personal de la CIAT usa tres métodos relativamente independientes para calcular los índices de abundancia para el aleta amarilla.

#### *Método de cohortes*

El método de cohortes, descrito por primera vez en las páginas 127 a 130 del Informe Anual de la CIAT de 1972, precisa que los peces capturados sean asignados a cohortes. Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo: por ejemplo, los peces de la cohorte X73 alcanzaron una longitud de unos 30 cm en noviembre de 1973, ingresaron inicial-

mente 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; los de la cohorte Y73, que alcanzaron los 30 cm en mayo de 1973, ingresaron a la pesquería por primera vez en pequeñas cantidades en el segundo semestre del mismo año, y contribuyeron significativamente a la pesquería por primera vez en el primer semestre de 1974. El personal de la CIAT estima las capturas mensuales de peces de las cohortes X e Y, en número de peces, durante toda su vida (hasta un máximo de siete años). Hay por lo tanto peces de hasta 14 cohortes diferentes en la captura durante un mes. Se usan estos datos en los análisis de cohortes (llamados a veces análisis de poblaciones virtuales), comentados en detalle en la subsección titulada **Modelos con estructura de edades**. Se usa este método para producir dos índices de abundancia, uno para el stock total de peces reclutados a la pesquería (es decir, todos los peces de 30 cm o más) y el segundo para los peces mayores (que han estado más de 17 meses en la pesquería) solamente; se presentan en la Figura 29. Si las estimaciones de dos otros parámetros usados para llevar a cabo los análisis de cohortes, las tasas presuntas de mortalidad natural y las tasas “de inicio” de mortalidad por pesca, son correctas, o casi correctas, las estimaciones obtenidas de estos análisis serán cercanas a las biomásas reales del stock. Sin embargo, no es posible calcular estimaciones precisas de las tasas de mortalidad natural de los atunes con las técnicas actuales, y por lo tanto las estimaciones de las biomásas del stock derivadas de los análisis de cohortes podrían estar sesgadas positiva o negativamente. Dada esta situación, deberían ser consideradas como índices útiles para comparar tendencias interanuales, y no como medidas de abundancia.

#### **Método de CPDP**

El método de captura por día de pesca (CPDP), desarrollado en los años 50 (Boletines de la CIAT, 1 (3), y 2 (6)) y luego modificado a una forma más general (Boletín de la CIAT, 13 (3)), implica el análisis de estimaciones de la CPDP de un barco normal hipotético para una serie de años. Se comenta este método en detalle en la página 248 del Informe Anual de la CIAT de 1994. En la Figura 30 se ilustra la tendencia anual de este índice (1967-1996), junto con el índice correspondiente a la biomasa de los peces más grandes calculado con el método de cohortes (ajustado para que su promedio coincida con aquel del índice de CPDP).

#### **Método de tiempo de búsqueda**

En los Boletines de la CIAT Vol. 18, N° 4, y Vol. 19, N° 3, y en las páginas 117-118 del Informe Anual de la CIAT de 1984 se describe el método de tiempo de búsqueda. Es similar al método de CPDP, excepto que se basa en el período de tiempo que un barco pasa buscando pescado, es decir, los días de pesca menos las horas dedicadas a los lances pesqueros. Ha sido refinado todavía más con ajustes del tiempo de búsqueda para compensar aquellos factores, tales como la velocidad del barco, que se ha descubierto afectan la eficacia de la búsqueda. En la Figura 31 se ilustra la tendencia anual de este índice (1970-1995), junto con el índice de la biomasa total (1967-1996) calculado con el método de cohortes (ajustado para que su promedio coincida con aquel del método de tiempo de búsqueda).

Las tendencias de los cuatro índices (dos del método de cohortes, más uno del método de CPDP y otro del método de búsqueda) son similares, aunque el índice de cohortes para peces mayores es más parecido al índice de CPDP (Figura 30) y el índice de cohortes para todos los peces es más parecido al índice de tiempo de búsqueda (Figura 31). Dos de los índices señalan que la población aumentó entre 1982 y 1986, uno que aumentó entre 1982 y 1985, y el otro que aumentó entre 1983 y 1986. El índice de cohortes para todos los peces (Figura 31) muestra una máxima en 1988, seguida por una declinación hasta 1992, desde cuando permanece más o menos con-

stante hasta 1996. El modelo de búsqueda (Figura 31) señala una disminución de 1991 a 1995. Los otros dos índices (Figura 30) no demostraron ninguna tendencia entre 1987 y 1996.

### ***Evaluación de los stocks***

Ninguno de los modelos descritos en esta subsección es aplicable a menos que ocurra poco o ningún intercambio de aletas amarillas entre el OPO y las regiones más al oeste. Se ha estudiado el nivel de intercambio de la especie entre estas áreas mediante el análisis de datos de marcado, características morfométricas, las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), el tamaño del pescado capturado, y otros, y parece que la mezcla de peces del OPO y de las áreas al oeste del mismo no es suficiente como para invalidar el uso de estos modelos.

### ***Modelos con estructura de edades***

Los modelos con estructura de edades utilizan datos sobre el reclutamiento y sobre las tasas medias de crecimiento y mortalidad de peces individuales. Se obtienen estimaciones de estos parámetros del análisis de datos de frecuencia de longitud 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 por tamaño de aletas amarillas capturados en el OPO desde 1954, y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante 1951-1954. Los otolitos fueron colectados entre 1977 y 1979, y se realizaron los análisis a principios de los años 80. La gran mayoría del marcado fue llevado a cabo entre 1955 y 1981.

### ***Análisis de cohortes***

Los análisis de cohortes realizados por los investigadores de la CIAT han producido información sobre la abundancia relativa, mortalidad, y reclutamiento de peces de cohortes individuales muy útil para la evaluación del stock. 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 en el momento de reclutamiento y en varios intervalos subsiguientes, y también del número capturado y muerto 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 longitud, peso-longitud, 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, 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 un coeficiente anual 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 4,8 a los 80 meses. (En realidad, varía probablemente bastante entre cohortes.) Además, la capturabilidad de los peces varía con la edad, área, temporada del año, condiciones meteorológicas y oceanográficas, 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 9 se presentan las poblaciones medias estimadas para 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 26,15 millones, y la población de la cohorte durante el primer, segundo, tercer, y cuarto trimestre de 1969 fue en promedio 21,41, 17,43, 13,89, y 10,52 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 7,22, 4,51, 3,45, y 2,65 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, 1963, y 1962) durante el último trimestre de 1968 fue 26,15, 14,66, 2,41, 0,97, 0,27, 0,08, y 0,06 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 10 se presentan las estimaciones del número de reclutas de cada cohorte en el período de 1967-1996. Las estimaciones de 1991 a 1996 son preliminares y están sujetas a cambios, debido a que los peces en esas cohortes están todavía expuestos a la pesca, y las capturas futuras afectarán las estimaciones de su reclutamiento. Los promedios de los reclutamientos iniciales (Columnas 2-4) son 36 millones para la cohorte X y 43 millones para la cohorte Y; el promedio de la población media durante el mes de reclutamiento (Columnas 5-7) es 35 millones para la cohorte X y 42 millones para la cohorte Y. La variabilidad (el cociente de la estimación más grande a la más pequeña) entre años para el reclutamiento inicial es casi igual para la cohorte X (3,18) y la cohorte Y (3,11), y aquella de los datos combinados (2,75) indica una relación inversa (no necesariamente significativa) para las dos cohortes. El reclutamiento ha sido variable, pero el promedio de 1977-1996 (86,4 millones) es mayor que aquél de 1967-1976 (64,6 millones). Parece que ha sido ascendiente la tendencia en el reclutamiento en los 20 últimos años, con un reclutamiento inicial medio de unos 66, 76, y 91 millones de peces durante los períodos de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1996, respectivamente (Figura 32). Se podría sin embargo postular que esto se debe a una variación aleatoria, especialmente en el período de 1973-1996, cuando el reclutamiento inicial medio fue de unos 84 millones de peces. El reclutamiento inicial promedio durante 1994-1996 fue de solamente unos 80 millones de peces, mientras que durante 1986-1993 fue alrededor de 97 millones.

Los números de peces en la Tabla 9 fueron convertidos a pesos, usando los datos del peso promedio de los peces de distintos tamaños (Tabla 11), para estimar la biomasa anual media (peso total promediado sobre cuatro trimestres) de cada cohorte. Se estimaron distintas tasas de inicio de mortalidad por pesca 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 aquéllas que se consideran ser las mejores estimaciones. Se ajustaron considerablemente estas tasas para lograr comparaciones mejores de las estimaciones medias anuales de las biomásas de las cohortes (Figura 29) con las demás tendencias estimadas de la abundancia (Figuras 30 y 31). Se estimaron las biomásas anuales medias, por grupo de edad, en la Figura 33 promediando los valores mensuales y combinando las estimaciones de las siete cohortes X y las siete Y. 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 10) y su biomasa (Figura 33, sombreado doble) alcanzó su nivel máximo a la edad de 2 años. Estas cohortes no fueron explotadas de forma intensiva hasta 1987, cuando tenían 2 años de edad (Figura 34). En cambio, el reclutamiento inicial de las cohortes X72 y Y72 combinadas (Figura 33, rayas diagonales) fue inferior al promedio (Tabla 10), y después de la pesca intensiva de los

peces de la cohorte Y a la edad de 1 año en 1973 (Figura 34), su biomasa fue relativamente baja (Figura 33) en los años subsiguientes.

En la Figura 29 se presentan las estimaciones de la biomasa anual media correspondientes al período de 1967-1995, correspondientes a todos los peces de unos 30 cm o más de largo y a "peces grandes" (todos los peces presentes en la pesquería durante más de 17 meses). El promedio de la biomasa total en el período de 1967-1971 fue unas 429 mil toneladas métricas (denominadas "toneladas" a secas de ahora en adelante). Consistía de una gran proporción de peces de mayor tamaño, procedentes del reclutamiento de 1965-1967 y poco explotados en su juventud. Reclutamientos subnormales, junto con el aumento de la explotación durante 1969-1972, provocaron una reducción de la biomasa de peces más grandes de 1969 a 1974. La abundancia de los peces más pequeños aumentó en 1974 a raíz de una generación anual extremadamente numerosa en 1973 (Tablas 9 y 10), la cual respondió de la mayor parte del aumento en la biomasa total en 1975 y 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 (Tabla 12). El reclutamiento inferior al promedio de 1975 y 1976, junto con la explotación aumentada de peces jóvenes entre 1973 y 1982, provocaron una reducción en las biomásas de todos los peces y de los peces mayores, alcanzando en 1982 el nivel más bajo (183 mil toneladas, de las cuales 99 mil consistían de peces grandes) observado en años recientes. Aunque el reclutamiento de 1977 fue bien superior al promedio, superado solamente por aquellos de 1973 y 1987, la captura de estos peces (y de aquellos del reclutamiento de 1978) a 1 y 2 años de edad fue tan elevada (Figura 34) que impidió que estas generaciones contribuyeran de forma importante a la pesca en 1981 y 1982. El reclutamiento fue inferior al promedio desde 1979 hasta 1982, superior al mismo en 1983 y 1984, inferior en 1985, y de nuevo superior al promedio desde 1986 hasta 1996. Datos preliminares señalan que el reclutamiento en 1996 fue ligeramente inferior al promedio. La biomasa total 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. Permaneció elevada hasta 1988, pero luego disminuyó, aparte de ligeros aumentos en 1993 y 1995. La biomasa de peces mayores se redujo en 1990 y 1991, aumentó en 1992 y 1993, disminuyó en 1994, volvió a incrementarse levemente en 1995, y se redujo ligeramente en 1996.

En las Figuras 34 y 35 se presentan las capturas anuales de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante el período de 1970-1996. En la Figura 34 cada recuadro contiene las capturas de peces de una sola cohorte en diferentes años, mientras que en la Figura 35 cada recuadro contiene 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 33 (estimaciones anuales de la biomasa de las cohortes X e Y), 29 (estimaciones anuales de la biomasa total y de peces grandes), y 35 (capturas anuales, clasificadas por edad). En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca fue elevado, sobrevivían cada vez menos peces hasta alcanzar tamaños grandes. La reducción del esfuerzo en 1982, 1983, y 1984 permitió crecer a muchos peces que de otra forma hubieran sido capturados de jóvenes. La contribución total de las cohortes X e Y combinadas en el período de 1968-1991 (Figura 34) fluctúa de las 134 mil toneladas de las cohortes de 1976 a las 371 mil toneladas de las de 1987, con un promedio de 219 mil toneladas para los 24 grupos. De no haber sido explotada tan intensamente la cohorte Y73 durante su primer año, las capturas correspondientes hubieran sido todavía mayores. Dividir las capturas de estas cohortes por las estimaciones iniciales correspondientes del reclutamiento (Tabla 10) arroja estimaciones del rendimiento por recluta (RPR) para cada cohorte (Figura 36) que oscilan entre 1,7 y 3,5 kg (3,8 y 7,7 libras). El RPR bajo de la cohorte X67 fue consecuencia de un esfuerzo de pesca bajo, no de capturas grandes de peces pequeños. El

reclutamiento inicial para 1967-1991 varió de 49 a 135 millones de peces (Tabla 10), con un promedio de 78 millones, y produjo un RPR medio de 2,8 kg (6,1 libras).

### ***Análisis de rendimiento por recluta***

Además de los análisis de cohortes, se usa también el modelo de RPR. Cuando los peces de una cohorte son jóvenes, el peso total aumenta debido al crecimiento rápido 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 o aumenta, 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 rendimiento en peso máximo de una cohorte de peces (suponiendo, para los fines de este estudio, que eso sea el propósito de la administración de la especie) sería 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 tamaño al cual la pérdida en el peso total ocasionada por la mortalidad natural compensa exactamente la ganancia debida al crecimiento ("edad crítica" o "tamaño crítico"). Esto es factible en el caso de 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 el tamaño crítico, se está ejerciendo un esfuerzo pesquero infinito sobre los organismos que han alcanzado dicho tamaño. Es obvio que esto no es factible para la mayoría de las especies marinas.

Si tampoco es factible esta segunda alternativa, entonces la intuición sugiere que la pesca debería comenzar por aquellos peces que todavía no han alcanzado el tamaño crítico. Esta es la tercera alternativa, y es la única factible para la mayoría de las especies de peces. Se supone, por ahora, que el tamaño de ingreso (es decir, el tamaño de los peces más pequeños capturados) puede ser controlado eficazmente. Si el esfuerzo de pesca fuera intenso, se seleccionaría un tamaño de ingreso tan sólo ligeramente inferior al tamaño crítico, la mayoría de los peces capturados serían de edad y tamaño cercanos al nivel crítico, y el rendimiento sería casi tan elevado como con la segunda alternativa. Si el esfuerzo de pesca fuera menos intenso, se seleccionaría un tamaño de ingreso muy inferior al crítico, el rango de tamaño 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, puede ser que no sea posible controlar el tamaño de ingreso eficazmente. En tal caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control de la captura o del esfuerzo. Si el tamaño de ingreso es superior al tamaño crítico, se puede permitir una captura o un esfuerzo ilimitado, pero si es inferior, limitar la captura o el esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Cabe señalar que es necesario permitir que algunos miembros de una cohorte se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturados. Se comentará este tema en la subsección titulada ***Relación reproductor-recluta***.

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 tamaño inferior al crítico sea compensada, al menos parcialmente, por el crecimiento más rápido y/o la mortalidad natural inferior de los peces restantes. Además, si la densidad de la población influye en las tasas de crecimiento y de mortalidad natural, esto modificará el tamaño y la edad críticos de manera

correspondiente. El modelo de RPR aquí descrito no toma en cuenta esta dificultad, pero se compensa en forma automática en los modelos de producción, comentados más adelante.

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 el tamaño crítico en aproximadamente 116 cm (32 kg ó 70 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 el tamaño promedio de los peces capturados: muchos de ellos eran de tamaño igual o superior al crítico. La captura anual media lograda por las artes de superficie también aumentó de forma marcada después de la conversión a la pesca cerquera, de unas 76 mil toneladas en 1951-1960 a unas 95 mil entre 1961 y 1970. 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 el tamaño 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). En realidad, tal como se comenta en el primer párrafo de esta subsección, es imposible lograr el RPMS sin un esfuerzo de pesca infinito y un control completo del tamaño al cual se captura el pescado. No obstante, una administración basada en los resultados del modelado de RPR logrará rendimientos que se aproximarán al RPMS, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores. (Se comenta la relación entre el reclutamiento y el desove más adelante, en la subsección titulada **Relación reproductor-recluta**.) En la Figura 37 se presentan las estimaciones del RPR que resultan de varias combinaciones de tamaño de ingreso y esfuerzo de pesca, correspondientes a dos épocas diferentes. (Se analiza el esfuerzo de pesca más detalladamente en la subsección titulada **Modelos de producción**.) Distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y tamaño de ingreso producen distintos RPR, señalados por las líneas curvas. Los cálculos se basan en los datos de crecimiento en peso detallados en la Tabla 11, los coeficientes de mortalidad por pesca (Figura 38) obtenidos del análisis de la biomasa descrito en la subsección titulada **Análisis de cohortes**, y las estimaciones de los coeficientes de mortalidad natural presentadas en esa subsección. Durante el período de 1978-1982 el esfuerzo de pesca fue máximo para peces pequeños y grandes y mínimo para peces medianos, mientras que durante 1991-1995 se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños, con un esfuerzo intermedio dirigido hacia peces medianos. Los efectos de este cambio pueden ser observados en los histogramas de frecuencia de edad de la captura en la Figura 35. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo, el tamaño de ingreso óptimo sería 32 kg (70 libras) (el tamaño crítico), y el RPR 4,3 kg (9,3 libras). El tamaño de ingreso real es un poco menos de 1 kg (unas 2 libras). Los tamaños de ingreso que producirían los RPR máximos con diversos múltiplos del esfuerzo de pesca son señalados por líneas de trazos curvas en la Figura 37. En el caso de 1978-1982, se puede ver en el primer recuadro de la Figura 37 que si el tamaño de ingreso aumentara de 1 kg a unos 14 kg (30 libras) y el esfuerzo permaneciera en unos 33 mil días (el nivel de 1978-1982), el RPR ascendería de unos 2,3 kg (5,0 libras) a unos 3,4 kg (7,4 libras). Para el período de 1991-1995 (Figura 37, recuadro inferior), un cambio en el tamaño de ingreso de 1 kg a 14 kg y un aumento en el esfuerzo de 20 mil días (el nivel de 1991-1996) a 33 mil días aumentaría el RPR de unos 3,0 kg (6,7 libras) a unos 3,8 kg (8,3 libras). Si se pudiera incrementar el tamaño de ingreso al nivel óptimo, 32 kg, el RPR sería unos 3,25 kg con 20 mil días de esfuerzo y unos 3,67 kg con 33 mil días.

La descripción anterior supone, por implicación, que la alteración del tamaño de ingreso no modifica la distribución por área del esfuerzo de pesca, suposición que se vería justificada si la

pesquería operara de la siguiente forma. Al principio, cuando el tamaño de ingreso es bajo, los barcos encontrarían algunos cardúmenes de peces pequeños y otros de peces grandes, y realizarían lances sobre ambos tipos. Posteriormente, cuando el tamaño 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 el tamaño 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, esto tendería a incrementar el RPR en mayor medida que lo indicado en la Figura 37, y parece que esto es lo que ha ocurrido en los últimos años.

El rendimiento total es el producto de las estimaciones del RPR y el reclutamiento. Por ejemplo, los RPR correspondientes a los períodos de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1996 son unos 2,5 kg (5,6 libras), 2,4 kg (5,4 libras), y 3,1 kg (6,8 libras), respectivamente (Figura 39). A partir de los análisis de cohortes, se estableció que el RPR anual medio fue 2,7 kg (6,0 libras) en el período de 1967-1996. Los rendimientos que se pueden obtener con estos RPR y un reclutamiento inicial de 86 millones de peces, el promedio de 1977-1996, son como sigue:

Período	RPR (kg)	Reclutamiento (millones de peces)	Rendimiento (miles de toneladas)
1967-1975	2,5	86	215
1976-1984	2,4	86	206
1985-1996	3,1	86	267
1967-1996	2,7	86	232

El rendimiento con el patrón de mortalidad por pesca por tamaño de 1989-1996 es un 30% mayor que con aquél de 1976-1984. En Informes Anuales de la CIAT anteriores se ha señalado que el cambio de orientación del esfuerzo de pesca de peces pequeños a peces grandes provocaría un aumento de los RPR 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 la pesquería capturó más peces pequeños, debido a un reclutamiento extraordinariamente elevado en 1987, pero en el período de 1989-1996 volvió a capturar peces más grandes (Figura 40). Tal como se puede ver en la Figura 39, el RPR disminuyó a un poco más de 2,7 kg en 1988, y en 1989-1995 fue en promedio unos 3,1 kg. Desde 1974 el RPR en un año (Figura 39) ha estado altamente correlacionado (Figura 41) con el peso medio capturado en ese año (Figura 40). Cuando una cohorte es pescada tan sólo ligeramente, como en el caso de los años antes de 1974, la curva en la Figura 41 no arroja una predicción acertada del RPR.

### ***Relación reproductor-recluta***

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 el tamaño crítico, entonces no existe probablemente ningún peligro desde este punto de vista, pero si el desove no tiene lugar hasta después de que hayan alcanzado el tamaño crítico, 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 RPR máximo no producirá necesariamente un rendimiento máximo. Si la estrategia de pesca influye en el reclutamiento futuro, se logrará el rendimiento máximo mediante un control de la pesca que optimice el producto de la magnitud de la cohorte y el RPR. (No

obstante, no se debe suponer que una leve reducción del número de reproductores reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, puesto que esto no parece ocurrir con el aleta amarilla dentro del rango de abundancia de los reproductores observados (Figura 42).)

### ***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 recientemente 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, etcétera. 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 (CPUE; 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 CPUE seguiría proporcional a la magnitud de la población. Si hubiera pocos barcos explotando el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubiera 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 el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) de pescado, el esfuerzo de pesca debería ser mantenido a ese nivel. Si el objetivo es obtener la ganancia económica 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 es mayor al óptimo, se dice que 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 existen 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, debido a un esfuerzo excesivo, 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.” Tal como se comentó anteriormente, ninguno de los modelos de evaluación de los stocks es aplicable a menos que haya poco o ningún intercambio de aletas amarillas entre el OPO y las regiones más al oeste. Antes de 1990 se realizó el modelado de producción solamente para el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA; Figura 1), 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.

Se puede evaluar la aplicabilidad de los modelos de producción solamente si (1) existen datos de captura y esfuerzo o de captura 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. Estos efectos suelen compensarse en períodos relativamente cortos, aunque existen algunos indicios, comentados más adelante, de que ha aumentado la productividad del aleta amarilla en el OPO.

En esta subsección se usa solamente el esfuerzo estimado dividiendo la captura total de aleta amarilla por la CPDP de aleta amarilla correspondiente a barcos cerqueros de la Clase 6 (de más de 363 toneladas métricas (400 toneladas cortas) de capacidad de acarreo) excepto en el modelo de tiempo de búsqueda. En la Figura 30 se señalan los valores de CPDP correspondientes al período de 1967-1996. En la Figura 31 se presenta un índice de la abundancia en 1970-1995 basado en el modelo de tiempo de búsqueda, similar al modelo de CPDP. En estas dos figuras se presentan también índices de la abundancia del aleta amarilla derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente.

Los datos de CPDP en la Tabla 12 y la Figura 30 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 a la población incrementarse, este aumento en la abundancia era de esperar, como también lo era la disminución de 1986 a 1987, ocasionada por las grandes capturas durante esos dos años. Sin embargo, las CPDP de 1985-1996 han sido todavía más altas de lo que se esperaría a partir de los resultados de un análisis basado en datos de 1967-1983. Esto se debió 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 de aleta amarillo pequeño, y (3) el mayor tamaño promedio del aleta amarilla capturado, que produjo un RPR más elevado. En cuanto al punto (2), cabe mencionar que si se considera grave el problema, se podría solucionar usando el modelo de tiempo de búsqueda (Figura 31), que 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, fue aplicado por primera vez (Boletín de la CIAT, 2 (6)) con datos de captura, esfuerzo, y CPUE de los barcos de carnada en el Area A1 (Figura 43) en el periodo 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 alta mar. 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. Las tres áreas denominadas A1, A2, y A3 (Figura 43) representan respectivamente la extensión original de la pesquería, el resto del ARCAA, y el resto del OPO. Si el intercambio de peces entre estas tres áreas fuera instantáneo, el RPMS de las tres zonas combinadas sería igual al del Area A1 solamente, y si no hubiera intercambio, el RPMS de las tres áreas combinadas sería la suma de los RPMS individuales de las tres áreas. Estudios descritos detalladamente en los Informes Anuales de la CIAT anteriores 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 a aquel del Area A1, pero inferior a la suma de los RPMS individuales de A1, A2, y A3.

Tal como se mencionó anteriormente, es necesario contar con datos que abarquen un amplio rango de esfuerzo para estimar el RPMS. En 1968, una vez 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 emprender un programa experimental de ordenación con el objetivo 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. Cuando se alcanzasen niveles de esfuerzo superiores al óptimo, se reduciría la captura, o al menos no se aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que 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 manejo permaneció en vigor 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.

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 anteriores se presentaron dos análisis para el ARCAA basados en los modelos de producción. Uno de ellos emplea el modelo logístico o simétrico, en el cual se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPDP 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 todos los ajustes previos 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 usados y las estimaciones calculadas para estas dos curvas (Informe Anual de la CIAT de 1987: 195) fueron:

Ajuste	$m$	$q$	Rendimiento máximo sostenible (ARCAA) (miles de toneladas)	Suma de cuadrados ( $\times 10$ )
1	2,0	0,000039	158	2,224
2	0,8	0,000039	161	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 de 1968-1985, en la página 154 del Informe Anual de la CIAT de 1985 se afirmó que, para permitir al stock alcanzar su magnitud óptima, la captura de 1986 en el ARCAA no debía superar a las 224 mil toneladas cortas (203 mil toneladas métricas). Sin embargo, puesto que algunas estimaciones señalaban una cantidad inferior, se fijó la cuota máxima para 1986 en 205 mil toneladas cortas (186 mil toneladas métricas). La captura en el ARCAA en 1986 alcanzó 230 mil toneladas métricas, 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 RPR. Las fluctuaciones en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca por edad siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados de los análisis del modelo de producción. Tal como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período de 1983-1991 fue superior al promedio, y estos niveles de reclutamiento, junto con los cambios en la mortalidad por pesca 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, agregar los datos de 1986 y 1987 a la base de datos del período 1961-1985 y calcular 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 a partir del modelo se esperaba un colapso de la población y unas CPDP extremadamente bajas a principios de 1989. Obviamente, esto no sucedió.

El RPR medio más bajo (Figura 39) del período de 1976-1984, en comparación con el de 1967-1975, fue compensado por el mayor reclutamiento promedio (Figura 32) al computar la producción del stock. Sin embargo, durante el período de 1985-1996 el RPR promedio y el reclutamiento promedio fueron mayores que en años anteriores, llevando a una mayor producción del stock. Durante los tres períodos mencionados en la página 241 el reclutamiento inicial estimado, peso promedio (Figura 40), RPR, rendimiento potencial, y capturas anuales del OPO fueron los siguientes:

Período	Reclutamiento inicial (millones de peces)	Peso promedio (kg)	RPR (kg)	Rendimiento potencial (OPO) (miles de toneladas)	Captura observada (miles de toneladas)
1967-1975	66	11,1	2,5	165	167
1976-1984	76	6,9	2,4	182	179
1985-1996	91	11,8	3,1	282	272

Ya que las capturas promedio fueron aproximadamente iguales en los dos primeros períodos no presenta dificultades el ajustar los modelos de producción a los datos de esfuerzo y captura de 1968-1984. No obstante, ya que aumentaron el reclutamiento y el RPR 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 1984-1996 (Figuras 44 y 45, recuadros superiores). Los resultados son los siguientes:

Período	$m$	Rendimiento máximo sostenible (OPO) en miles de toneladas	Suma de cuadrados (x 10 <sup>-9</sup> )
1968-1983	2,0	192	1,7675
1968-1983	0,8	181	2,1395
1984-1996	2,0	292	0,85561
1984-1996	0,8	298	0,86236

Los rendimientos de equilibrio estimados para el período de 1984-1996 obtenidos del modelo de RPR parecen ser demasiado elevados, ya que todas las capturas desde 1991 han caído debajo de la línea de equilibrio (Figuras 44 y 45). Ya que el esfuerzo fue bastante constante, especialmente entre 1991 y 1996, algunos de los puntos de ese período deberían haber caído cerca o encima de la línea de trazos superior, y no debajo de la misma. Esto indica que el stock ha entrado en un nuevo nivel de productividad entre las dos líneas de trazos. El modelo simétrico ( $m = 2,0$ ) parece producir un ajuste mejor (Figura 44), y su suma de cuadrados es más baja. Sin embargo, los estudios de RPR indican que la curva de producción debería ser asimétrica.

En los recuadros inferiores de las Figuras 44 y 45 se comparan las CPDP observadas con las CPDP esperadas calculadas del modelo, usando valores de  $m$  de 2,0 y 0,8 y datos de dos períodos distintos. Se puede ver que generalmente han correspondido bastante bien, en promedio, a lo largo de los años presentados, pero que están empezando a divergir. 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 por edad. La diferencia en la tendencia de 1993-1996, empero, se debe probablemente a un cambio en la productividad del stock.

#### **Condición del stock en 1996 y consideraciones para 1997**

Los análisis de cohortes producen estimaciones del número y peso de los peces de cada grupo de edad en la pesquería al principio de 1997 y, si se cumplen ciertas suposiciones acerca del número de peces reclutados y la mortalidad por pesca por edad durante 1997, también proporcionan una base para la estimación de la captura en dicho año. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1996 y 1997 es igual al promedio de los reclutamientos de 1989-1996, y

que la mortalidad por pesca por edad en 1997 es igual a la de 1996. La suposición con respecto a la mortalidad por pesca por edad implica que el esfuerzo de pesca será igual en 1997 que en 1996. Los resultados indican que la captura durante 1997 será igual a la de 1996, a menos que cambie el esfuerzo. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor tamaño, tal como ocurrió en el período de 1978-1982 y, en menor grado, en 1988, la captura de 1997, con el esfuerzo al nivel de 1996, será más baja. Claro que si el reclutamiento en 1996 y 1997 resulta ser inferior o superior al promedio, la captura de 1997 será asimismo inferior o superior a lo esperado.

Los análisis del RPR demuestran que dicho rendimiento, a niveles actuales de esfuerzo, sería un 30% mayor si en el futuro la flota sigue concentrando su esfuerzo en peces grandes, tal como hizo en 1991-1995, y no en peces pequeños, tal como ocurrió en 1978-1982 (la diferencia, con 20 mil días, entre las curvas sólidas y de trazos en la Figura 46). El nivel de esfuerzo durante 1991-1995 fue de aproximadamente 20 mil días de cerqueros de la Clase 6 por año, mientras que en 1978-1982 fue en promedio unos 33 mil días por año. Una reducción de 33 mil a 20 mil días durante el período anterior hubiera producido un aumento de aproximadamente 2% en la captura y 68% en la CPDP. Por lo tanto, la combinación del RPR aumentado con el esfuerzo reducido produciría un aumento de un 33% en el RPR ( $1,02 \times 1,30 = 1,33$ ).

En la Figura 47 se ilustran los efectos de dos niveles promedio de reclutamiento distintos, aquellos de 1991-1995 ("elevado") y de 1978-1982 ("bajo"), combinados con la mortalidad por pesca por edad de 1991-1995. La captura es aproximadamente 20% mayor con un reclutamiento elevado que con un reclutamiento bajo con los niveles de esfuerzo de 1978-1982 ó 1991-1995.

En la Figura 48 se ilustran los efectos combinados de reclutamiento elevado y mortalidad por pesca por edad similar a aquélla de 1991-1995 *versus* reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad similar a aquélla de 1978-1982. En este caso la captura de la primera combinación es en promedio un 62% mayor que la segunda para niveles de esfuerzo entre 10 mil y 35 mil días. Un poco menos de la mitad del aumento en la captura estimada proviene del reclutamiento aumentado y un poco más de la mitad del RPR aumentado.

Los modelos de producción cuyos parámetros se estimaron con los datos de 1968-1983 predijeron 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 1990-1997. Obviamente estas estimaciones no son representativas de las condiciones en la pesquería desde 1983 ó 1984. Tal como se indica arriba, los análisis con estructura de edades demuestran que ocurrieron cambios mayores en la mortalidad por pesca por edad y el reclutamiento entre 1983 y 1985, y que estos cambios causaron que la producción del stock fuese mucho mayor que lo esperado por los parámetros del modelo de producción correspondientes a 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 44 y 45). Con los parámetros nuevamente estimados del modelo, se estima que la captura de equilibrio en el OPO en 1997, con los niveles de esfuerzo reducidos de 1992-1996, sería aproximadamente 263 a 272 mil toneladas. Con este nivel de esfuerzo reducido, los dos modelos de producción indican que la CPDP caerá entre 15 y 16 toneladas. Estos valores son casi seguramente demasiado altos; es más probable que la CPDP quede entre unas 11 y 14 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 42). Esta situación dificulta aún más la elaboración de pronósticos a corto plazo con los

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, pero no es posible en la actualidad. En la Figura 49 se presentan las curvas de rendimiento derivadas de los modelos de RPR para los períodos de 1978-1982 y 1991-1996 (Figura 48), más los puntos y curvas de producción de los períodos de 1968-1983 y 1984-1995 (Figura 45, recuadro superior). Durante el período de 1968-1983, cuando hubo una variación interanual considerable en el esfuerzo, pero las capturas anuales promedio fueron aproximadamente iguales, por los motivos comentados en la página 249, las curvas de los dos modelos corresponden bien entre sí. Para el período de 1984-1996, sin embargo, cuando hubo poca variación interanual en el esfuerzo, las curvas no corresponden bien. El modelo de RPR indica que la cantidad de esfuerzo en el período de 1984-1996 fue cerca de o mayor al nivel necesario para producir la captura máxima, mientras que el modelo de producción indican que estaba por debajo de ese nivel.

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 tenues, y en consecuencia se han combinado los resultados de tres modelos diferentes (RPR, cohortes, y producción) para llegar a lo que se cree ser las conclusiones más acertadas.

Los análisis anteriores de RPR, representados por la curva de trazos en la Figura 48 y el recuadro inferior de la Figura 49, demuestran que el nivel actual de esfuerzo (21 mil días de la Clase 6) cae dentro del rango de los niveles necesarios para capturar el RPMS (18 a 22 mil días). Demuestran además que la captura real varía en conformidad con el nivel del rendimiento y la mortalidad por pesca por edad (Figuras 46-48). En 1996 el RPR disminuyó con respecto a los de 1992-1995.

La captura de equilibrio con la mortalidad por pesca por edad de 1996, un reclutamiento de 85 millones de peces (el promedio de 1989-1996), y 21 mil días de esfuerzo sería aproximadamente 228 mil toneladas por año, pero se tardaría varios años en llegar al equilibrio; la captura en 1997 sería unas 249 mil toneladas. Si se aumentara el esfuerzo a unos 23 mil días, la captura de equilibrio sería unas 226 mil toneladas, pero en 1997 la captura sería unas 264 mil toneladas. Cabe destacar que un aumento del esfuerzo de 20 a 23 mil días (un aumento de 10%) reduciría la captura de equilibrio en unas 2 mil toneladas por año (una reducción de menos de 1%), pero la CPDP de equilibrio disminuiría de unas 10,9 a unas 9,8 toneladas por día (una reducción de 11%).

El uso de estimaciones actuales de los parámetros del modelo de producción (Figuras 44 y 45, período tardío) arroja estimaciones del tamaño del stock substancialmente mayores al nivel óptimo. De ser así, la pesquería podría fácilmente capturar una cantidad de pescado superior al RPMS, por ejemplo unas 325 mil toneladas por año del OPO, 275 a 285 mil de las cuales provendrían del ARCAA. Sin embargo, se deberían usar con cautela los valores del modelo de producción, por dos motivos. En primer lugar, el nivel de esfuerzo ha sido casi constante desde 1984 y los valores observados de las capturas y las CPDP han sido substancialmente inferiores a los valores predichos (Figuras 44 y 45, recuadros inferiores). (Se estimaron los parámetros a partir de datos de 1984-1996.) Bajo estas condiciones, las estimaciones son altamente imprecisas. En segundo lugar, el reclutamiento (Figura 32) parece haber estado disminuyendo en los últimos años, y si sigue así, o se estabiliza al nivel de 1991-1996, nuevas estimaciones de los parámetros del modelo de producción indicarán que la productividad del stock es menor de lo que se indicaba anteriormente.

Tal como se comentó en la 57ª reunión de la CIAT en 1996, en los últimos años la flota ha dirigido una mayor porción del esfuerzo hacia peces no asociados con delfines. El pescado cap-

turado en cardúmenes no asociados o asociados con objetos flotantes es más pequeño que aquel capturado en asociación con delfines (Figura 50), así que el cambio en la modalidad de pesca está causando probablemente una declinación de la captura sostenible de aleta amarilla en el OPO. Además, el esfuerzo anual se ha incrementado en un 16% en los últimos cinco años, y los análisis de RPR señalan (Figura 49, recuadro inferior) que esto supera el nivel óptimo de esfuerzo y quizá cause una ligera reducción en la producción sostenible. Estas reducciones tardarían varios años en manifestarse completamente.

### ***Atun barrilete***

Las capturas mundiales de barrilete han superado las de las demás especies de atunes desde hace muchos años. El barrilete formó un 53%, 46%, 45%, 47% y 49% de las capturas mundiales de las especies de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, aleta azul del norte y del sur) en cada año del período de 1991-1996. En el Océano Pacífico el barrilete formó un 58%, 50%, 52%, 52%, y 57% de la captura en esos mismos años. En la Figura 51 se detallan las capturas mundiales de barrilete, clasificadas por área. Las capturas en el Océano Pacífico son mucho mayores que las del Océano Atlántico e Índico, y las del Pacífico central y occidental mucho más grandes que las del Océano Pacífico oriental (OPO). Las capturas en el OPO no demostraron ninguna tendencia positiva entre 1961 y 1996, mientras que las capturas en las otras áreas han aumentado marcadamente.

Existen pesquerías sustanciales de barrilete en el Pacífico nororiental cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo, y la Isla Clipperton, y en el Pacífico sudeste cerca de Centroamérica, el norte de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito, y las Islas Galápagos, y en alta mar al sur de 10°N. La zona de aguas muy cálidas a la altura de México meridional que separa estas dos regiones aparentemente carece de barrilete en la mayoría de los años (Figuras 5 y 6), pero en algunos años (1956, por ejemplo) la distribución de barrilete parece ser continua de norte a sur. La pesca del barrilete en el OPO suele tener lugar más cerca del litoral que la del aleta amarilla, pero en los últimos años, especialmente 1995 y 1996, ha aumentado la proporción de barrilete capturado mar afuera. En el Océano Pacífico central se explota el barrilete a menor escala cerca de las islas de Hawái y la Polinesia y Sociedad. Más al oeste, particularmente entre 10°N y 10°S al este de 140°E, existen pesquerías de barrilete mucho más importantes.

Las capturas totales de barrilete en el OPO varían considerablemente de año en año (Figura 51), y las áreas donde se captura la especie también varían entre años. A fines de la década de los 50 se realizaron grandes capturas de barrilete al sur de 5°S, y luego hasta principios de los años 70 cerca de la costa del Ecuador y el norte de Perú. A principios de los años 70 el centro de abundancia del grupo sudeste pareció trasladarse a aguas frente a Colombia y Centroamérica, y una década después volvió a Colombia y Ecuador. En 1996 se lograron las mayores capturas entre 10°N y 15°S desde el litoral de las Américas hasta 140°W (Figura 6).

En la Figura 17 se ilustra la composición por tamaño de las muestras de barrilete tomadas en el OPO entre 1991 y 1996. Son evidentes diferencias entre años; los peces fueron más grandes en 1991, 1994, y 1996 que en los otros años.

Los atunes son capturados en tres tipos de cardúmenes: asociados con delfines, con objetos flotantes, tales como troncos de árboles, y no asociados con nada excepto otros peces. A diferencia del aleta amarilla, no se captura con frecuencia el barrilete en cardúmenes asociados con delfines. En la Tabla 5 se presentan datos del número de lances cerqueros registrados de cada tipo, las capturas de aleta amarilla, barrilete, y patudo en dichos lances, y las capturas totales de las tres especies. El número de lances sobre atunes asociados con objetos flotantes y no asociados fue máximo entre mediados de los años 70 y principios de los 80, y en ese período se lograron las

mayores capturas de barrilete. Hay actualmente una oposición considerable a la pesca de atunes asociados con delfines, y si los barcos que han pescado de esa manera en años recientes dirigieran su esfuerzo hacia atunes asociados con objetos flotantes y no asociados, es probable que aumenten las capturas de barrilete.

### ***Estructura de la población***

El barrilete ocurre en todas las aguas tropicales y subtropicales del Océano Pacífico, y se sabe que ocurre un intercambio considerable de peces entre áreas (Figura 52). Es de importancia fundamental establecer si estos peces forman parte de una sola subpoblación o de varias, y en este último caso, determinar dónde ocurren las distintas subpoblaciones y cómo varía su 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, datos genéticos bioquímicos, y datos de la composición química de los otolitos de los peces. Diversas organizaciones, entre ellas la CIAT, la Comisión del Pacífico Sur, el National Marine Fisheries Service (NMFS) de EE.UU., y varias entidades japonesas, han estudiado estos temas. Los resultados de estos estudios fueron analizados en una reunión de trabajo patrocinada por la Comisión del Pacífico Sur en 1979, 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 1983, páginas 186-189. En resumen, habían dos hipótesis principales sobre el barrilete del Océano Pacífico: (1) la hipótesis de subpoblaciones separadas, que postulaba que en el Océano Pacífico existen al menos dos subpoblaciones de barrilete genéticamente distintas; (2) la hipótesis de gradación (o clinal), que sostenía 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 se concluyó que la información disponible no permitía decidir a favor de una u otra de las dos hipótesis. Estudios posteriores, descritos en el Informe Anual de la CIAT de 1994, páginas 255-257, no produjeron información que sirviera mejor como base para decisiones administrativas. (No se deben considerar inútiles esos estudios, ya que es posible que la información que arrojaron sea eventualmente combinada con información reunida en el futuro para lograr una comprensión mucho más amplia de la estructura de los stocks de barrilete del Océano Pacífico.)

### ***Abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura***

Tal como se comenta arriba, la abundancia aparente del barrilete es altamente variable en el OPO. Se cree que esto se debe más a los efectos de las condiciones ambientales que a los de la pesca. En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, se publicó un análisis de los efectos de las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura del barrilete en el OPO, y en el Informe Anual de la CIAT de 1994, páginas 257-258, se resumen algunos de los resultados del mismo. 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. El problema podría quizás ser resuelto parcialmente 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 pesquería 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. Separar las capturas de peces provenientes de aquella unidad (o unidades) de población que contribuye(n) a la pesquería del OPO de aquella(s) que no contribuye(n) constituye un problema adicional.

### ***Indices de abundancia***

A partir de datos de captura y esfuerzo se calcularon de varias formas estimaciones de la abundancia relativa del barrilete en el OPO. A pesar de que las pesquerías de cerco y de carnada del OPO están dirigidas principalmente hacia el aleta amarilla y barrilete, y la distribución geográfica de las dos especies es similar, hay estratos de área-tiempo-modalidad de pesca en los cuales las capturas de barrilete son insignificantes. Específicamente, rara vez se captura barrilete en lances cerqueros sobre atunes asociados con delfines, y existen áreas, por ejemplo frente al sur de México (Figuras 5 y 6), donde se capturan solamente pequeñas cantidades de barrilete. Además, tal como se comentó anteriormente, los pescadores a veces dejan pasar oportunidades para capturar barrilete para poder buscar aleta amarilla. La mayoría de los investigadores toman estos factores en cuenta al calcular índices de abundancia para el barrilete.

Se usaron las CPUE de barrilete, en captura por día de pesca (CPDP) de barcos de carnada de la Clase 3 (101 a 200 toneladas cortas (92 a 181 toneladas métricas) de capacidad), como estimaciones de abundancia del barrilete durante el período de 1934-1954 (Boletín de la CIAT, 1 (7)). No se realizaron ajustes para ninguno de los factores mencionados en el párrafo anterior. En la Figura 53 se presentan estas estimaciones.

Otro estudio (Boletín de la CIAT, 13 (1)) se basó en datos de barcos cerqueros y de carnada en 1951-1965. Se examinaron los datos sobre las distribuciones de las capturas de cada año, y se excluyeron aquellos correspondientes a áreas con capturas menores de barrilete. Las áreas cuyos datos fueron excluidos variaron entre años porque las distribuciones de las áreas con las mayores capturas variaron entre años. Luego se calcularon las CPDP para barcos de carnada de la Clase 4 (201 a 300 toneladas cortas (182 a 272 toneladas métricas) de capacidad) en 1951-1965 y para cerqueros de la misma clase y capacidad en 1960-1965, y se usaron como índices de la abundancia del barrilete en esos años. En la Figura 53 se presentan también estas estimaciones.

En un tercer estudio (Boletín de la CIAT, 19 (6)) se usaron datos de barcos de cerco y de carnada para estimar índices de abundancia de barrilete para 1961-1984. Se designaron 22 áreas de 5° x 5° "áreas de barrilete," y se excluyeron de los análisis los datos sobre el esfuerzo de pesca en otras áreas. Asimismo fueron excluidos los datos correspondientes a lances sobre atunes asociados con delfines. Se ajustaron los datos para compensar por el efecto del aumento en la proporción de lances con captura de barrilete durante el período bajo consideración. A continuación se calcularon las capturas por día de pesca de cerqueros de las Clases 3 y 6 (más de 400 toneladas cortas (363 toneladas métricas) de capacidad) y de barcos de carnada ecuatorianos. En la Figura 53 se presentan también las estimaciones correspondientes a los cerqueros de la Clase 6 y los barcos de carnada ecuatorianos.

Ultimamente, se han usado datos de CPUE de aleta amarilla y barrilete combinados correspondientes a 1959-1996 para calcular índices de abundancia de estas dos especies. Los datos de 1968-1996 son de captura por día de pesca (CPDP) de cerqueros de la Clase 6; aquellos de 1959-1967 son de captura por día estandarizado de pesca (CPDEP) de barcos de carnada de la Clase 4, multiplicado por 2,82 para compensar por el hecho de que los cerqueros de la Clase 6 son aproximadamente 2,82 veces más eficaces que los barcos de carnada de la Clase 4. Se calculó el 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 pescando en los mismos estratos de área-tiempo durante el período de 1965-1974, cuando había una cantidad suficiente de ambos tipos de barco en la pesquería. Ya que los datos de 1968-1996 son de CPDP de barcos de la Clase 6 y aquellos de 1959-1967 están ajustados al equivalente de la CPDP de los barcos de esa clase, de ahora en adelante serán denominados datos de CPDP. Las capturas totales de aleta

amarilla y barrilete combinados realizadas en cada año por todas las artes de superficie al este de 150°W fueron divididas por la CPDP de ambas especies combinadas en viajes de pesca no reglamentados a fin de estimar el esfuerzo total en días de barco cerquero de la Clase 6. Estas estimaciones de esfuerzo total fueron divididas en la captura total de aleta amarilla y la captura total de barrilete para obtener la CPDP de cada especie por separado. No se hicieron ajustes para compensar el hecho de que no todo el esfuerzo de pesca en el OPO está dirigido hacia el barrilete. En la Figura 53 se presentan también estas estimaciones.

Las CPUE son mayores para los años 60 que para los anteriores o subsiguientes. Existen cuatro motivos posibles por este fenómeno. En primer lugar, es posible que los peces hayan sido más abundantes o más vulnerables a la captura en los años 60. En segundo lugar, en el caso de los datos en los recuadros segundo y tercero, es posible que los procedimientos usados para eliminar datos de áreas en las cuales el esfuerzo de pesca estuvo dirigido principalmente hacia especies aparte del barrilete no hayan cumplido plenamente esta intención. En tercer lugar, para el quinto recuadro, no se hizo intento alguno de eliminar datos de áreas en las cuales el esfuerzo de pesca estuvo dirigido principalmente hacia especies aparte del barrilete. Y en cuarto lugar, para los recuadros tercero y quinto, es posible que algunos o todos de los factores usados para convertir de una tipo de esfuerzo a otro estuvieran sesgados.

A juicio de los investigadores de la CIAT, ninguna de estas estimaciones es satisfactoria, y se justifica continuar los estudios.

### ***Evaluación de los stocks***

Se sabe desde hace tiempo que ocurre intercambio de peces entre el OPO y el Pacífico central y occidental (Figura 52), pero no existen medidas del alcance de este intercambio.

Las capturas de barrilete en el OPO son más variables que las de aleta amarilla. Esto se debe a la mayor abundancia, disponibilidad, y/o vulnerabilidad a la captura del barrilete en el OPO comparado con el aleta amarilla. Las CPUE de barrilete varían entre años por un factor de aproximadamente 7 (Boletín de la CIAT, 19 (6): Tablas 9 y 10), mientras que las de aleta amarilla varían entre años por un factor de aproximadamente 3 (Tabla 12). Hay dos causas de la mayor variabilidad del barrilete. En primer lugar, el reclutamiento del barrilete (Boletín de la CIAT, 19 (6): Tabla 14) es más variable que aquél del aleta amarilla (Tabla 10). En segundo lugar, se capturan menos grupos de edad de barrilete que de aleta amarilla, y la presencia de más grupos de edad suele disminuir las fluctuaciones entre años en las capturas. Además, se deben tener en cuenta factores económicos. Con la sustitución de barcos pequeños con barcos grandes en las décadas de los 70 y 80, mayores proporciones del esfuerzo de pesca fueron ejercidas a mayor distancia de la costa, donde el barrilete es menos abundante y más difícil de capturar. También, los pescadores a veces no aprovechaban oportunidades para capturar barriletes en áreas donde abundaban y eran fáciles de capturar porque las enlatadoras no los aceptarían o porque se vendía a un precio considerablemente menor que el aleta amarilla. A fines de 1993 los pescadores descubrieron que atunes patudo asociados con objetos flotantes, pero a bastante profundidad, podían ser detectados con equipo de sonar y capturados con red de cerco. Esta pesquería tiene lugar principalmente entre 10°N y 15°S entre la costa y 140°W y, además del patudo, captura también grandes cantidades de barrilete y aleta amarilla juvenil. Fue mayormente responsable de las capturas anormalmente altas de barrilete durante 1995 y 1996.

### ***Modelos con estructura de edades***

En la sección del presente informe que trata del aleta amarilla se analiza el método de rendimiento por recluta (RPR) con relación al modelado con estructura de edades. Se calculan las



estimaciones de los RPR que se puede obtener con varias combinaciones de tamaño de ingreso y mortalidad por pesca. En la mayoría de los casos los resultados indican que (1) los RPR serán mayores si no se explotan los peces pequeños y (2) si se capturan peces de tamaño inferior al crítico, los RPR serán mayores con niveles de esfuerzo intermedios que con altos. Sin embargo, si la población no es cerrada, y peces entran al área de pesca, permanecen brevemente, y se van, es posible que no haya motivo por evitar la captura de peces pequeños ni limitar el esfuerzo de pesca. Se ha llevado a cabo un análisis de RPR, basado en el supuesto de que el barrilete del OPO constituye una población cerrada. En la Figura 54 se presentan los RPR para el barrilete correspondientes a varias combinaciones de mortalidad natural, esfuerzo de pesca, y tamaño de ingreso. Para llegar a los cálculos que forman la base de esta figura se integraron las estimaciones de los investigadores de la CIAT de la mortalidad por pesca para cada tamaño durante 1986-1987, y del crecimiento y la mortalidad natural. Las fuentes de los datos sobre crecimiento en peso son las siguientes:

Cálculo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en longitud	24 cm/año	Boletín de la CIAT, 19 (6)
Relación peso-longitud	$\log w = 3,335 \log l - 8,250$	Boletín de la CIAT, 4 (2)

Se usó un coeficiente anual de mortalidad natural de 1,5 (un 78%). Los valores en la escala horizontal son múltiplos del esfuerzo de pesca; es decir, 0,5, 1,0, y 2,0 representan valores de esfuerzo equivalentes a la mitad de, igual a, y el doble de los valores reales de esfuerzo de 1986-1987. Distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y tamaño de ingreso arrojan RPR distintos, indicados por curvas. Por ejemplo, si se fija el multiplicador en 1 y el tamaño de ingreso en 40 cm (unos 1,2 kg/2,7 libras), el RPR sería aproximadamente 0,719 kg (1,59 libras). Si se fijara el multiplicador en aproximadamente 3 y el tamaño de ingreso en unos 48 cm (aproximadamente 2,3 kg/5,0 libras) se podría lograr el RPR máximo de unos 0,735 kg (1.62 libras). Con el nivel de esfuerzo de 1986-1987 un aumento del tamaño de ingreso de 30 a 40 cm incrementaría el RPR de 0,712 a 0,717 kg, un aumento de menos de 1%. Con la mortalidad por pesca por tamaño de 1986-1987, doblar o triplicar el esfuerzo de pesca resultaría en aumentos en el RPR a 0,721 ó 0,725 kg, respectivamente, incrementos de menos de 2%. Se podría lograr el aumento máximo posible, un 3%, si se aumentara el tamaño de ingreso a unos 48 cm y se triplicara el esfuerzo de pesca. Esto se debe a que la pérdida en el peso total de una cohorte de peces por mortalidad natural excede su incremento por crecimiento, aún cuando los peces miden menos de 50 cm y están presuntamente creciendo con rapidez.

### ***Modelos de producción***

En la sección del presente informe que trata del aleta amarilla se describen los modelos de producción, basados en índices de abundancia de los peces. Se examinan los datos de CPUE y esfuerzo para ver si los dos están relacionados; si no, es posible que el esfuerzo de pesca no esté afectando la abundancia de los peces. Se examinaron datos de CPUE de barrilete y esfuerzo de pesca en el OPO, y no se descubrieron relaciones significativas. Se atribuye la falta de relación a la posibilidad de que la llegada y salida de los barriletes del Pacífico central y/o occidental ejerce una mayor influencia que la pesca sobre su abundancia en el OPO. Sin embargo, existe también el problema de determinar cuál esfuerzo debería ser considerado esfuerzo sobre barrilete, ya que (tal como se comenta arriba) el barrilete no es el blanco principal de la pesquería.

### ***Relación reproductor-recluta***

En la sección del presente informe que trata del aleta amarilla se describen los modelos reproductor-recluta. Debido a la falta de conocimientos de la estructura de los stocks de barrilete,

es imposible aplicar esos modelos a la especie en el Océano Pacífico de forma significativa. El barrilete es menos explotado que la mayoría de las demás especies comerciales de atunes, y se cree generalmente que el reclutamiento del barrilete no ha sido afectado por la reducción en la abundancia de los reproductores debido a la pesca.

Se señaló anteriormente que las capturas de barrilete descartadas (es decir, las capturas que no fueron descartadas en el mar) fueron considerablemente mayores durante 1975-1982 y 1995-1996 que en los demás años del período de 1961-1996, y es por lo tanto interesante analizar la información sobre la relación entre el esfuerzo de pesca dirigido hacia la especie y las capturas de la misma descartadas. Rara vez se capturan barriletes en lances sobre atunes asociados con delfines, y por lo tanto se consideraron solamente lances sobre objetos flotantes y cardúmenes no asociados. En la Figura 55 se presentan estos datos, obtenidos de la Tabla 5. Es aparente que las capturas descartadas son aproximadamente proporcionales al esfuerzo, lo cual no concuerda con los resultados en la Figura 54. La discrepancia entre las Figuras 54 y 55 se podría deber a que la población de barrilete en el OPO no sea cerrada. En ese caso, es posible que, cuando se saca barrilete de áreas donde son más vulnerables a la captura, peces de otras áreas se trasladen a estas áreas para reemplazarlos. Si el reemplazo ocurre rápidamente, las descargas podrían ser aproximadamente proporcionales al esfuerzo, tal como parece ocurrir en la Figura 55. Además, se puede ver en el recuadro inferior de la Figura 53 que las CPUE estuvieron a más o menos el mismo nivel en 1975-1982, período en el cual se realizaron cantidades relativamente grandes de lances sobre atunes no asociados y asociados con objetos flotantes, y 1983-1994, cuando se realizaron relativamente pocos lances de estos tipos.

Por otra parte, la discrepancia entre las Figuras 54 y 55 podría deberse, al menos parcialmente, a diferencias en las proporciones de barrilete descartadas durante distintos períodos. La demanda comercial de la especie fue mayor durante 1975-1982 que durante 1983-1994, así que si se pudieran sustituir las capturas descartadas en la Figura 55 con las capturas totales (incluido el pescado desechado en el mar; Tabla 38), la figura sería algo diferente. Datos tomados por los observadores durante 1993-1996 sobre los desechos de barrilete por barcos cerqueros de la Clase 6 indican que las capturas totales fueron un 15 a 30% superiores a las descargas (Tabla 3).

#### ***Consideraciones para 1997***

Se puede afirmar con bastante certeza que el barrilete ha sido subexplotado en el OPO. Sin embargo, esta situación podría cambiar, y es por lo tanto importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el ambiente.

#### ***Atun patudo***

Las capturas mundiales de patudo son inferiores a aquellas de barrilete y aleta amarilla, pero superiores a las de albacora y aleta azul del norte y del sur. La mayoría de la captura de esta especie es consumida fresca, mientras que el barrilete y aleta amarilla son generalmente enlatados. Ya que se pagan precios mucho más elevados por pescado destinado al mercado de pescado fresco, el patudo forma un componente muy importante de las capturas mundiales de atunes. Entre 1965 y 1992, del 21 al 43% de la captura mundial de patudo provino del Océano Pacífico oriental (OPO) (Tabla 13).

Los patudos son capturados principalmente con palangres, que pescan a profundidades considerables bajo la superficie. A principios de los años 50 había poca pesca con palangre en el OPO, y por lo tanto las capturas de patudo en el área fueron bajas. A mediados de la década barcos palangreros japoneses comenzaron a pescar en el OPO, y las capturas de patudo aumen-

taron. Por consiguiente, a partir de la década de los 60, los investigadores de la CIAT prestaron mayor atención a la especie. Entre 1963 y 1996 seis científicos japoneses del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) trabajaron en La Jolla en colaboración con científicos de la CIAT sobre la pesquería palangrera japonesa de patudo y especies afines en el OPO. A principios de los años 90 pescadores faenando en el OPO descubrieron que patudos asociados con objetos flotantes, pero a bastante profundidad, pueden ser detectados con equipo de sonar y capturados con red de cerco. Muchos de estos objetos flotantes eran balsas para agregar peces lanzadas al agua por los pescadores. La mayoría de estas capturas de patudo provinieron de entre 5°N y 10°S. Por consiguiente, a partir de 1995, los investigadores de la CIAT intensificaron aún más sus estudios del patudo, principalmente con miras a estimar los efectos del aumento de las capturas por la pesquería de superficie sobre la pesquería palangrera y sobre el rendimiento sostenible.

### ***Pesquerías***

#### ***La pesquería de superficie***

Los patudos son capturados cerca de la superficie del agua por barcos cerqueros y de carnada, curricanes, y barcos de pesca deportiva. Las capturas de la especie por barcos cerqueros son mucho mayores que las de todos los demás tipos de barcos de pesca de superficie combinados. Las capturas cerqueras aumentaron a fines de los años 60 y en la década de los 70, disminuyeron a partir de 1981, y luego aumentaron dramáticamente en 1994, 1995, y 1996 (Tabla 13). En las Figuras 7 y 8 se ilustran las distribuciones de las capturas de patudo registradas por barcos cerqueros en el OPO durante 1981-1995 y 1996. Las capturas al sudoeste de las Islas Galápagos fueron mucho mayores en 1996 que durante 1994 y 1995 (Informe Anual de la CIAT de 1995: Figuras 7 y 8).

El aumento en las capturas cerqueras de patudo a fines de los años 60 y en los años 70 se debió aparentemente a dos factores. En primer lugar, las capturas reales aumentaron probablemente porque entre 1966 y 1979 se impusieron restricciones sobre la pesca del aleta amarilla, pero no la del patudo, situación que en algunos casos resultó en que los pescadores buscaran patudo más que aleta amarilla. Es probable que al mismo tiempo mejoró la pericia de los pescadores en la captura del patudo. En segundo lugar, las estadísticas colectadas a partir de mediados de los años 60 son más precisas. En la mayoría de los años se pagaba a los pescadores el mismo precio por el patudo y el aleta amarilla capturado en la pesquería de superficie, y a menudo el patudo fue registrado como aleta amarilla. Desde el inicio de la reglamentación de la pesca es más común registrar las dos especies por separado, y en lugares donde no se hace así ha mejorado la cobertura por empleados de la CIAT, que estiman las proporciones de las dos especies en descargas mixtas. Dos estudios recientes (Informe Anual de la CIAT de 1991: 212-213; este informe, páginas 224-225) indican que la identificación equivocada de patudo como aleta amarilla no ha sido un problema grave en los últimos años.

Tal como se comenta arriba, el aumento en las capturas de patudo durante 1994-1996 se debió aparentemente al desarrollo de nuevas técnicas para capturar patudos asociados con objetos flotantes.

Durante 1971-1991 un 62% de las capturas cerqueras de patudo provino de cardúmenes no asociados, 33% de cardúmenes asociados con objetos flotantes, y 5% de cardúmenes asociados con ballenas, tiburones, o delfines (Boletín de la CIAT, 20 (8)). Hubo una superposición considerable de los tamaños de los patudos capturados en las pesquerías de superficie y palangrera. La captura promedio de patudo por lance positivo sobre patudos fue 21 toneladas métricas (20, 26, y 16

toneladas métricas para cardúmenes no asociados, asociados con objetos flotantes, y asociados con ballenas, tiburones, o delfines, respectivamente). (Se define un lance "positivo" sobre patudos como uno en el cual se capturó 0,5 o más toneladas cortas de patudo, sin tener en cuenta la captura de otras especies en el mismo lance.)

En el período de 1990-1993 menos de la mitad de los lances en los cuales se capturó patudo fueron realizados sobre objetos flotantes, y aproximadamente la mitad del patudo capturado provino de ese tipo de lance (Tabla 5). Durante 1994-1996, en cambio, una porción mucho mayor de los lances sobre patudos fueron hechos sobre objetos flotantes, y el 90 a 95% del patudo capturado provino de ese tipo de lance.

Durante 1994-1996 la mayoría de los lances en los cuales se capturó patudo incluyeron aleta amarilla, barrilete, o ambos.

En la Figura 19 se presentan las distribuciones de longitud de los patudos capturados en el OPO con artes de superficie durante cada año del período 1991-1996. Los patudos capturados durante 1994-1996 (especialmente 1996) fueron más pequeños que aquéllos capturados durante 1990-1993. En la Figura 56 se presentan datos sobre las frecuencias de longitud de patudos capturados en cardúmenes no asociados y en cardúmenes asociados con objetos flotantes. (Se captura muy poco patudo asociado con delfines.) Los pescados provenientes de los cardúmenes asociados con objetos flotantes suelen ser más pequeños que aquellos de los cardúmenes no asociados, y el número de lances sobre objetos flotantes con captura de patudo ha aumentado considerablemente más que aquél de lances sobre cardúmenes no asociados pero con captura de patudo.

### *La pesquería palangrera*

Estudios de la pesquería palangrera japonesa realizados conjuntamente por científicos japoneses y de la CIAT (Boletines de la CIAT, 9 (6), 11 (2), 11 (3), 13 (2), 16 (2), 19 (1), y 20 (5)) incluyen análisis de datos de las tendencias en el esfuerzo y las capturas, distribuciones horizontales, verticales, y temporales de las capturas, tendencias en la abundancia aparente, composición por longitud, y madurez del patudo.

En las Figuras 57 y 58 se ilustran las distribuciones del esfuerzo, en números de anzuelos, y las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE; número de peces capturados por 100 anzuelos) de patudo por palangreros japoneses en el OPO, promediados sobre el período de 1988-1992. Hubo apenas captura en el área al norte de 10°N y al este de 125°W en todos los trimestres. Se registraron las mayores CPUE (1) entre Ecuador y 120°W y 10°S y 5°N durante todo el año, (2) al noreste de Hawaii entre 20°N y 33°N y 122°W y 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 y 80°W y 90°W durante el tercer trimestre.

La distribución del esfuerzo no coincidió bien con las áreas de mayores CPUE de patudo, pese a que el patudo fue la especie más importante capturada por los palangreros japoneses. Por ejemplo, son aparentes grandes concentraciones de esfuerzo en aguas ecuatoriales (8°N a 15°S y al oeste de 100°W), pero las CPUE de patudo en esta área no fueron particularmente elevadas. Además, aunque las CPUE de patudo fueron bastante altas al noreste de Hawaii y frente al sur del Perú y el norte de Chile, no se ejerció mucho esfuerzo en esas áreas. Esto podría ser debido a que en la región ecuatorial se podía capturar patudo durante todo el año y los peces solían ser grandes, mientras que en las latitudes más elevadas la ocurrencia de la especie era más estacional y los peces solían ser más pequeños.

En 1992 se completó un estudio utilizando modelos lineales generales (MLG) para estandarizar las CPUE de patudo en el OPO (Boletín de la CIAT, 20 (4)). Se consideraron los efectos de año, estación, área, y profundidad de la pesca, y se descubrió que todos ejercían efectos

significativos sobre las CPUE. Más recientemente, se usó una modificación del método de MLG con datos de CPUE palangrera de patudo para calcular estimaciones estandarizadas de la abundancia relativa de esa especie en el OPO durante 1975-1994.

En la Figura 59 se presentan datos de frecuencia de longitud correspondientes a patudos capturados con palangre en el OPO entre 40°N y 35°S durante 1987-1992. Las composiciones de longitud y pesos promedio no variaron mucho en este período, pero los pesos promedio (Tabla 14) fueron más variables en los años anteriores a 1987.

### ***Estadísticas de captura***

Datos sobre la pesquería japonesa atunera con palangre, inclusive capturas por especie, posición (áreas de 5°), fecha (año y mes), y frecuencias de longitud y/o peso de los pescados muestreados, son proporcionados a la CIAT por el NRIFSF. Además, el Centro de Investigación del Atún del Instituto de Oceanografía de la Universidad Nacional de Taiwan, y la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de la Pesca de Corea proporcionan datos sobre las capturas de peces de cada especie por barcos palangreros de la República de China y la República de Corea en el OPO. Se obtienen datos sobre las pesquerías palangreras de naciones del hemisferio occidental de varias organizaciones gubernamentales y de fuentes industriales.

En las Tablas 14 a 16 se detallan las capturas, en números y pesos del pescado, y los pesos promedio de los mismos. La mayoría de la captura palangrera de patudo en el OPO es realizada por barcos japoneses (Tabla 14). Las capturas con artes de superficie durante 1994-1996 fueron mucho mayores que las de años anteriores (Tabla 15), y es posible que en 1996, por primera vez, la captura cerquera haya sido mayor que la captura palangrera (Tabla 13). La captura total anual de patudo por todas las artes (Tabla 16) fue en promedio 60 mil toneladas métricas en 1964-1985 y 86 mil toneladas métricas en 1986-1996.

El tamaño promedio de pescados capturados por barcos palangreros japoneses disminuyó desde principios de la década de los 70 hasta principios de la década siguiente (Tabla 14). Aumentó en 1983 y 1984, luego disminuyó desde 1985 hasta 1995, con la excepción de 1987. Estos cambios en el tamaño promedio podrían estar vinculados al aumento en el uso de palangres que pescan a mayor profundidad, con 12 ó 13 anzuelos por canasta, que comenzó a principios de los años 80 (Boletín de la CIAT, 20 (5): Figura 7). El peso promedio de los patudos capturados por la pesquería de superficie ha sido altamente variable (Tabla 15), pero el número de muestras tomado fue pequeño, excepto en 1994-1996. El peso promedio en 1996 fue el más bajo desde 1977.

### ***Índices de abundancia***

El índice de abundancia de patudo en el OPO más sencillo es la captura palangrera, en número de patudos, dividida por el número de anzuelos calados, para el OPO entero o para las áreas en el OPO con las mayores capturas de patudo (Boletín de la CIAT, 20 (5)).

A mediados de la década de los 70, los palangreros japoneses comenzaron a usar artes con mayor distancia entre las boyas y más anzuelos por canasta, particularmente en aguas ecuatoriales, y el uso de palangres con esta configuración se amplió al norte y al sur en los años siguientes. Se les denomina palangres profundos. Los anzuelos a mayor distancia de las boyas de los palangres profundos pescan a mayor profundidad que cualquier anzuelo de los palangres convencionales. Los patudos pasan más tiempo en y por debajo de la termoclina que la mayoría de las otras especies (Fish. Ocean., 3 (3): 204-216), por lo que el cambio a palangres profundos debería haber aumentado la capacidad de los palangres de pescar patudo. (Cabe destacar, sin embargo, que el número de anzuelos calados por día permaneció aproximadamente igual, y que muchos de los anzuelos de los palangres profundos pescan a las mismas profundidades que los de los palan-

gres convencionales.) Tal como se comenta arriba, se usaron modelos lineales generales para compensar las diferencias en las CPUE de patudo con palangre en varios estratos de área, estación, y profundidad. Se han usado dos modelos, y en cada uno los efectos de año sirvieron como índices anuales de abundancia, estandarizados por los otros factores. El primer modelo usó el programa de computadora SAS GLM, con el logaritmo natural de la CPUE (definido como  $1 +$  el número de patudos capturados por mil anzuelos) como variable dependiente. El segundo modelo usó el programa SAS GENMOD, utilizando la distribución Poisson de captura de patudo con un ajuste del logaritmo natural del esfuerzo de pesca en número de anzuelos. Los análisis señalaron interacciones significativas entre años y áreas, y por lo tanto se efectuaron análisis separados para cada área. Se obtuvieron resultados similares con los dos modelos para cada área, con año, bimestre, profundidad máxima de pesca de los anzuelos, e interacciones entre bimestre y profundidad máxima de pesca significativos en cada caso. Se calcularon las CPUE para el OPO entero (Figura 60) a partir de promedios ponderados de las CPUE de las áreas individuales.

### ***Evaluación del stock***

En general, hay tres aproximaciones al análisis de los efectos de la pesca sobre una población de peces, el modelado con estructura de edades, el modelado de reproductor-recluta, y el modelado de producción. Más adelante se comenta la aplicación de éstos al atún patudo en el OPO. Estos análisis deberían ser considerados preliminares, ya que se sabe poco sobre la tasa de intercambio de peces entre el OPO y el Pacífico central y occidental. Además, hay una insuficiencia de información sobre algunos parámetros importantes, tales como crecimiento y mortalidad natural por edad y sexo, el tamaño al cual los peces alcanzan la madurez sexual, etcétera. Existen también problemas con la estratificación espaciotemporal de los datos de longitud y estandarización de los datos de esfuerzo y CPUE palangreros. Tal como se hará aparente, los resultados obtenidos con varios valores experimentales de mortalidad natural son bastante diferentes, y estimaciones más precisas de este parámetro serían de gran valor.

### ***Modelos con estructura de edades***

Se han hecho varias suposiciones para facilitar los análisis con estructura de edades. Incluyen los siguientes: (1) hay un solo stock (definido en el Boletín de la CIAT, Vol. 17, N° 5) de patudo en el OPO, y la tasa de intercambio de peces entre el OPO y otras partes del Océano Pacífico no ha cambiado durante el periodo del estudio; (2) la mortalidad natural es constante una vez reclutados los peces a la pesquería, es igual para ambos sexos, y no varía de año en año; (3) las tasas de crecimiento son iguales para ambos sexos y varían de año en año solamente al grado permitido por las restricciones necesarias para ajustar las distribuciones de frecuencia de longitud normales, tal como se describe más adelante.

Patudos marcados liberados en el Mar del Coral, cerca de Australia, han sido recapturados hasta en Hawaii, pero la mayoría de los peces recapturados habían recorrido distancias mucho menores. Ocurre probablemente lo mismo con el patudo en el OPO. En realidad, la proporción de machos a hembras suele ser significativamente más de 1 para peces mayores (Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 1: 57-98), lo cual implica que las hembras mayores crecen más lentamente que los machos mayores o que la tasa de mortalidad natural es más alta para las hembras mayores que para los machos mayores. Sin embargo, la cantidad de información disponible es insuficiente para permitir incorporar crecimiento o mortalidad diferencial en los cálculos.

### ***Análisis de cohortes***

Como primer paso en los análisis de cohortes, los pescados en las capturas necesitan ser asignados a cohortes. (Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo

tiempo; más adelante se proporcionará mayor detalle sobre las cohortes de patudo que existen en el OPO.) Los análisis arrojan estimaciones del número de peces de cada cohorte en el momento de reclutamiento y a varios intervalos posteriores y del número que se captura y que muere durante cada intervalo. La información necesaria para estos cálculos incluye los números de peces de cada cohorte en la captura durante cada intervalo de tiempo, una estimación de la tasa de mortalidad natural, y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca para al menos un intervalo de tiempo con captura para cada cohorte. Estas tasas son denominadas tasas "de inicio" de mortalidad por pesca. Todas estas estimaciones provienen de análisis de estadísticas de captura y datos de frecuencia de longitud, combinados con una ecuación o más de la relación o relaciones peso-longitud.

Los datos básicos para los análisis de cohortes del atún patudo en el OPO son: (1) capturas de patudo, en número de peces, por barcos palangreros de Japón y las Repúblicas de China y de Corea, por área (Figura 61), año (1971-1992), y mes; (2) datos de frecuencia de longitud de patudos capturados en el OPO por barcos palangreros japoneses, por área, año, y mes; (3) capturas de patudo, en toneladas métricas, por barcos cerqueros y de carnada, por área (Figura 12), año (1971-1996), y mes; (4) datos de frecuencia de longitud de patudos capturados en el OPO por barcos cerqueros y de carnada, por área, año, y mes; (5) ecuaciones peso-longitud para patudos capturados con palangre y red de cerco. Los datos correspondientes a las pesquerías cerqueras y de carnada fueron tomados por el personal de la CIAT. Los análisis de los datos de frecuencia de longitud fueron realizados con los métodos descritos en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 6. Los datos de captura de los barcos palangreros japoneses, chinos, y coreanos fueron combinados con datos de frecuencia de longitud de los barcos palangreros japoneses para estimar las capturas (estratificadas por área (Figura 61) y tiempo) de la pesquería palangrera, por intervalos de 1 cm, en 1971-1992. Se estimaron los pesos promedio de los peces a partir de las distribuciones de frecuencia de longitud y la ecuación peso-longitud  $w = (3,661 \times 10^{-5}) l^{2.90182}$ , donde  $w$  = peso en kg y  $l$  = longitud en cm (Governor's [Hawaii] Conf. Central Pacif. Fish. Resources, Proc.: 197-201). Se calcularon estimaciones equivalentes de las frecuencias de longitud de los peces capturados con palangres durante 1993-1995 promediando los datos correspondientes a 1990-1992 y ajustándolos a la captura total, en número de pescados, proporcionada por el NRIFSF. Se supuso que la captura de 1996 fue igual a la de 1995. De la misma forma, se usaron los datos de captura y frecuencia de longitud de las pesquerías cerquera y de carnada para estimar las capturas de superficie, estratificadas por área (Figura 12) y tiempo, por intervalos de 1 cm, en 1975-1996. Se calcularon estimaciones equivalentes de las capturas de superficie en 1971-1974 combinando los datos de captura de esos años y los datos de frecuencia de longitud promedio de la pesquería de superficie en 1975-1993. A continuación se combinaron los datos de palangre y superficie para producir estimaciones mensuales de las capturas en todas las áreas combinadas, en número de peces y en toneladas métricas, por intervalos de 1 cm. Estas distribuciones de frecuencia de longitud indican que hay dos cohortes, la X, reclutada en julio alrededor de los 30 cm, y la Y, reclutada en enero y a la misma longitud.

Si los peces viven hasta unos 10 años, lo cual parece probable, podrían haber hasta 20 cohortes presentes en la captura de cada mes. Se convirtieron las frecuencias de longitud en frecuencias de edad, ajustando a cada distribución mensual de frecuencia de longitud una distribución compuesta de 20 distribuciones normales. La estimación de los 20 promedios para cada mes fue restringida por la curva de crecimiento (estimada a partir de progresiones modales), y la estimación de las 20 desviaciones estándar para cada mes fue restringida por los rangos presentados por los grupos modales en la distribución de las longitudes. En la Figura 62 se presentan las frecuencias de captura, por edad, correspondientes a las cohortes X e Y combinadas entre 1971 y 1996.

Se analizaron los datos mensuales de captura a edad correspondientes a cada cohorte presente en la pesquería durante 1971-1996 (las cohortes X62 a X96 y Y62 a Y96). Ya que se cree que la tasa de mortalidad natural anual ( $M$ ) está entre 0,4 y 0,8, se realizaron los análisis con valores de 0,4, 0,6, y 0,8 asignados a  $M$ . Se comenzó cada análisis adivinando la tasa instantánea de mortalidad por pesca anual ( $F$ ) para el último mes en el cual fueron capturados peces de cada cohorte. Estos valores de inicio de  $F$  fueron entonces ajustados hasta obtener estimaciones del número de peces en la población compatibles con las CPUE palangreras estandarizadas (Boletín de la CIAT, 20 (4)) (Figura 63). La selección final para cada cohorte permite estimar el número de patudos en esa cohorte al comienzo de cada mes y el  $F$  correspondiente a esa cohorte para cada mes. En la Tabla 17 se detalla el número promedio estimado de peces de cada grupo de edad de cada cohorte en la población en julio de cada año, y en la Tabla 18 ciertos valores promedios de  $F$  correspondientes a varios años. (En la Tabla 17 la primera fila detalla las poblaciones estimadas de peces de edad 0 a 9 en 1971, o sea que los de edad 0 pertenecen a las cohortes X71 e Y71, los de edad 1 a las cohortes X70 e Y70, y así sucesivamente. En la Tabla 18 las columnas encabezadas por 1971-79, 1980-87, 1988-93, y 1994-96 detallan las estimaciones de  $F$  promedio correspondientes a peces de edades de 0 a 9 en esos períodos.) Los pesos promedio a edad fueron estimados a partir de las estimaciones de las capturas en número y peso de peces; en la Tabla 19 se presentan las estimaciones a intervalos trimestrales. En la Figura 64 se presentan estimaciones de la biomasa de la población calculadas a partir de las estimaciones del tamaño de la misma (Tabla 17).

Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada ya que, aunque es generalmente posible distinguir peces de distintas cohortes cuando son jóvenes, se hace más y más difícil a medida que envejecen, y es por lo tanto probable que peces mayores sean asignados a cohortes incorrectas. Además, las estimaciones de  $M$  son esencialmente conjeturas. La capturabilidad de los peces varía de acuerdo a la edad, el área, la estación del año, las condiciones meteorológicas y oceanográficas, y otras circunstancias, varían las tasas de crecimiento y también el momento de reclutamiento. Todo esto introduce "interferencia," y posiblemente también sesgos, en los cálculos.

El análisis de cohortes también produce estimaciones del reclutamiento para cada cohorte correspondientes a cada valor de  $M$  y conjunto de valores de inicio de  $F$ ; en la Figura 65 se presentan aquéllas correspondientes a los valores de inicio de  $F$  que produjeron las estimaciones en la Figura 64.

### ***Análisis de rendimiento por recluta***

En la sección que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla se describe el método de rendimiento por recluta (RPR) usando modelos estructurados por edad. Se calculan las estimaciones de los RPR que se pueden obtener con varias combinaciones de tamaño de ingreso y mortalidad por pesca. Se usaron estimaciones de la  $F$  por edad para cada mes y estimaciones del reclutamiento (Figura 65) obtenidas del análisis de cohortes, estimaciones del peso promedio de los peces de cada edad (Tabla 19), y valores de  $M$  de 0,4, 0,6, y 0,8 para calcular estimaciones del RPR para las cohortes de 1971 a 1986, para las cuales se dispone de datos completos del ciclo vital (Tabla 20). En la Figura 66 se presentan los RPR estimados que se pueden obtener con varios múltiplos del esfuerzo de pesca de 1982 y 1994 y tres estimaciones de  $M$ . Los RPR obtenidos con distintas estimaciones de  $M$  son bastante diferentes, particularmente en el recuadro derecho de la figura.

### ***Relación reproductor-recluta***

Es necesario permitir que al menos algunos de los individuos de una población de peces se reproduzcan al menos una vez antes de ser capturados. Si el desove ocurre mucho antes de



alcanzar los peces el tamaño al cual empiezan a ser capturados, no existe probablemente ningún peligro, pero si no tiene lugar hasta después de ingresar los peces a la pesquería, y el esfuerzo de pesca es elevado, existe la posibilidad de que el número de reproductores disminuya tanto que se reduzca el reclutamiento en años subsiguientes. (No se debe suponer, sin embargo, que una reducción modesta en el número de reproductores reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, ya que esto no parece ocurrir con ninguna de las especies de atunes tropicales en el rango de abundancia de reproductores observado.) En la Figura 67 se presentan datos, obtenidos de los análisis de cohortes, sobre la abundancia relativa de peces de 3 a 9 años de edad, que se supone ser reproductores, y reclutas (peces de edad 0). Estos datos no indican que estas dos variables estén correlacionadas, lo cual es de esperar en vista de que la abundancia de los reproductores no varió mucho en el período en cuestión. No obstante, se debe seguir vigilando esta relación, particularmente si disminuye la abundancia de los reproductores.

### *Modelos de producción*

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, utilizan datos de la población entera, y no de peces individuales. Los únicos datos necesarios son los de captura y CPUE estandarizada. La estandarización de los datos de CPUE es casi siempre un problema para las pesquerías multiespecíficas, ya que barcos que pescan en distintas configuraciones de estratos de área-tiempo-arte de pesca pueden estar dirigiendo su esfuerzo hacia distintas especies, aunque quizá capturen individuos de varias especies. En la Figura 68 se presentan las CPUE detalladas en la Tabla 21 y los índices de abundancia computados con el modelo logarítmico (Figura 60), ambos ajustados a un promedio de 1,0 para el período de 1975-1994. Los dos índices son casi iguales, pese a que, tal como se comentó anteriormente, la vulnerabilidad del patudo a la captura debería haber aumentado con el cambio de palangres convencionales a profundos. Antes se notó que a fines de 1993 los pescadores con red de cerco descubrieron cómo detectar y capturar patudos asociados con objetos flotantes, pero a bastante profundidad, usando equipo de sonar, por lo que el esfuerzo cerquero del período de 1971-1993 no equivale al de 1994-1996. Esto no causa problemas al estimar el esfuerzo total, ya que se usaron solamente datos de CPUE palangrera en el análisis de producción aquí descrito. Sin embargo, es casi seguro que haya cambiado la productividad del stock debido a la mayor explotación de peces jóvenes.

Para el presente estudio se supuso que (1) existe un solo stock de patudo en el OPO y no hay intercambio de peces entre el OPO y otras partes del Océano Pacífico, (2) todo el esfuerzo palangrero en el OPO tiene la misma probabilidad de capturar patudo del stock del OPO y la eficacia del arte palangrero no cambió durante el período de 1964-1996, y (3) las CPUE palangreras son indicativas de la abundancia relativa de patudos de todas edades capturados por las pesquerías de superficie y palangrera. (No se satisface este último supuesto, naturalmente.)

En las Tablas 21 y 22 se presentan datos sobre las capturas totales y las CPUE de barcos palangreros japoneses. Se dividieron las capturas totales en número de pescados por las CPUE, también en números de pescados, para obtener estimaciones del esfuerzo total (Tabla 21). Se dividieron las capturas totales en peso por las CPUE, en peso, para obtener estimaciones del esfuerzo total (Tabla 22). Los datos de esfuerzo de la Tabla 22 fueron utilizados para el modelo de producción.

Se ajustaron los datos a la ecuación del modelo de producción minimizando las sumas de cuadrados entre las cantidades de esfuerzo observadas y las predichas por el modelo ajustado. Se realizó el ajuste para un solo valor (0,8) de  $m$ , el parámetro de forma, ya que esto produce una curva de producción similar a las del RPR (Figura 66). Se presentan los resultados en la Tabla 23 y las Figuras 69-71. Se ilustran dos casos, uno con sumas de cuadrados mínimas ("mejor") y

el otro ("alternativo") restringido a un esfuerzo óptimo de más de 400 millones de anzuelos. Los valores de CPUE predichos correspondientes a los dos valores de esfuerzo óptimo son esencialmente iguales (Figura 71). En el "mejor" caso el esfuerzo reciente supera el esfuerzo óptimo, mientras que en el caso alternativo ha sido inferior a dicho nivel de esfuerzo.

Las estimaciones de los parámetros (Tabla 23) de los modelos de producción para estos datos no son muy confiables, tal como señala la comparación en la Figura 71. Distintos criterios de estimación arrojaron resultados diferentes para dos parámetros importantes, esfuerzo óptimo y rendimiento máximo sostenible (RMS). Existe una variación considerable entre la CPUE observada y los valores predichos por el modelo (Figura 71). La mayor parte de la variación en la CPUE resultó de cambios en el reclutamiento, y no de cambios en el tamaño de la población ocasionados por las capturas pesqueras. Cambios recientes en la pesquería de superficie, que captura peces más jóvenes que la pesquería palangrera, complicarán el uso de los modelos de producción en el futuro al cambiar la capturabilidad de la población.

### ***Interacción entre las pesquerías palangrera y de superficie***

Las estimaciones de las capturas de peces por edad obtenidas del análisis de cohortes (Figura 62) fueron divididas en estimaciones separadas para las pesquerías con palangre y de superficie (Figura 72). Las estimaciones de  $F$  total (Tabla 18) fueron divididas de la misma forma mediante el cálculo de las porciones de las capturas totales de cada edad realizadas por cada arte.

La interacción entre dos tipos de arte puede ser estimada simulando la historia de las capturas, usando estimaciones de reclutamiento, mortalidad natural, y distribución relativa de la mortalidad por pesca entre peces de distintas edades obtenidas del análisis de cohortes con varios multiplicadores de los vectores de  $F$  (directamente proporcionales a los vectores de esfuerzo de pesca) para una o ambas artes. Se llevó esto a cabo para el patudo en el OPO (1) cambiando las estimaciones de  $F$  para la pesquería de superficie, pero dejando intactas las de la pesquería palangrera, o (2) dejando ambas intactas.

Se realizaron estudios de simulación para pronosticar las capturas de 1997-2006 con los siguientes patrones de esfuerzo, todos basados en los vectores promedio de  $F$  para palangres en 1990-1992 y el vector de  $F$  para artes de superficie en 1996. Se fijaron los valores de  $F$  para la pesquería de superficie durante 1997-2006 iguales a los de 1996. Se calcularon valores de  $F$  para la pesquería palangrera en 1993, 1994, y 1995 multiplicando el valor promedio de  $F$  para la pesquería palangrera durante 1990-1992 por la cantidad de esfuerzo de pesca en 1993, 1994, y 1995 y luego dividiendo por el esfuerzo promedio de 1990-1992. Se fijaron los valores de  $F$  para la pesquería palangrera en 1996-2006 iguales a aquél de 1995. A continuación se multiplicaron los valores de  $F$  para la pesquería de superficie en 1997-2006 por 0,1 (Patrón A), 1,0 (Patrón B), ó 1,5 (Patrón C), pero no se cambiaron los de la pesquería palangrera. Se presentan los resultados en la Tabla 24 y en las Figuras 73 (para ambos tipos de arte combinados) y 74 (con estimaciones separadas para cada tipo de arte).

### ***Discusión***

La incertidumbre acerca de la tasa de mortalidad natural dificulta la interpretación de los análisis de cohortes. Distintos valores de  $M$  producen estimaciones diferentes de la captura, la cantidad de interacción entre las pesquerías de superficie y palangre, y el nivel de esfuerzo necesario para lograr el RMS. La biomasa del stock ha sido relativamente estable, aunque declinó a partir de mediados de los años 80 (Figura 64). Similarmente, el reclutamiento anual parece haber sido relativamente constante durante el período de 1971-1996, fluctuando entre mínimas en 1981 y máximas en 1983 (Figura 65).

Los análisis de RPR indican que el esfuerzo al nivel de 1982 (multiplicador de 1 en la Figura 66) fue inferior al óptimo para todos los valores de  $M$ . Los RPR son mucho mayores para  $M = 0,4$  que para  $M = 0,8$ , sin embargo. Análisis de RPR con esfuerzo al nivel de 1994 arrojan resultados substancialmente diferentes, especialmente para la pesquería de superficie. Con  $M = 0,4$  el esfuerzo fue superior al óptimo, con  $M = 0,6$  fue ligeramente inferior, y con  $M = 0,8$  fue substancialmente inferior.

Con base en las simulaciones, en la Figura 73 se grafican estimaciones de las capturas de patudo, por arte, durante el período de 1997-2006, con los tres patrones de esfuerzo de pesca arriba descritos. La pesquería de superficie ejerce poco efecto sobre la pesquería palangrera con el Patrón A, correspondiente a la pesca cerquera antes de 1994, con cualquier nivel de  $M$  (Figura 74). En cambio, con los Patrones B y C, correspondientes a la pesca cerquera actual y futura posible, hay un efecto considerable sobre la pesquería palangrera, especialmente a los niveles más altos de esfuerzo y a valores más bajos de  $M$ .

Evidentemente, si la  $M$  es baja (alrededor de 0,4) y el esfuerzo de la pesquería de superficie permanece al nivel de 1996 se reducirá la captura total, y si dicho esfuerzo aumenta más, la captura total se reducirá aún más. Sin embargo, si la  $M$  es alrededor de 0,8, y el esfuerzo de la pesquería de superficie permanece al nivel de 1996, o no aumenta más de un 50%, la captura total probablemente aumentará, aunque la captura de la pesquería palangrera sería más baja que si la pesquería de superficie estuviese al nivel de 1982. Si la  $M$  es cercana a 0,6, la captura de superficie a niveles actuales o ligeramente más altos no reducirá mucho la captura total. No queda claro en este momento el efecto que ejercería una reducción del esfuerzo en cualquiera de las dos pesquerías sobre la captura total, exceptuando los casos arriba descritos.

El modelado de producción, que no exige supuestos sobre la mortalidad natural, no indica si el nivel actual de esfuerzo es inferior o superior al óptimo (Figura 69).

### ***Aleta azul del norte***

El atún aleta azul del norte ocurre en el Océano Atlántico y en el Pacífico. Las capturas mundiales y del Pacífico son mucho menores que las de barrilete, aleta amarilla, patudo, y albacora; sin embargo, la pesquería es de valor económico considerable. En la Tabla 25 se detallan las capturas anuales de la especie en el Océano Pacífico durante el período de 1952-1996. Las artes de superficie son responsables de la mayoría de las capturas tanto en el Océano Pacífico oriental (OPO) como en el occidental. Las capturas en el OPO fueron inferiores al promedio durante 1980-1984, medias en 1985 y 1986, inferiores al promedio durante 1987-1995, y superiores al mismo en 1996; las del Pacífico occidental fueron bien superiores al promedio durante 1978-1983, y medias durante 1984-1996, excepto en 1988 y 1990, cuando fueron bien inferiores al promedio, y 1995, cuando fueron superiores al mismo.

En el OPO casi toda la captura de aleta azul es lograda por barcos cerqueros que pescan relativamente cerca de la costa de Alta y Baja California. La temporada de pesca se extiende típicamente desde mayo hasta octubre, aunque se efectúan capturas esporádicas también en otros meses. La captura comercial en 1996, unas 6.820 toneladas métricas, fue la mayor desde 1976, pero bien inferior a las de muchos de los años del período de 1944-1976. En 1996 se registraron capturas de aletas azules entre 31° y 33°N en junio, 26°N y 33°N en julio, y 32° y 33°N en agosto.

El personal de la CIAT viene estudiando el atún aleta azul a modesta escala desde 1958, cuando se marcaron y liberaron 122 ejemplares capturados con red de cerco cerca de la Isla Guadalupe (México). Antes de 1979 el trabajo consistió principalmente en recopilar datos de bitácora y medir muestras de peces capturados por embarcaciones cerqueras en el OPO para estimar la composición por tamaños, 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 la especie (Informe Interno 12 de la CIAT). Asimismo, en 1982 se recopilaron, analizaron, y publicaron en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, Nº 2, datos sobre la captura de superficie de aleta azul en el OPO por área, fecha, clase de arqueado del barco, tamaño del cardumen, tipo del mismo, etcétera. Además, aletas azules capturados con red de cerco fueron marcados en el OPO en 1979 y 1980, y otros capturados con cabo y anzuelo y en trampas fueron marcados en el Pacífico occidental por empleados de la CIAT radicados intermitentemente en el Japón durante 1980-1982. También se realizaron investigaciones de la determinación de la edad y crecimiento del aleta azul a partir de las partes duras (Boletín de la CIAT, 21 (2)).

Atunes aleta azul capturados por la pesquería comercial del OPO fueron medidos en cada año del periodo de 1952-1971 por empleados del California Department of Fish and Game. Desde entonces el muestreo ha sido realizado por el personal de la CIAT. El análisis de estos datos ha producido estimaciones de las capturas de aleta azul, en número de peces de las distintas clases de edad, para el periodo de 1952-1991 (Boletín de la CIAT, 20 (9)). En la Tabla 26 se detallan las mismas, junto con estimaciones comparables correspondientes al Pacífico occidental preparados por un científico del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) del Japón. En la Figura 20 se presentan histogramas de la frecuencia de tamaño del aleta azul capturado en el OPO en 1990-1995. Durante 1993, debido a la disponibilidad limitada de aleta azul capturado por barcos comerciales, fueron medidos por primera vez aletas azules capturados en la pesca deportiva. La mayoría de las muestras de aleta azul obtenidas durante 1993, 1994, y 1995 provino de peces capturados por pescadores deportivos. Casi todos los peces fueron capturados cerca de donde pescaban barcos cerqueros y durante los mismos periodos.

En el Boletín de la CIAT, Vol. 20, Nº 1, se analizan los resultados de los experimentos de marcado arriba descritos, más experimentos realizados en el OPO durante 1962-1968 por el Bureau of Commercial Fisheries (ahora el National Marine Fisheries Service (NMFS)) de los Estados Unidos, el California Department of Fish and Game, y el Mission Bay Research Foundation, y en el Pacífico occidental por científicos del Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL; ahora el NRIFSF) del Japón entre 1980 y 1988.

Análisis de los datos de los aletas azules liberados y recapturados en el OPO indican desplazamientos estacionales de norte a sur, alcanzando su punto más sureño en mayo y junio y más norteño durante julio-octubre. Se han obtenido diez devoluciones de peces liberados en el OPO y recapturados en el Pacífico occidental, todos de los cuales permanecieron más de 22 meses en libertad.

Los peces marcados y liberados en el Pacífico occidental, al igual que aquéllos en el OPO, solían desplazarse hacia el norte en 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 aquéllas 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 las de 1985 y 1986 (Tabla 25), y consistieron principalmente de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984. (En la presente sección 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.)

Durante 1993 investigadores del Japan Sea Farming Association (JASFA) y la CIAT realizaron experimentos conjuntos en la Estación de Yaeyama del JASFA en la Isla Ishigaki (Japón) para estudiar el ciclo vital temprano del atún aleta azul. El objetivo de estos experimentos de laboratorio fue determinar las condiciones óptimas (por ejemplo, temperatura, luz, y tipo y concentración de alimento) para el cultivo de larvas de esta especie. Estos son los primeros estudios experimentales de atunes aleta azul larvales jamás realizados.

En los últimos años han tenido lugar los siguientes talleres sobre la evaluación del atún aleta azul.

Tema	Sede	Fecha	Participantes
Aleta azul del norte, Océano Pacífico	Shimizu	Octubre 1985	FSFRL y CIAT
Aleta azul del norte y del sur, Oceanos, Atlántico, y Pacífico	La Jolla	Mayo 1990	Muchas organizaciones
Aleta azul del norte, Océano Pacífico	La Jolla	Abril 1993	NRIFSF y CIAT
Aleta azul del norte, Océano Pacífico	Shimizu	Febrero 1995	NRIFSF, CIAT, Universidad Nacional de Taiwan, y Laboratorio Regional de Tohoku de Investigación Pesquera

En mayo de 1997 tendrá lugar un quinto taller, en La Jolla.

### ***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.

En el Océano Pacífico se han encontrado larvas de aleta azul únicamente en las inmediaciones del Japón, y se supone que el desove ocurre solamente en esa área. Ocurre durante la primavera y el verano, pero por mayor sencillez se supone en esta subsección que los peces son criados el 1 de enero. Aparentemente, algunos peces permanecen toda su vida en el Pacífico occidental. Otros migran al OPO; estas migraciones comienzan principalmente o quizás exclusivamente durante el primer y segundo año de vida. Los migrantes de primer año se encuentran expuestos a la pesca de arrastre (sedal con anzuelo y cebo) veraniega y otoñal dirigida hacia atunes aleta azul pequeños y otras especies frente al Japón antes de empezar su viaje al OPO en el otoño o invierno. Los migrantes de segundo año 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. Tras atravesar el océano, los peces migrantes son pescados por barcos cerqueros frente a Alta y Baja California. Eventualmente, los supervivientes regresan al Pacífico occidental.

Las capturas de aletas azules en el OPO consisten principalmente de peces de 1 y 2 años de edad. Las capturas de peces de 2 años de edad en el OPO superan las del Pacífico occidental en la mayoría de los años, mientras que para peces de 3 años de edad ocurre lo contrario (Tabla 26). Esto indica probablemente que la población de peces de 2 años de edad es mayor en el OPO y aquella de peces de 3 años de edad es mayor en el Pacífico occidental, aunque es posible que diferencias relacionadas con el tamaño y/o edad en el esfuerzo pesquero y/o vulnerabilidad a la captura sean responsables de las diferencias en las capturas. Estudios de datos estadísticos, frecuencia de tamaño, y del marcado han dado lugar a los siguientes postulados para la migración de peces entre el OPO y el Pacífico occidental (WPO):

1. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en junio o julio del año  $i$  y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año  $i + 1$  o a los 3 años de edad a principios del año  $i + 2$ ;
2. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad en junio o julio del año  $i$  y emprenden su viaje de regreso al WPO a 1 año de edad hacia fines del año  $i$  o a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$ ;

3. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$  y emprenden su viaje de regreso al WPO a los 2 años de edad hacia fines del año  $i + 1$  o a los 3 años de edad a principios del año  $i + 2$ ;

4. Los peces llegan al OPO a 1 año de edad a principios del año  $i$  y emprenden su viaje de regreso como peces mayores;

5. Los peces llegan al OPO a los 2 años de edad a principios del año  $i + 1$  y emprenden su viaje de regreso como peces mayores;

6. Los peces llegan en el OPO a edades mayores de 2 años y subsecuentemente regresan al WPO;

7. Los peces no migran al OPO en absoluto.

El Postulado 7 vale probablemente para la mayoría de los peces de algunas clases anuales. Esto quizá explicaría, al menos parcialmente, las capturas reducidas de aletas azules en el OPO durante los años 80 y principios de los 90. Una octava posibilidad sería una combinación de los Postulados 1, 2, 3, 4, ó 5 con el 7, es decir, los peces migran más de una vez del Pacífico occidental al OPO.

Estas hipótesis no consideran la posibilidad de que algunos peces empiecen migraciones transpácificas pero que se vuelvan antes de llegar a su destino. El hecho de que los atunes aleta azul casi desaparezcan del OPO en el invierno y la primavera temprana podría indicar que estos peces ocupan áreas fuera del alcance de la pesquería de superficie durante este período. Serían necesarios bastantes más datos del Océano Pacífico central para poder establecer si ocurre esto y, de ser así, en cuál grado.

Datos de la pesquería atunera palangrera japonesa de altura fueron puestos a disposición de los investigadores de la CIAT por el NRIFSF. Los datos incluyen resúmenes de las capturas, por especie, en número de peces, por año (1952-1986), mes, y área de 5° y resúmenes del esfuerzo, en número de anzuelos, por año, mes, y área de 5°. Un examen de las distribuciones mensuales de las capturas descubrió que los peces se encuentran distribuidos al punto más occidental durante la primavera y al más oriental durante el otoño (Figura 75). Se ha publicado un resumen de estos estudios en la Publicación Técnica Pesquera 365 de la FAO, páginas 425-459. No es sorprendente que los peces estén concentrados en la vecindad del Japón durante la primavera, ya que los aletas azules desovan principalmente en la primavera, y larvas de aleta azul han sido encontradas solamente en el océano abierto en la vecindad del Japón durante la primavera y en el Mar del Japón durante el verano. Excepcionalmente, aletas azules grandes fueron capturados por barcos cerqueros en el OPO durante noviembre y diciembre de 1988 (Calif. Fish Game, 76 (3): 181-186). Es posible que estos peces hayan aparecido en la pesquería del OPO porque se encontraban distribuidos más al este durante el otoño de 1988 que de costumbre.

### ***Abundancia de aletas azules juveniles en el OPO***

La Publicación Técnica Pesquera 365 de la FAO (páginas 460-475) incluye una discusión de varios índices de abundancia del atún aleta azul en el OPO. Los más confiables son probablemente el "índice del hábitat" y el "índice de barcos que pescan aleta azul."

### ***Índice del hábitat***

Los atunes aleta azul son capturados por barcos cerqueros en el OPO con mayor frecuencia en aguas con temperaturas superficiales de entre 17° y 23°C (FAO Fish. Rep., 6 (2): 380-421), y por lo tanto se supuso que el esfuerzo de pesca ejercido por cerqueros atuneros frente a California y Baja California en aguas con ese rango de temperaturas entre mayo y octubre es esfuerzo dirigido hacia aleta azul, sin tener en cuenta si se capturó la especie. Para obtener las capturas

por unidad de esfuerzo (CPUE) anuales se dividieron las sumas anuales de las capturas registradas de aleta azul en el OPO por las sumas correspondientes del esfuerzo cerquero registrado en las áreas de 1° que eran hábitats adecuados para el aleta azul. Se presentan estos datos en la Figura 76. Parecen indicar que tanto la disponibilidad reducida como el esfuerzo pesquero disminuido han contribuido a las capturas reducidas de aleta azul en el OPO durante los años 80 y principios de los 90.

#### ***Índice de barcos que pescan aleta azul***

Para este método, se supone que el esfuerzo de pesca dirigido hacia el aleta azul es proporcional al número de barcos que dirigen porciones sustanciales de su esfuerzo hacia la pesca de esa especie. Por lo tanto, cada año se clasifica a cada barco de la flota cerquera como uno “que pesca aleta azul” o “que no pesca aleta azul.” Si un barco capturó aleta azul en un año dado y en dos ó más de los cuatro años más cercanos adyacentes (dos años antes y dos después del año en cuestión), fue clasificado como barco que pescó aleta azul para ese año; de lo contrario fue clasificado como uno que no pescó aleta azul. Se relajaron los criterios para los barcos que ingresaron a la pesquería atunera del OPO menos de dos años antes del año en cuestión o que la abandonaron menos de dos años después del mismo. Por ejemplo, si un barco ingresó a la pesquería atunera del OPO en 1971, fue clasificado como barco que pesca aleta azul para ese año si capturó la especie en 1971 y en 1972 ó 1973. Este sistema de clasificación es arbitrario, y quizá sea mejor algún otro. Sin embargo, parece servir para comprender mejor el valor del tamaño de la flota como medida del esfuerzo dirigido hacia el aleta azul y la captura total dividida por el tamaño de la flota como índice de la abundancia del aleta azul. El índice de barcos que pescaron aleta azul para un año dado es la captura comercial total en ese año dividida por el número de esos barcos en la flota durante el año. En la Figura 77 se ilustran las capturas comerciales totales, números de barcos que pescaron aleta azul, y los índices de los mismos correspondientes a 1961-1994. Parecen también indicar que reducciones en la disponibilidad y en el esfuerzo de pesca han contribuido a la reducción en la captura de aleta azul en el OPO durante la década de los 80 y principios de los 90.

#### ***Evaluación del stock***

##### ***Análisis de cohortes***

En la sección del presente informe que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla se describen los análisis de cohortes. Se llevaron a cabo dichos análisis para el aleta azul con datos correspondientes al período de 1966-1986. Se obtuvieron los datos sobre las capturas trimestrales en el Pacífico oriental del Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 9: Anexo 1, y los datos de capturas anuales de peces de los varios grupos de edad en el Pacífico occidental de la Publicación Técnica Pesquera 336 de la FAO, Vol. 2: página 284. Se estimaron las capturas trimestrales para el primer, segundo, tercer, y cuarto trimestre multiplicando las capturas anuales por 0,10, 0,30, 0,50, y 0,10, respectivamente. En la Tabla 27 se presentan datos sobre el peso promedio del pescado. A raíz de la falta de información sobre mortalidad natural, se usaron seis vectores experimentales de mortalidad natural,  $M$  (Tabla 28). Se llevaron a cabo los análisis para 37 cohortes (1950 hasta 1986). Se efectuaron las estimaciones usando retrocálculos, y fue por lo tanto necesario estimar la tasa final de mortalidad por pesca ( $F$ ) para cada una de las cohortes. Los valores finales de  $F$  fueron seleccionados mediante un procedimiento doble que estima primero el reclutamiento mínimo mediante la selección de un valor final de  $F$  elevado y la comparación de los valores intratrimestrales de  $F$  correspondientes a distintas cohortes de la misma edad. El objetivo

de este tipo de búsqueda es reducir las diferencias entre los valores de  $F$  de peces de edad similar pescados al mismo tiempo. Este procedimiento carece de un algoritmo que permitiría a distintos usuarios llegar a conclusiones idénticas, y es por lo tanto algo subjetivo. El método funciona bien para cohortes con un largo historial de captura, por ejemplo aquellas de 1959 a 1981, pero no tan bien para las demás.

Los análisis de cohortes arrojaron estimaciones del reclutamiento durante cada año del período de 1966-1986 y valores de  $F$  para cada grupo de edad durante cada trimestre de ese período. Se combinaron estas estimaciones con estimaciones de  $M$  (Tabla 28) para estimar las capturas del período de 1966-1986 que se pueden obtener con distintas combinaciones de  $M$ , multiplicadores de  $F$ , y edad de ingreso a la pesquería (Figura 78). (Un multiplicador de 1 para  $F$  corresponde a la mejor estimación de  $F$  promediado que existió durante ese período.) Con un multiplicador de 1, la captura hubiera sido mayor en cada caso si se aumentara la edad de ingreso de edad 0 a edad 1, edad 2, o edad 3. El aumento sería mayor para los vectores de mortalidad natural 1, 2, ó 3 que para los 4, 5, ó 6. Si el vector de mortalidad natural es 1, 2, ó 3 y la edad de ingreso permanece en 0 o se aumenta a 1, se lograrían capturas mayores si se redujera el esfuerzo a la mitad de su nivel actual. Con los vectores de mortalidad natural 4, 5, ó 6, en cambio, una reducción tal del esfuerzo resultaría en poco o ningún aumento en la captura (edad de ingreso = 0) o una reducción de la misma (edad de ingreso = 1).

#### ***Relaciones reproductor-recluta y recluta-reproductor***

En las páginas 226 a 228 del Informe Anual de la CIAT de 1993 se comentan las relaciones reproductor-recluta y recluta-reproductor del atún aleta azul. Se determinó que la pesca ha reducido mucho la abundancia de aletas azules maduros en el Océano Pacífico, pero no existe evidencia de que esto haya llevado a una reducción del reclutamiento de peces jóvenes a la pesquería.

#### ***Causas posibles de las escasas capturas recientes de aleta azul en el OPO***

Las escasas capturas de atunes aleta azul en el Pacífico oriental y occidental en algunos años preocupa a los investigadores de la CIAT, y se está prestando especial atención a las escasas capturas en el OPO durante 1980-1984 y 1987-1995. Las capturas de aleta azul inferiores al promedio en el OPO en años recientes podrían ser debidas a (1) una disminución en el reclutamiento; (2) una disminución en la abundancia total de peces de más de unos 60 cm de longitud, causada por la fuerte explotación de peces en su primer año de vida en el Pacífico occidental; (3) una reducción del esfuerzo pesquero en el OPO; (4) una disminución en la vulnerabilidad a la captura de aquellos peces que migraron al OPO; y/o (5) 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 migraron).

Con respecto a las dos primeras posibilidades, datos compilados por el NRIFSF sobre la composición por edad de la captura de aletas azules por barcos japoneses durante 1966-1986 (Tabla 26) indican que no ha ocurrido una reducción en las capturas de peces de edad 0, lo cual parece eliminar la primera posibilidad, ni tampoco un aumento en la proporción de peces de edad 0 a la de peces mayores, lo cual parece eliminar la segunda.

En cuanto a la tercera posibilidad, a partir de fines de los años 70 se ha ido reduciendo el número de barcos cerqueros pequeños, que anteriormente habían sido responsables de la mayoría de las capturas de aletas azules en el OPO. En la subsección previa titulada ***Abundancia de aletas azules juveniles en el OPO*** se concluyó que la reducción en el esfuerzo es parcialmente, pero no completamente, responsable de la reducción en las capturas en el OPO.



En cuanto a la cuarta posibilidad, es posible que haya cambiado la distribución del aleta azul en el OPO en este siglo. Antes de 1930 era capturado solamente frente a Alta California, aunque probablemente ocurría frente a Baja California también. Entre 1930 y 1947 fue capturado frente a Alta y Baja California, pero en la mayoría de esos años las capturas frente a Alta California fueron mayores. Desde 1948 se ha logrado la mayoría de la captura frente a Baja California. Sin embargo, es posible que este cambio en la distribución de las capturas se deba a que los pescadores basados en Alta California hayan estado más dispuestos a pescar a mayor distancia de su puerto base a medida que conseguían barcos más grandes y más navegables, y no a un cambio en la distribución de los peces. Estos pescadores parecen dirigir una mayor proporción de su esfuerzo de pesca hacia el aleta azul que aquellos basados en México, de modo que si ocurrió un cambio en la distribución, podría haber reducido la vulnerabilidad de la especie a la captura. Sin embargo, si ocurrió un cambio en la distribución de los peces, tuvo lugar probablemente mucho antes de la década de los 80, por lo cual no parece que pudiera ser la causa de las capturas pobres en esa década.

En cuanto a la quinta posibilidad, los datos de marcado y de composición por edad proporcionan información útil. En el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, se demostró que durante la década de los 80 solamente la clase anual de 1981 contribuyó cantidades significativas de devoluciones de marcas a la pesquería del OPO durante el Año 1. También se demostró que en el caso del Año 2, casi la mitad de las devoluciones de la clase anual de 1979 y más que la mitad de aquéllas de las clases anuales de 1983 y 1984 provinieron de peces capturados en el OPO. Esta información sugiere que la proporción de peces de 1 año de edad que migraron al OPO fue mayor para la clase anual de 1981 y que las proporciones de peces de 2 años de edad que migraron al OPO fueron mayores para las clases anuales de 1983 y 1984, intermedias para la clase anual de 1979, y menores para las clases anuales de 1980, 1981, 1982, y 1985.

Una gran proporción de la captura de aleta azul en el OPO en 1982 consistió de peces de 1 año de edad (Tabla 26). Esto es consistente con la evidencia del marcado de que una gran proporción de los peces de la clase anual de 1981 apareció en el OPO como peces de 1 año de edad en 1982. Sin embargo, la captura de aleta azul en el OPO en 1983 fue pobre, posiblemente debido a que los peces de la clase anual de 1981 padecieron mucha mortalidad en el OPO en 1982, o a que la mayoría de ellos empezaron su viaje de regreso al Pacífico occidental antes del comienzo de la temporada de pesca de 1983.

Las mayores capturas de aleta azul en el OPO en años recientes fueron aquéllas de 1985, 1986, y 1996 (Tabla 25), y consistieron principalmente de peces de 2 años de edad, es decir, peces de la clase anual de 1983 en 1985, de la clase anual de 1984 en 1986 (Tabla 26), y de la clase anual de 1994 en 1996. Esto es consistente con la evidencia del marcado de que grandes proporciones de los peces de las clases anuales de 1983 y 1984 aparecieron en el OPO como peces de 2 años de edad en 1985 y 1986.

Si se supiese seguro que los peces marcados en el Pacífico occidental fueron seleccionados al azar, entonces se concluiría que proporciones mayores de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984 migraron al OPO, y que esto resultó en capturas mayores de aleta azul en el OPO en 1985 y 1986. Sin embargo, es posible que existan subpoblaciones separadas migratorias y no migratorias, y que proporciones mayores de la subpoblación migratoria fueran seleccionadas para el marcado durante 1979, 1981, 1983, y 1984. Por lo tanto, la proporción relativamente alta de devoluciones de marcas del OPO de la clase anual de 1979, a pesar de que la captura en el OPO en 1981 fue pobre, quizás sea el resultado de una concentración alta de esfuerzo de marcado en una subpoblación relativamente pequeña de migrantes. Esta posibilidad ha sido evaluada medi-

ante el examen de datos sobre migraciones de peces marcados de 1 y 2 años de edad liberados en distintos lugares en el Pacífico occidental durante distintos meses (Boletín de la CIAT, 20 (1): Tabla 7). Generalmente, la proporción de migrantes solía ser aproximadamente igual para peces de las mismas clases anuales liberados en distintos estratos de área-tiempo, y estos datos no brindan por lo tanto mucho apoyo a la hipótesis de subpoblaciones.

Los datos de la composición por edad (Tabla 26) proporcionan información adicional pertinente a la quinta posibilidad. Se calcularon coeficientes de correlación para 12 parejas de datos (Tabla 29, recuadro superior) de la Tabla 26. Seis de las 12 pruebas arrojaron valores absolutos de  $r$  mayores de 0,4. 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 inferior a la normal migró 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 esa área un año antes.

La Prueba 11 arrojó un valor de  $r$  significativo al nivel de 1%, resultado no sorprendente dado que se obtuvo un valor de  $r$  aun más alto de la Prueba 8. Se obtuvo de la Prueba 12 un valor de  $r$  significativo al nivel de 5%; esto tampoco es sorprendente dado que se obtuvo de la Prueba 2 un valor casi significativo.

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 0,442 (Tabla 29, Prueba 2). A pesar de que esta relación no sería 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 relacionada 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 13). El coeficiente de determinación múltiple resultante fue altamente significativo, indicando que un 55,7% ( $0,746^2 \times 100$ ) de la variación de las capturas de peces de edad 2 en el OPO es explicado por (1) una relación positiva con el reclutamiento en el Pacífico occidental y (2) una relación negativa con la captura de peces de edad 2 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 de dos años antes 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 de 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.

### ***Atun barrilete negro***

El barrilete negro forma solamente una muy pequeña parte de las descargas de atunes capturados en el Océano Pacífico oriental, pero es de importancia comercial considerable 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 datos de bitácora de los barcos, de datos sobre los pesos de pescado descargado en las enlatadoras, de estómagos, gónadas, y medidas de peces tomadas en las enlatadoras, de datos biológicos tomados en un crucero de marcado, de gónadas obtenidas en cruceros de marcado para estudios histológicos, de estudios de larvas (orientados principalmente hacia otras especies), de datos de recaptura de barriletes negros marcados incidentalmente durante el marcado de aleta amarilla o barrilete, y de estudios realizados en los laboratorios de la CIAT en Achotines (República de Panamá) y La Jolla.

En la Tabla 3 se detallan las descargas de barrilete negro por barcos atuneros de 1963 a 1995. Se sabe que se capturan cantidades mayores, pero como no se descargan, no se incluyen en las estadísticas. Las estimaciones de las cantidades de barriletes negros devueltos al mar por barcos cerqueros durante el período de 1993-1996 varían de unas 2 a unas 14 mil toneladas por año (Tabla 39). Además, la especie es capturada por barcos pequeños basados en Latinoamérica, de los cuales no se obtienen datos. Las capturas reales son por lo tanto mayores que las indicadas en la tabla. En la Figura 79 se ilustran las áreas de captura de 1980 a 1983 de los barcos de los que se obtuvieron datos de bitácora.

En el Informe Interno 17 de la CIAT se presenta un análisis de la relación peso-longitud del barrilete negro. En un crucero de marcado realizado en 1981 se hicieron algunas observaciones sobre la habilidad natatoria, la temperatura del cuerpo, y el tiempo requerido para la evacuación gástrica; el análisis de los resultados fue publicado en una revista científica (Copeia, 1984 (4): 1000-1005). En total han sido marcados 1,502 barriletes negros, 107 de los cuales han sido devueltos. En la página 129 del Informe Anual de la CIAT de 1982 se presentan datos sobre los desplazamientos y crecimiento del barrilete negro, determinados a partir de estos datos.

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 2, se publicaron datos sobre las áreas y la duración del desove, la longitud de madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad, y la frecuencia del desove del barrilete negro. El cálculo del potencial reproductor es de importancia considerable 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 supervivencia durante las primeras etapas del ciclo vital, los estudios de este tipo pueden producir información de valor potencial para realizar pronósticos. Además, se han capturado larvas y juveniles de barrilete negro y de otras especies de escómbridos (atunes y caballas), en particular frente a Centroamérica y cerca de la desemboadura del Golfo de California (Informe Especial N° 2 de la CIAT: 388-391).

Los datos sobre la ocurrencia de larvas y juveniles, junto con los datos de marcado y de bitácora, proporcionan 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 descarga.

Se han realizado estudios extensos del barrilete negro en los laboratorios de la CIAT en Achotines y La Jolla. Se describen los resultados de estos estudios en varios trabajos científicos (por ejemplo, U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 88 (4): 821-828; Mar. Biol., 115 (2): 317-330; Jour. Exper. Biol., 190: 79-93; Boletín de la CIAT, 21 (3)) e Informes Anuales de la CIAT recientes.

### ***Pez espada***

El pez espada se encuentra ampliamente distribuido en los océanos y mares tropicales, subtropicales, y templados del mundo, y es el blanco de pesquerías comerciales importantes en muchas de las áreas donde ocurre. En la Figura 80 se presenta información sobre las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de la especie en el Océano Pacífico oriental (OPO). Estos mapas

son probablemente indicativos de la distribución geográfica de la especie y las áreas donde más abunda. La demanda mundial de la especie ha ascendido en los últimos años, dando lugar a un incremento correspondiente en su valor. Esto ha llevado a un crecimiento rápido de las pesquerías del pez espada en varias partes del mundo. En el OPO, las pesquerías de Estados Unidos y de Chile han crecido considerablemente en los últimos años (Tabla 30). Otras naciones que lindan con el Océano Pacífico oriental, como Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Perú, y la Polinesia Francesa, también participan en la pesca del pez espada.

Las capturas del pez espada en el Océano Atlántico han disminuido desde la década de los 80, debido aparentemente a una pesca excesiva. Las capturas de la especie en el OPO han disminuido desde 1992. Esto no se debe necesariamente a que sea sobreexplotada, ya que el esfuerzo de pesca también ha disminuido, pero es importante vigilar estrechamente las capturas y el esfuerzo. Concretamente, es menester reunir información estadística y biológica completa sobre las pesquerías en desarrollo y continuar la colección de estos datos en las pesquerías ya establecidas. Esta información es esencial para la evaluación de los efectos de las pesquerías sobre el stock o los stocks de peces espada explotados. Métodos estandarizados de toma de datos y análisis coordinados de los datos reunidos son esenciales para lograr evaluaciones útiles.

### ***Pesquerías***

Los pescadores deportivos rara vez capturan peces espada, y no se dispone de registros de sus capturas. En promedio, las capturas de la especie por estos pescadores consisten de probablemente menos de 50 peces por año en el OPO, aunque técnicas de pesca deportiva recientemente desarrolladas podrían llevar a un ligero aumento en este total en el futuro.

Las principales capturas comerciales de pez espada son realizadas por pesquerías de palangre y red agallera. La pesca con arpón fue importante en varias áreas en el pasado, pero ha disminuido considerablemente en los últimos años. Las capturas mundiales de la especie se incrementaron de unas 26.700 toneladas en 1971 a unas 81.200 toneladas en 1988, luego disminuyeron a unas 67.900 toneladas en 1991 antes de subir a unas 89.200 toneladas en 1995 (Tabla 30). Las capturas en el Océano Pacífico aumentaron de unas 13.400 toneladas en 1971 a unas 34.600 en 1992, desde cual año han oscilado entre unas 28.900 y 32.700 toneladas (Tabla 30). Las cantidades equivalentes para el OPO son 2.600 toneladas en 1971, 12.900 en 1992, y de 7.000 a 10.000 en 1993-1995 (pero solamente unas 5.500 toneladas en 1996) (Tabla 31).

Durante 1971-1975 la captura anual promedio de pez espada en el OPO fue alrededor de 3.700 toneladas (rango: 2.600 a 6.400) (Tabla 31 y Figura 81). Durante 1976-1986 el promedio fue de unas 6.100 toneladas (rango: 4.300 a 7.400). Luego, entre 1987 y 1991, las capturas aumentaron de unas 9.100 toneladas en 1987 a unas 14.000 en 1991. Este aumento ocurrió en un periodo cuando las capturas de la pesquería japonesa estaban declinando, mientras que las de la chilena crecían. Suponiendo que las capturas de pez espada en el OPO por barcos de la República de Corea durante 1993-1995 resultarán ser unas 500 toneladas anuales, las capturas de la especie en el OPO han disminuido en promedio unas 1.700 toneladas por año, de la máxima de unas 14.000 toneladas en 1991 a solamente 7.500 en 1995 y 5.500 en 1996 (Tabla 31).

De las 182.200 toneladas de pez espada capturadas en el Océano Pacífico durante 1990-1995, las pesquerías japonesas fueron responsables de la mayor porción (42%), con cantidades considerables tomadas también por barcos de Chile (16%), Estados Unidos (15%), Filipinas (13%) y la República de China (9%) (Tabla 30). Durante el mismo periodo, al menos 65.400 toneladas de pez espada fueron capturadas en el OPO, con las pesquerías chilenas responsables del 46% de esta captura, y las pesquerías de Japón (25%), Estados Unidos (13%), y México (10%) responsables de la mayor parte del resto de las capturas reportadas (Tabla 31).

Existen muchos problemas con las estadísticas de captura del pez espada. Los datos en las Tablas 30 y 31 fueron compilados de varias fuentes, que a veces no concordaban entre sí. Tuvieron lugar en 1996 varias reuniones sobre esta especie, y hay más programadas; se anticipa que muchos de estos problemas podrán ser resueltos.

### ***Japón***

Barcos palangreros japoneses capturan peces espada en el OPO. La mayoría de las caladas son realizadas a primera hora del día, para que los anzuelos pesquen durante las horas de luz antes de ser cobrados al atardecer. Se ha sugerido que la mayoría de los peces espada capturados por esta arte son capturados al ser cobrados los anzuelos durante períodos de oscuridad.

Durante el período de 1952-1962, componentes de la flota palangrera japonesa dirigieron su esfuerzo hacia el pez espada pescando de noche con calamar como carnada, en lugar de agujas u otro pescado. De esta forma se aprovechaban de que el pez espada suele subir a la superficie de noche y descender a profundidad de día. Este tipo de pesca fue usado por primera vez en el OPO en 1963. Fue posible distinguir el esfuerzo dirigido hacia el pez espada de otro esfuerzo con registros del tipo de cebo usado, pero hacia fines de los años 60 esta distinción fue turbada por el creciente uso de calamar como carnada en las caladas normales (diurnas).

El esfuerzo japonés de pesca con palangre en el Pacífico osciló entre unos 275 y 300 millones de anzuelos durante 1970-1975, entre unos 327 y 400 millones durante 1976-1985, y entre unos 356 y 399 millones durante 1986-1992. El esfuerzo en el OPO varió de unos 67 a 107 millones de anzuelos durante 1970-1975, 107 a 140 millones durante 1976-1985, y de 160 a 200 millones durante 1986-1994. En 1995 el esfuerzo en el OPO se redujo a unos 125 millones de anzuelos.

A fines de los años 80 y principios de los 90 la pesquería de altura con red agallera capturaba pequeñas cantidades de peces espada en el OPO. La pesquería fue abandonada en 1992.

### ***Chile***

La pesquería artesanal chilena de pez espada faena a unas 15 a 150 millas náuticas del norte y centro del país. Más del 90% de los barcos miden menos de 18 metros de eslora y pescan con redes agalleras. Una pequeña parte de esta flota continúa como pesquería tradicional con arpón. Con el aumento del tamaño de los barcos con el tiempo, una proporción siempre mayor de la flota ha sido autorizada para pescar con red agallera y palangre, y ha pescado con ambas artes. Se consigue la mayoría de la captura entre enero y junio, con un máximo entre marzo y mayo. A raíz de la reducción de las capturas, para julio o agosto la mayoría de los pescadores cambian a otras especies.

Los aumentos en las capturas de peces espada a fines de los años 80 y principios de los 90 se debieron a la ampliación del mercado de pez espada fresco y congelado en Estados Unidos durante ese período.

### ***Estados Unidos***

Las principales pesquerías estadounidenses de peces espada en el Pacífico son la de red agallera y la palangrera.

Antes de fines de la década de los 70, la única pesquería estadounidense de pez espada significativa era la de arpón realizada frente al sur de California a fines de verano y otoño. Desde la captura récord de 1978 de unas 1.600 toneladas, la captura anual en esta pesquería ha disminuido a unas 150 toneladas.

La pesquería con red agallera ha dominado la captura estadounidense de pez espada desde 1981. Esta pesquería estaba dirigida originalmente hacia el tiburón, pero ahora se dedica en

ciertas estaciones del año al pez espada. Durante los primeros años después de este cambio en la estrategia de pesca, la captura anual de peces espada con redes agalleras aumentó hasta un máximo de unas 1.400 a 1.500 toneladas en 1984 y 1985. El reglamento que rige esta pesquería, que se desarrolla principalmente en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de EE.UU., es complejo e incluye restricciones de tiempo y de área y sobre la configuración del aparejo de pesca. Muchas de las restricciones tienen como objetivo proteger otras especies. Resultan en que aproximadamente el 80% de la captura de pez espada con redes agalleras sea realizada entre septiembre y diciembre.

Los cambios significativos más recientes en la pesquería estadounidense del pez espada del Pacífico han tenido lugar en la pesquería palangrera operando desde Hawaii y, más recientemente, California del Sur. Para fines de 1995 la mayoría de los barcos basados en California habían abandonado la pesquería. Antes de 1989, el pez espada era una captura incidental en la pesquería palangrera, que se dirigía hacia atunes y tenía lugar primordialmente dentro de la ZEE de Estados Unidos alrededor de Hawaii. A principios de los años 90, barcos estadounidenses de la costa atlántica y el Golfo de México, usando estrategias de pesca elaboradas para la pesca del pez espada del Atlántico, incluyendo caladas nocturnas de artes de poca profundidad con anzuelos iluminados, ingresaron a la flota basada en Hawaii. A medida que aumentó el esfuerzo de pesca con los barcos adicionales, se amplió también la pesquería hasta incluir una esfuerzo significativo en aguas internacionales afuera de la ZEE estadounidense alrededor de Hawaii. Las capturas de pez espada por la flota palangrera basada en Hawaii aumentaron casi diez veces, de unas 200 toneladas en 1989 a unas 1.600 en 1990, y luego se triplicó a unas 4.500 toneladas en 1991 y más de 5.000 en 1992. Estas capturas son logradas principalmente durante el período de enero a junio. En 1994 la captura de la especie se redujo en casi un 50% con respecto a los años precedentes, debido en parte a una reducción en el esfuerzo dirigido hacia el pez espada y en parte a CPUE reducidas. En 1995 las CPUE volvieron a su nivel normal. Durante 1994-1996 la captura promedio de peces espada por esta flota fue unas 2.500 toneladas. En promedio, menos del 20% de las capturas de la especie proviene del OPO, donde se capturó unas 200, 700, y 400 toneladas de pez espada en 1994, 1995, en 1996, respectivamente.

### ***México***

La pesquería mexicana del pez espada comenzó al adoptar México una ZEE de 200 millas y restringir las operaciones pesqueras extranjeras en esa zona. Anteriormente fueron capturadas grandes cantidades de peces picudos, entre ellos peces espada, por las pesquerías palangreras de otras naciones en lo que es ahora la ZEE de México. Entre 1980 y 1989 México autorizó pesquerías palangreras de empresas conjuntas faenando bajo pabellón mexicano. A principios de la década de los 80 el esfuerzo ejercido por esta pesquería fue bajo, pero para el fin de la década unos 10 a 15 barcos tomaban parte en la pesquería. El esfuerzo de pesca, en número de anzuelos calados, varió mucho en el período de esta pesquería, de unos 260 mil anzuelos en 1984 a unos 3,8 millones en 1988. La captura total de pez espada lograda durante la vida de esta pesquería fue unas 1.800 toneladas, con capturas anuales de entre unas 5 toneladas en 1984 y 500 en 1981.

Desde la eliminación de esta pesquería, se ha desarrollado una pesquería de peces picudos con redes agalleras en la ZEE mexicana. Se estima que para 1990 estaban pescando unos 25 barcos, y desde entonces se ha logrado la mayoría de la captura de peces espada con este arte.

### ***Evaluación de los stocks***

Se usan tres tipos generales de modelos para evaluar la condición de los stocks de peces: modelos con estructura de edades, reproductor-recluta, y de producción, todos de los cuales son descritos en la sección del presente informe que trata del atún aleta amarilla. Todos requieren

que el modelado sea llevado a cabo con un stock de peces separado. Se sabe poco de la estructura de los stocks del pez espada en el Océano Pacífico, por lo que los resultados presentados a continuación deben ser considerados provisionales.

Los modelos de producción, con datos de la pesquería palangrera japonesa de 1963 a 1980, han sido aplicados al pez espada en el Océano Pacífico por varios investigadores. Sus resultados fueron solamente tentativos, por al menos dos razones. En primer lugar, a raíz de la falta de datos sobre la devolución de marcas, características merísticas y morfométricas, características genéticas, etcétera, los investigadores tuvieron que formar supuestos sobre la estructura de los stocks a partir de la distribución de las capturas de los peces. En segundo lugar, debido a la falta de los datos necesarios para hacer ajustes por diferencias en la vulnerabilidad de los peces a la captura, tuvieron que suponer que los peces espada eran igualmente vulnerables a la captura con palangre en todos los años, estaciones, y áreas. Se concluyó que el pez espada era capaz de soportar capturas mayores a aquellas logradas durante ese período. Sin embargo, las pesquerías han cambiado desde entonces. Para 1992, la captura de peces espada en el Océano Pacífico había alcanzado unas 36.400 toneladas, un aumento de 76% desde 1986. La porción japonesa de esta captura disminuyó de un 72% a un 44%, y es por lo tanto posible que la pesquería japonesa ahora no proporcione una cobertura suficiente para controlar la pesquería entera. Se deberían incluir en análisis futuros datos de las pesquerías costeras de Chile, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, Filipinas, México, y otras naciones. Ya que las pesquerías están creciendo, es importante realizar estos análisis.

Los investigadores de la CIAT han usado el modelo de poblaciones con retardos temporales de Deriso-Schnute (Hilborn y Walters, 1992, *Quantitative Fisheries Stock Assessment*, Chapman and Hall, Nueva York y Londres: 330-348) con los datos de esfuerzo y captura de 1962-1987 para investigar la dinámica del pez espada en el OPO. Los datos disponibles al realizarse el análisis, que indica disminución de las CPUE con aumentos en el esfuerzo de pesca, proporcionan una cantidad mínima de información con la cual modelar la dinámica de una población. Un examen preliminar de los datos de esfuerzo y captura de años posteriores a 1987 indica que las CPUE han seguido disminuyendo, pero que son todavía mayores a las CPUE correspondientes al rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS), señalando que el pez espada no es sobreexplotado en el OPO. Estos datos más recientes serán incorporados en análisis futuros de la condición de los stocks de pez espada en el OPO. Hasta que se completen estos análisis es imposible estimar el nivel actual de los stocks de pez espada en el OPO con respecto al nivel esperado con el RPMS.

### ***Discusión y conclusiones***

Tras una reducción en las capturas del pez espada en el Océano Pacífico a principios de la década de los 60, cuando la flota palangrera japonesa en el Pacífico noroccidental comenzó a dirigir su esfuerzo hacia especies aparte del pez espada, la captura del Pacífico entero comenzó a aumentar. En las dos décadas siguientes, debido al aumento en la demanda de la especie, el esfuerzo en el Océano Atlántico se incrementó. Al principio aumentaron las capturas, pero luego, debido presuntamente a una explotación excesiva, disminuyeron. Si las capturas en el Océano Pacífico siguen aumentando, es posible que, al igual que en el Atlántico, la abundancia del pez espada se reduzca a tal punto que las capturas eventualmente disminuirán. Surge la cuestión de cómo evitar la pesca excesiva en el Océano Pacífico, es decir, cómo mantener el equilibrio entre la explotación y la capacidad de la población de peces espada de soportar las capturas. La solución, naturalmente, es mejorar los conocimientos de la dinámica poblacional de la especie y utilizar estos conocimientos para el manejo del recurso.



Hay varios requisitos técnicos que se han de satisfacer para asegurar una evaluación adecuada de los stocks. Uno de los requisitos esenciales más importantes es un conocimiento de la estructura poblacional de los stocks de pez espada explotados.

Son necesarios datos completos de captura y esfuerzo para poder aplicar los modelos de producción. Para cada pesquería, hacen falta datos sobre las capturas en áreas pequeñas e intervalos de tiempo cortos, junto con medidas del esfuerzo de pesca, tales como el número de barcos que pescan, el número de anzuelos calados por día, o las horas de uso de las redes agalleras. La información correspondiente de las pesquerías deportivas será también necesaria si las capturas en éstas se hacen importantes. Una manera práctica de reunir esta información de las pesquerías comerciales es mediante un sistema de cuadernos de bitácora, mantenidos por el capitán o tripulantes, y complementado por un programa de observadores. Otros sistemas, por ejemplo el monitoreo de puntos de descarga importantes, podrían ser elaborados para barcos más pequeños. Con datos de este tipo se podrían llevar a cabo análisis utilizando modelos de producción. Aunque de alcance limitado, estos modelos podrían proporcionar estimaciones iniciales de las capturas potenciales y advertencias anticipadas de pesca excesiva.

Para poder aplicar los modelos con estructura de edades son necesarios datos de longitud y/o peso de los peces en la captura, más datos de captura. Se pueden usar los datos de tamaño y captura para estimar las tasas de crecimiento y de mortalidad natural y por pesca. Además, se debería reunir información sobre las características reproductoras, tales como proporción de sexos, fecundidad, frecuencia del desove, y ubicación de las áreas de desove. Un programa para reunir estos datos necesitaría incluir un muestreo en muchos de los principales puntos de descarga de las pesquerías comerciales. Se tendría que tomar muestras de forma regular durante un período extenso.

La información necesaria para la aplicación de los modelos reproductor-recluta es esencialmente la misma que para los modelos con estructura de edades. Los palangres y las redes agalleras capturan las mayores cantidades de peces espada en el Océano Pacífico. Estos dos tipos de arte capturan normalmente una variedad de grandes peces pelágicos, tales como atunes, marlines, y tiburones, junto con los peces espada. Los atunes y marlines son menos comunes en las capturas de los barcos agalleros que en las de los palangreros. Además, ambas artes capturan ocasionalmente tortugas, los palangres a veces capturan aves marinas, y las redes agalleras atrapan unos pocos mamíferos marinos. Se pueden maximizar las capturas de pez espada y minimizar las de las otras especies mediante la selección del lugar donde se cala el aparejo de pesca, la configuración del mismo, etcétera, pero no se puede en ningún caso garantizar la captura de peces espada únicamente.

La captura real y percibida de marlines y peces vela, tiburones, mamíferos marinos, tortugas, y aves con palangre y/o redes agalleras ha dado lugar a acciones por algunos grupos para limitar el uso de estos tipos de arte. Es imprescindible, si se pretende resolver este problema percibido, que se reúna información sobre el número y tipo de animales capturados incidentalmente. (Se ha publicado información sobre las capturas incidentales por barcos pescando con redes agalleras frente a California (Calif. Dept. Fish Game, Fish Bull., 175).) En conjunto con estos esfuerzos por reunir datos, sería de desear un esfuerzo mayor para diseñar, desarrollar, y poner en uso modificaciones de las artes de pesca y/o de las técnicas de usarlas que reducirían la captura incidental, si se demuestra que estas artes ejercen un efecto significativo sobre las especies que forman las capturas incidentales.

#### **PROGRAMA ATUN-DELFIN**

En el Océano Pacífico oriental (OPO), los atunes aleta amarilla de entre unos 10 y 40 kg se asocian frecuentemente con mamíferos marinos, especialmente con delfines manchados, tornillos,



y comunes. En la Figura 82 se ilustran las distribuciones espaciales de los distintos stocks de estas tres especies. Los pescadores con red de cerco descubrieron que para maximizar sus capturas de aleta amarilla en el OPO tenían que buscar manadas de delfines o bandadas de aves marinas que se encuentran a menudo con delfines y atunes, calar la red alrededor de los delfines y los atunes, cobrar la mayoría de la red, realizar una maniobra de retroceso para permitir a los delfines escapar sobre los corchos de la red, y finalmente cobrar el resto de la red y cargar el pescado a bordo del barco. Desgraciadamente, particularmente durante los años 60 y 70, muchos delfines murieron sofocados tras enmallarse en las redes.

En 1976 se ampliaron las responsabilidades de la CIAT al incluir los problemas ocasionados por la mortalidad incidental de delfines en las redes de cerco atuneras del OPO. La Comisión acordó trabajar para mantener la producción atunera a un alto nivel y al mismo tiempo mantener a los stocks de delfines a, o por encima de, niveles que garantizaran su supervivencia a perpetuidad, haciendo todos los esfuerzos razonablemente posibles por evitar la muerte innecesaria o por descuido de delfines (Actas de la 33ª reunión de la CIAT; página 9). Las responsabilidades principales del Programa Atún-Delfín de la CIAT son (1) controlar la abundancia de los delfines y su mortalidad incidental a la pesca mediante la toma de datos a bordo de barcos atuneros de cerco pescando en el OPO, (2) analizar estos datos y hacer recomendaciones adecuadas para la conservación de delfines, (3) estudiar las causas de la mortalidad de delfines en las faenas de pesca e instar a los pescadores a adoptar técnicas de pesca que minimicen dicha mortalidad, y (4) estudiar los efectos de las distintas modalidades de pesca sobre las poblaciones de peces y otros animales del ecosistema pelágico.

## TOMA DE DATOS

### *Cobertura por observadores*

El diseño de muestreo del programa de observadores para 1996 contempló una cobertura del 100% de los viajes de pesca realizados en el OPO por todo barco cerquero de la clase 6 (mayor de 363 toneladas (400 toneladas cortas) de capacidad) y por todo cerquero de la Clase 5 (273-363 toneladas (301-400 toneladas cortas)) que participase en el Programa Internacional para la Conservación de Delfines (PICD; ver más adelante). Todos los viajes de barcos de flotas excepto la de México serían muestreados por el Programa Atún-Delfín de la CIAT. La mitad de los viajes de barcos de México sería muestreada por observadores del Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) mexicano y la otra mitad por observadores de la CIAT.

Observadores de la CIAT y el PNAAPD zarparon en 562 viajes de pesca en el OPO realizados en 1996 por barcos de clase 6, y 18 viajes por barcos de la Clase 5 con límites de mortalidad de delfines (LMD; descritos en la sección titulada **PROGRAMA INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE DELFINES**). Adicionalmente, 47 viajes iniciados en 1995 y terminados en 1996 llevaron observador, para un total de 609 viajes por cerqueros de la Clase 6 muestreados en 1996 por los dos programas. El programa de la CIAT muestreó barcos faenando bajo la jurisdicción de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Federados de Micronesia, Estados Unidos, Honduras, Liberia, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.

En la Tabla 32 se resume la cobertura de muestreo de los barcos de la flota internacional por los programas de la CIAT y de México. Más del 80% de los viajes fue muestreado por la CIAT, y los dos programas combinados muestrearon el 100% de los viajes.

### **Capacitación**

Durante 1995 se llevaron a cabo tres cursos para entrenar nuevos observadores en los métodos de toma de datos a bordo de barcos atuneros (Tabla 33). Los asistentes aprendieron cómo identificar las especies de atunes, mamíferos marinos, tortugas y aves marinas, los requisitos y procedimientos para la toma de datos, métodos para estimar los tamaños de manadas de mamíferos marinos, características de las operaciones y artes de pesca, y el protocolo y seguridad a bordo de los barcos.

## **PROGRAMA DE ARTES DE PESCA**

### **Servicios**

Durante 1996 el personal del programa de artes de pesca participó en alineaciones del paño de protección de delfines y revisiones del equipo de protección de delfines en 32 barcos, 28 de matrícula de México y los otros de Colombia, Ecuador, Panamá, y Vanuatu. Para verificar la alineación del paño de protección se realiza un lance de prueba, durante el cual un técnico de la CIAT observa el funcionamiento de la red durante el retroceso desde una balsa inflable. El técnico 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 brinda además otros servicios para ayudar a los gerentes de flota y a los operadores de barcos individuales a reducir la mortalidad de delfines. En las oficinas regionales de la CIAT se pueden obtener publicaciones y cintas de vídeo 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.

### **Talleres sobre la reducción de la mortalidad de delfines**

En julio de 1996 se celebró un taller sobre la reducción de la mortalidad de delfines en La Jolla, California (EE.UU.), para un capitán de pesca. Estos talleres están ideados no sólo para los capitanes, encargados directamente de las faenas de pesca, sino también para los otros tripulantes y para el personal administrativo responsable del equipo del barco y de su mantenimiento. Se presentan certificados de asistencia a todos los asistentes.

### **Certificados de pesca “sin delfines”**

La CIAT emite certificados de pesca “sin delfines” (*“dolphin-safe”*) para viajes realizados por barcos cerqueros que fueron acompañados por un observador de la CIAT y para los cuales los datos del observador consten que no se persiguió ni cercó delfines intencionalmente durante el viaje. Se emiten estos certificados solamente a petición de la gerencia del barco. En 1996 la CIAT emitió 221 de estos certificados a barcos de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.

### **Constancias de Participación**

Las *Constancias de Participación*, solicitadas inicialmente por representantes de algunas naciones pesqueras, verifican que un barco ha participado en el PICD a un nivel de cobertura de

100%; es decir, que hubo un observador a bordo del barco durante cada viaje desde que el barco inició su participación en el PICD. También puede constar que el barco está dotado de todo el equipo de protección de delfines recomendado por la CIAT y que los técnicos de la CIAT han verificado la alineación correcta y condición del paño de protección de delfines en la red durante un lance de prueba. Durante 1996, la CIAT emitió, a petición, constancias para 68 viajes de pesca realizados por barcos de Belice, Colombia, Estados Unidos, México, Vanuatu, y Venezuela.

## LA INVESTIGACION

### *Estimaciones de la mortalidad de delfines ocasionada por la pesca*

En 1996 la mortalidad incidental de delfines disminuyó a 2.547 animales (Tabla 34), el nivel más bajo desde el comienzo de la pesquería de atunes asociados con delfines, y una reducción de 22% con respecto a la mortalidad de 3.274 delfines registrada en 1995. El número de lances sobre cardúmenes de atunes asociados con delfines se incrementó en un 4%, de 7.209 a 7.483, mientras que la proporción del número total de lances de todos tipos realizada sobre delfines se redujo ligeramente en 1996 (43,8%) con respecto a 1995 (45,3%). La mortalidad promedio por lance disminuyó de 0,45 animales en 1995 a 0,34 animales en 1996. En la Figura 83 se ilustran las tendencias en el número de lances sobre delfines, la mortalidad por lance, y la mortalidad total en los últimos años. Al igual que en años anteriores, la mayor parte de los avances hacia la meta de eliminar la mortalidad se debe al éxito logrado por los pescadores en sus esfuerzos por liberar todos los delfines cercados.

Las capturas de aletas amarillas asociados con delfines se redujeron con respecto a 1995. El porcentaje de la captura de aleta amarilla tomada en lances sobre delfines disminuyó del 67,8% de la captura total en 1995 al 63,1% de la misma en 1996, al igual que la captura promedio por lance sobre delfines, que se redujo de 20,9 a 20,4 toneladas por lance. La mortalidad por tonelada disminuyó de 0,022 animales en 1995 a 0,017 animales en 1996.

Los datos arriba presentados incluyen datos de viajes de barcos atuneros acompañados por observadores del programa nacional mexicano y la CIAT, pero las comparaciones a continuación se basan en las bases de datos de la CIAT para 1995 y 1996.

La disminución en la mortalidad por lance resulta de acciones por parte de los pescadores para controlar mejor los factores que causan la mortalidad incidental. Una indicación de este esfuerzo es el número de lances en los que no ocurrió ninguna mortalidad: 88% en 1996, comparado con 85% en 1995. Factores bajo el control de los pescadores que probablemente afectan la mortalidad de delfines por lance incluyen la ocurrencia de averías, especialmente aquellas que llevan a colapsos o abultamientos de la red, la duración de la maniobra de retroceso, y el tamaño de la manada capturada. El porcentaje de lances con averías mecánicas importantes disminuyó del 7,7% en 1995 al 7,1% en 1996. El porcentaje de lances con colapsos de la red se redujo de 10,3% en 1995 a 7,3% en 1996, y el de lances con abultamientos de la red del 6,0 al 4,9%. En 1996 la duración promedio del retroceso fue 13,6 minutos, en comparación con 14,0 minutos en 1995, y el número promedio de delfines en la red después del retroceso fue 0,2 en 1996, en comparación con 0,4 en 1995. El tamaño promedio de las manadas de delfines capturadas aumentó ligeramente, de 473 animales en 1995 a 477 en 1996.

El número promedio de delfines (por stock) en las manadas capturadas y la mortalidad media por captura en 1996 fueron similares a los de años anteriores, con las cifras más altas correspondientes al delfín común en ambos casos. En 1996 el número promedio de delfines man-

chados, tornillo oriental, tornillo panza blanca, y comunes capturado por lance fue 428, 130, 170, y 656 animales, respectivamente. Sin embargo, el número promedio de animales en manadas capturadas fue máximo para manadas mixtas de delfines manchados y tornillo. Las capturas medias por lance para manadas mixtas de delfines manchados y tornillos panza blanca y manadas mixtas de delfines manchados y tornillos orientales fueron 900 y 888 animales, respectivamente. La mortalidad promedio por captura de delfines manchados, tornillo oriental, tornillo panza blanca, y comunes en 1996 fue menos de 4 animales por 1000.

### ***Estimaciones de la abundancia relativa de los delfines***

La tarea principal de los observadores a bordo de los barcos atuneros es observar la mortalidad incidental de delfines y reunir datos que podrían llevar a reducciones mayores en esa mortalidad. Reúnen también información sobre las actividades de búsqueda de los barcos y la frecuencia de los encuentros con mamíferos marinos. Se usan estos datos para calcular estimaciones de la abundancia de los delfines, usando una técnica llamada análisis de transectos lineales, con la cual se estima un factor de corrección a partir de los datos de avistamientos. Este factor permite tomar en cuenta aquellos delfines no vistos desde el barco.

Desgraciadamente, los supuestos necesarios para que los análisis de transectos lineales arrojen estimaciones insesgadas de la abundancia absoluta son violados de varias maneras, pero principalmente por el hecho de que los barcos atuneros suelen concentrar sus operaciones en áreas de abundancia elevada de delfines. Los procedimientos analíticos usados deberían por lo tanto ser lo menos sensibles posible a estas violaciones. Es poco probable que los procedimientos usados, elaborados por el personal de la CIAT y descritos en los Informes Anuales de la CIAT de años anteriores, eliminen todos los sesgos, así que se deben considerar las estimaciones resultantes como índices de la abundancia relativa de los stocks, y no como estimaciones de su abundancia absoluta.

A fin de determinar si los cambios observados en una serie de tiempo de índices anuales de abundancia relativa reflejan cambios en las poblaciones o fluctuaciones interanuales aleatorias en las condiciones de muestreo, se aplica un procedimiento estadístico adicional a las series. Este procedimiento está ideado para eliminar esas fluctuaciones aleatorias, y así permitir estimar la tendencia subyacente y los límites de confianza correspondientes a la abundancia relativa de la población.

En la Tabla 35 se detalla el número de millas náuticas de esfuerzo de búsqueda observado a bordo de barcos atuneros, el número de avistamientos hechos durante ese esfuerzo en 1996, y el tamaño de las áreas que se supone ocupan los distintos stocks. Como parte del tratamiento para reducir los sesgos en las estimaciones, se excluyeron de los análisis los datos de algunos viajes; no se incluyen esos datos en la tabla. En la Tabla 36 se presentan los índices de abundancia relativa de todos los stocks. En las Figuras 84 a 91 se ilustran las series de tiempo de los índices estimados para cada uno de los stocks para los cuales se disponía de información suficiente, la tendencia subyacente estimada en la abundancia de la población, y los límites de confianza. Se calculan estos límites de una forma que permite evaluar la significación de las diferencias directamente de la figura: si los rangos de los límites de confianza de dos estimaciones no se solapan, entonces se supone que las estimaciones son significativamente diferentes. El nivel aproximado de confianza es 95%.

### ***Delfín manchado de altamar***

Las Figuras 84 y 85 grafican los índices y tendencias estimados para los dos stocks (nororiental y occidental-sureño, respectivamente) del delfín manchado de altamar actualmente

supuestos para el Océano Pacífico oriental. Las tendencias sugieren que las poblaciones no han cambiado mucho en los últimos años, tras una disminución terminada durante los primeros años de la década de los 80.

La figura correspondiente al stock nororiental sugiere una reciente reducción menor aparente, ya que las estimaciones de 1993-1996 son significativamente más bajas que aquellas de los últimos años de la década de los 80. Sin embargo, dadas las bajas tasas de mortalidad incidental en los últimos años, es probable que esta tendencia refleje cambios en las condiciones ambientales. La distribución de las estimaciones individuales sugiere la posibilidad de trienios de estabilidad relativa en las condiciones de muestreo. Los investigadores de la CIAT están explorando estas posibilidades, usando nuevas técnicas analíticas que incorporan datos ambientales directamente.

El patrón correspondiente al stock occidental-sureño es similar, aunque menos marcado; tras una reducción repentina en 1993, los índices recientes han aumentado secuencialmente hasta niveles cercanos a los valores de mediados de la década de los 80. A partir de los datos, no queda claro si la reducción aparente en las estimaciones del período de 1983-1986 refleja cambios reales en la abundancia: 1983 fue un año con un evento severo de El Niño, y los índices bajos de 1985 y 1986 coinciden con estimaciones elevadas de abundancia relativa para el stock nororiental, señalando la posibilidad de desplazamientos de delfines a través de los límites actuales de los stocks.

Por este motivo, se combinaron y analizaron juntos los datos de los dos stocks (Figura 86). Los resultados no demuestran casi ningún cambio en los últimos años, con la excepción de una disminución repentina en 1993, casualmente también un año con un fuerte evento de El Niño.

### ***Delfín tornillo***

La Figura 87 señala que el stock oriental del delfín tornillo ha permanecido estable en los últimos años, sin cambios significativos en el nivel de la población, a pesar de alguna indicación de un aumento durante los tres últimos años. Para el stock panza blanca, la tendencia en la Figura 88 indica que han ocurrido pocos cambios en la última década; la excepción es la diferencia significativa entre las estimaciones de 1987 y 1994.

### ***Delfín común***

Tras sumar la estimación de 1996, el índice suavizado de 1995 correspondiente al stock norteño del delfín común es significativamente más bajo que los índices de antes de 1993 (Figura 89). Sin embargo, tal como se comenta en los Informes Anuales de la CIAT, la interpretación de tendencias recientes en los índices es problemática, ya que los índices representan la abundancia en solamente una fracción del área de distribución del stock. Estudios aéreos y de barco frente al sur de California indicaron aumentos muy grandes en la abundancia del delfín común con respecto a estimaciones previas, señalando un desplazamiento en la distribución hacia la porción norteña del área ocupada por la especie (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 95 (1): 1-14). Los cerqueros atuneros ejercen poco o ningún esfuerzo en el área, y las estimaciones de los investigadores de la CIAT se ven por consiguiente afectadas de forma marcada por cambios en la distribución. Son necesarios más estudios para lograr una mejor comprensión de la distribución espacial del stock dentro de su área y también de la distribución relativa de las dos especies de delfín común que ocurren en esta región.

Los datos correspondientes al stock central del delfín común indican un tamaño de población estable desde principios de los años 80, tras una disminución hacia fines de la década anterior (Figura 90). Los datos para el stock sureño son muy escasos, dificultando la evaluación

de las tendencias en la abundancia (Figura 91). No hay diferencias significativas entre las estimaciones en toda la serie de tiempo.

### ***Capturas incidentales en la pesquería atunera con red de cerco***

A fines de 1992 los observadores de la CIAT comenzaron a reunir información sobre las capturas incidentales en las operaciones de pesca con red de cerco, y el programa continuó en 1996. En el presente informe se definen "capturas incidentales" como los peces u otros animales desechados muertos en el mar. Durante 1996 se revisaron los datos reunidos en los años anteriores y se modificaron en casos apropiados. En la Tabla 37 se presenta información sobre la cobertura de lances sobre delfines, sobre cardúmenes de atunes no asociados, y sobre objetos flotantes. (El número de lances en esta tabla no concuerda con la Tabla 5 porque esa tabla, basada en la base de datos de la CIAT de estadísticas de captura, no incluye datos de lances por barcos para los cuales no se obtuvieron datos de bitácora utilizables, mientras que la Tabla 37, basada en la base de datos atún-delfín de la CIAT, no incluye información de los viajes de barcos de las Clases 1 a 4, ni tampoco de la mayoría de los de la Clase 5, ya que no son acompañados por observadores.) La cobertura es incompleta, pero más que suficiente para la mayoría de los fines estadísticos.

Los métodos usados en esta sección para estimar las capturas incidentales son bastante simplistas. Se está investigando la estratificación de los datos por área, temporada, clase de arqueo del barco, tipo de lance, etcétera, y cuando se complete se podrán calcular estimaciones más precisas y exactas de las capturas incidentales.

### ***Descartes de atunes de importancia comercial***

En la Tabla 38 se presentan estimaciones de las capturas incidentales de atunes de importancia comercial. Se calcularon multiplicando las estimaciones derivadas de la base de datos atún-delfín por la razón de la captura total retenida de la especie en cuestión durante el año en cuestión a la captura retenida de esa especie durante ese año en los viajes en la base de datos atún-delfín. Las capturas incidentales han aumentado a medida que ha ido aumentando el número de lances sobre objetos flotantes (Tabla 37).

Las capturas incidentales malgastan siempre un recurso, en el sentido de que reducen el reclutamiento, el rendimiento por recluta, o ambos. Además, tal como se indicó anteriormente en el presente informe, la captura de aletas amarillas pequeños, aun si son retenidos, reduce el rendimiento por recluta de la especie. Es posible que ocurra lo mismo en el caso del atún patudo, pero la falta de información sobre la mortalidad natural por edad de esta especie imposibilita determinar el efecto del aumento en las capturas de patudos pequeños. No obstante, dicho aumento es motivo de inquietud considerable, ya que el valor comercial del patudo de mayor tamaño, capturado casi exclusivamente con palangre, es mucho mayor que aquel del patudo (o aleta amarilla o barrilete) capturado con arte de superficie.

### ***Descartes de otras especies***

En la Tabla 39 se presentan estimaciones de las capturas incidentales de animales aparte de los atunes de importancia comercial. Se calcularon con base en la información en la base de datos atún-delfín, por lo que las estimaciones son más bajas de lo que serían si se incluyeran los datos correspondientes a barcos de menor tamaño, que pescan casi exclusivamente atunes no asociados y asociados con objetos flotantes. Las capturas incidentales han aumentado a medida que ha ido aumentando el número de lances sobre objetos flotantes (Tabla 37). Las capturas incidentales de todas las especies excepto los delfines son máximas en los lances sobre objetos flotantes, intermedias en los lances sobre cardúmenes no asociados, y mínimas en los lances sobre delfines. Los barcos cerqueros capturan incidentalmente tortugas golfina (*Lepidochelys olivacea*), verde

(*Chelonia mydans*), laúd (*Dermochelys coriacea*), carey (*Eretmochelys imbricata*), y caguama (*Caretta caretta*), todas de las cuales son consideradas en peligro. (La mayoría de las tortugas que se capturan son liberadas en condición viable; la Tabla 39 incluye solamente aquellas que murieron.) La información disponible sobre la biología de las especies de peces en la Tabla 39 es insuficiente para permitir determinar los efectos de la captura de dichas especies por la pesquería con red de cerco. Suponiendo que algunas sean gravemente afectadas, las que tienen la mayor probabilidad de serlo son una o más especies de tiburones o rayas, ya que su fecundidad es baja, y es probable que la mortalidad de cantidades sustanciales de estas especies reduzca el reclutamiento de las mismas en años subsiguientes.

### **Efectos de medidas para reducir las capturas incidentales**

Las "curvas de reducción de captura incidental" (Figuras 92-94) ilustran las ventajas y desventajas implícitas en los esfuerzos por reducir las capturas incidentales. Se calculan datos sobre las capturas de atunes y las capturas incidentales de especies seleccionadas (Informe Anual de la CIAT de 1995: Figuras 39-41) para estratos seleccionados de área y tiempo. A continuación se eliminan secuencialmente los estratos con las razones de captura incidental-captura más elevadas (es decir, aquellas en las que se puede lograr la reducción máxima de la captura incidental con una reducción mínima de la captura). Para las Figuras 92-94 se usaron datos estratificados por área de 1° para lances sobre cardúmenes de atunes asociados con delfines realizados durante viajes iniciados durante el cuarto trimestre de 1992 más lances sobre todos tipos de cardumen realizados durante viajes iniciados durante 1993-1996. Si las distribuciones de las capturas de atunes y de una especie capturada incidentalmente fueran iguales la "curva" sería una línea recta que va de la esquina superior izquierda a la inferior derecha de la gráfica, y reducir la captura incidental 50, 80, ó 100%, por ejemplo, conllevaría una reducción correspondiente de 50, 80, ó 100% en la captura de atunes. Afortunadamente, las distribuciones no son iguales, y se podría lograr una reducción del 50% en la captura incidental de dorado (*Coryphaena* spp.), peto (*Acanthocybium solandri*), o tiburón punta negra (*Carcharhinus limbatus*) con una reducción de un 7, 4, ó 5%, respectivamente, en la captura de atunes (Figuras 92-94). Los valores correspondientes para reducciones de 80 y 100% en las capturas incidentales son como sigue:

Especie	Reducción en captura incidental	
	80%	100 %
Dorado	15	40
Peto	10	40
Tiburón punta negra	25	75

Queda claro que sería más costoso reducir las capturas incidentales de tiburones punta negra en un 80 ó 100% que reducir las capturas incidentales de dorado o peto por cualquiera de los dos porcentajes. Esto se debe a que las capturas de tiburones punta negra se encuentran más uniformemente distribuidas en el Océano Pacífico oriental (Informe Anual de la CIAT de 1995: Figura 41) que aquellas de dorado y peto (Informe Anual de la CIAT de 1995: Figuras 39 y 40), debido probablemente a las proporciones mucho mayores de tiburones punta negra que de dorado y peto capturadas en lances sobre delfines y atunes no asociados.

### **PROGRAMA INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACION DE DELFINES**

En el Informe Anual de la CIAT de 1993, páginas 254-256, se describe la secuencia de eventos que condujo al establecimiento del Programa Internacional de Conservación de Delfines, y sus objetivos y funcionamiento.

El límite de mortalidad de delfines (LMD) general establecido para la flota internacional en 1996 fue de 9.000 animales. Se les asignó LMD individuales de 96 animales cada uno a 94 barcos. El total de los LMD repartidos fue 8.967 animales, ya que ciertos barcos fueron asignados LMD reducidos porque habían rebasado su LMD para el año anterior. A los 34 de barcos que perdieron el LMD por no utilizarlo antes del 1° de junio se les permitió solicitar LMD de segundo semestre, y 23 de éstos, más un barco más, fueron asignados LMD de segundo semestre de 48 animales cada uno. La mortalidad total de delfines en 1996 ocasionada por la pesca fue de 2.547 animales.

#### ***Panel Internacional de Revisión***

El Panel Internacional de Revisión celebró sus reuniones 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, y 13<sup>a</sup> durante 1996. La primera de éstas tuvo lugar en Ensenada (México) el 25 y 26 de enero, y las otras dos en La Jolla, California (EE.UU.), el 28 y 29 de agosto y el 19 y 21 de octubre, respectivamente. En la sección del presente informe titulada **REUNIONES** se presentan las agendas de las mismas, y se detalla lo ocurrido en el Informe Anual del Panel de 1996, disponible de la CIAT a petición.

El Panel sigue un procedimiento general para reportar a los gobiernos correspondientes sobre el cumplimiento, por parte de las embarcaciones, de las leyes y reglamentos establecidos para minimizar la mortalidad de delfines durante las faenas de pesca. Los observadores que acompañan a las embarcaciones durante los viajes de pesca preparan un resumen de la información pertinente a la mortalidad de delfines para cada viaje; la Secretaría del Panel (miembros del personal de la CIAT) remite estos documentos a los gobiernos bajo cuya jurisdicción faenan los barcos poco después de terminar el viaje en cuestión. El Panel revisa, durante sus reuniones, los datos de los observadores para todos aquellos viajes que hayan finalizado y remite, luego de cada reunión, un informe detallando presuntas infracciones a los gobiernos bajo cuya jurisdicción se encuentran los barcos en cuestión. A su vez, los gobiernos informan al Panel acerca de las acciones que se hayan tomado con respecto a las infracciones. El Panel informa a los demás gobiernos acerca del cumplimiento (o no) de los reglamentos a través de un informe anual presentado a los gobiernos en la reunión siguiente de la CIAT.

#### ***Comité Científico Asesor***

Debido a falta de fondos, no se reunió el Comité Asesor Científico durante 1996.



**APPENDIX 1—ANEXO 1****STAFF\*—PERSONAL\*****DIRECTOR**

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)

**ASSISTANT DIRECTOR—SUBDIRECTOR**

Robin L. Allen, Ph.D. (University of British Columbia)

**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**

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington)  
Biology

—Biología

David A. Bratten, B.S. (San Diego State University)  
Biology

—Biología

Michael G. Hinton, Ph.D. (University of California at San Diego)  
Biology: statistics

—Biología: estadística

Witold L. Klawe, M.S. (University of Toronto) (emeritus)  
Biology

—Biología

Daniel Margulies, Ph.D. (University of Maryland)  
Biology

—Biología

Ashley J. Mullen, Ph.D. (University of London)  
Biology: mathematics

—Biología: matemática

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

**Associate Scientists—Científicos Asociados**

Ernesto Altamirano Nieto, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
Biology

—Biología

- Alejandro A. Anganuzzi, Lic. (Universidad Nacional de Mar del Plata)  
 (on leave of absence, January 1-December 31 —en excedencia del 1 de enero  
 al 31 de diciembre)  
 Biology: population dynamics —Biología: dinámica de poblaciones
- Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington)  
 Biology —Biología  
 (to June 28 —hasta el 28 de junio)
- Edward H. Everett, B.A. (San Jose State University)  
 Biology: statistics —Biología: estadística
- Marco A. García, Lic. (Universidad de Oriente)  
 (on leave of absence, August 6-December 31 —en excedencia del 6 de agosto  
 al 31 de diciembre)  
 Biology: mathematics —Biología: matemática
- Cleridy E. Lennert, M.S. (University of California at San Diego)  
 Biology: mathematics —Biología: matemática
- Richard J. Lindsay, B.S. (Long Island University)  
 Biology —Biología
- Milton F. López, B.S. (University of Rhode Island)  
 Computer science —Ciencia de computadoras
- Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)  
 Biology: population dynamics —Biología: dinámica de poblaciones  
 (to November 22 —hasta el 22 de noviembre)
- Robert E. Sarazen, B.S. (California State University, Long Beach)  
 Data base management —Administración de base de datos)
- Kurt M. Schaefer, M.S. (San Diego State University)  
 Biology —Biología
- Vernon P. Scholey, M.S. (University of Washington)  
 Biology —Biología  
 (Achetines, Panamá)
- Nickolas W. Vogel, B.A. (University of California at Santa Barbara)  
 Biology —Biología
- Jeanne B. Wexler, B.S. (Humboldt State University)  
 Biology —Biología

#### Assistant Scientists—Científicos Auxiliares

- Armando Enrique Carrasco Arevalo, B.S. (University of West Florida)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Cumaná, Venezuela)
- Emilio Rafael Cedeño Perez, Lic. (Universidad de Oriente)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Cumaná, Venezuela)

- Adrián Celaya Ortega, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California Sur)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Mazatlán, México)
- Alvin Delgado Martínez, Lic. (Universidad de Oriente)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Cumaná, Venezuela)
- Erick Danton Largacha Delgado, Biól. (Universidad de Guayaquil)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Manta, Ecuador)
- José Manuel Lutt M., B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Ensenada, México)
- Cesar Maldonado Gonzalez, B.S. (Universidad Autónoma de Sinaloa)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Mazatlan, México)
- Alberto Morales Yañez, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Ensenada, México)
- Jorge Bernardo Parraga Fernandez, Biól., (Universidad de Guayaquil)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (from October 6 —desde 6 de octubre)  
 (Manta, Ecuador)
- Eric E. Pedersen, B.S. (Humboldt State University)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Ensenada, México)
- Hector Javier Perez Bojorquez, B.S. (Universidad Autónoma de Sinaloa)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Mazatlán, 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
- Mario Luis Ruiz Nuñez, Biól. (Universidad de Guayaquil)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (to September 6 —hasta el 6 de septiembre)  
 (Manta, Ecuador)
- Osvaldo A. Silva, Ict. Pis. (Instituto de Altos Estudios de la Técnica en la Industria y  
 Economía Pesquera, Astrakhan, USSR)  
 Biology: statistics —Biología: estadística  
 (Manta, Ecuador)

Enrique Ureña Portales, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
 Biology: statistics —Biología: estadística

#### TECHNICAL—TECNICO

Sharon A. Booker  
 Data assistant —Asistente de datos

Joanne E. Boster  
 Statistical technician —Técnica en estadística

Laura J. Bowling  
 Data assistant —Asistente de datos

Jesús Mario Budria García  
 Maintenance supervisor —Supervisor de mantenimiento  
 (Achetines, Panamá)

Cheryl A. Coe  
 Data assistant —Asistente de datos  
 (from August 1 —desde el 1 de agosto)

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 César Guevara Quintana  
 Waterfront contact: laboratory technician —Representante en el muelle:  
 técnico de laboratorio  
 (Panamá, R.P.)

Nancy Haltof  
 Data assistant —Asistente de datos

JoyDeLee C. Marrow, B.A. (University of California at San Diego)  
 Data assistant —Asistente de datos  
 (from August 26 —desde el 26 de agosto)

Jenny M. Suter, B.S. (University of California at Davis)  
 Laboratory technician —Técnico de laboratorio

#### ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO

María Cristina Caballero  
 Bilingual secretary —Secretaria bilingüe

Yolanda Covington  
 Bilingual secretary —Secretaria bilingüe

Berta N. Juárez  
 Bilingual secretary to the Director —Secretaria bilingüe del Director

Daniel R. Lilly, B.S. (Marquette University)  
 Administrative assistant —Ayudante administrativo

**VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS—CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA**

- Dr. Kathryn A. Dickson, California State University at Fullerton (January 1-18)  
(Laboratorio de Achotines)
- Dr. Alain Fonteneau, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, Montpellier, France (January 1-December 13)
- Srta. Zoraida Guerrero, Universidad de Panamá, Panamá, R.P. (September 17-October 25)  
(Laboratorio de Achotines)
- Dr. Masato Iizawa, Fisheries and Aquaculture International Co., Ltd., Tokyo, Japan  
(September 18-November 1) (Laboratorio de Achotines)
- Dr. François Marsac, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, Noumea, New Caledonia (March 28-April 11)
- Mr. Akio Nakazawa, Overseas Fishery Cooperation Foundation, Tokyo, Japan (January 1-December 31) (Laboratorio de Achotines)
- Mr. Naozumi Miyabe, National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan  
(January 16-29)
- Dra. Pilar Pallarés, Instituto Español de Oceanografía, Madrid, España (July 8-December 13)
- Mr. David Thomasberg, Monterey Bay Aquarium, Monterey, California, USA, (January 3-24) (Laboratorio de Achotines)
- Mr. Koji Uosaki, National Research Institute of Far Seas Fisheries, Shimizu, Japan  
(January 1-May 31)

\* All personnel at La Jolla unless otherwise noted

\* Todos en La Jolla, a menos que se indique lo contrario

## APPENDIX 2—ANEXO 2

## MEXICO'S STATEMENT TO THE INTERGOVERNMENTAL MEETING

The failure by the Congress of the United States to enact legislation implementing the historic Declaration of Panama in a manner consistent with the commitments received by all our countries from the U. S. Administration, after the bipartisan majorities of the U.S. Congress had spoken so very clearly in support of that goal, sends a distinct message that unilateralism continues to prevail over multilateral, science-based environmental policy.

Mexico comes to this meeting indignant at the result of the U.S. process. There have occurred years of multilateral dialogue; the consequent negotiation and successful implementation of the La Jolla Accord, representing the search for the collective good; culminating in the negotiation of the Declaration of Panama, an international fisheries agreement that is unprecedented in its scope; and, finally, the subsequent presentation and promotion of the Declaration by a comprehensive scientific, environmental, political, industrial, and diplomatic coalition. Despite all of this, the United States lost the opportunity, at a most opportune moment, to demonstrate its genuine commitment to the principles of international and multilateral cooperation, as it has so many times expressed in this forum.

Mexico, on the other hand, has been and remains fully committed to the principles of the La Jolla Agreement and the subsequent Declaration of Panama: to multilateralism, to the judicious use of renewable resources, to perpetuating the availability of a valuable source of protein and employment to our peoples, to the effective conservation of marine mammals and to the commitment to use sound science for the protection of a delicate and complex ecosystem.

However, the recognized effort from Mexico and the other member Countries of the La Jolla Agreement is being threatened by interests contrary to the conservation of the environment. These interests have favored their own economic concerns over a responsible policy for the protection and conservation of the marine ecosystem, closing their eyes to the scientific evidence which constitutes the foundation for the actions taken in this multilateral forum. These interests, which are promoted by certain narrow interest nongovernmental organizations claiming to be worried about one particular species. If these interests are not effectively countered, a dynamic and viable organism is seriously threatened, an organism whose future holds such promise for the effective management of marine ecosystems around the world.

Mexico recognizes the commitment to sound conservation principles and multilateralism, and the excellent work performed by the many industry and government representatives from within the other signatory nations to the Declaration of Panama, including the U.S. Administration; within the U.S. Congress; within FUDENA and the five responsible U.S. nongovernmental organizations—Greenpeace, Center for Marine Conservation, World Wildlife Fund, Environmental Defense Fund and National Wildlife Federation—who fought so hard and firm for the implementation of this historic agreement. Their courage in promoting truth should be praised, particularly in light of the level of inaccurate, biased and inconsistent information that has been spread by a few others.

Mexico is hopeful that the Declaration of Panama will be implemented by the U. S. Congress early next year. However, guided by the findings of the responsible domestic and international scientific community, Mexico can no longer permit the unilateral policies of one of the parties to the La Jolla Accord to effectively undermine the marine ecosystem of Mexico and the eastern Tropical Pacific Ocean.

For all these reasons, it is the decision of the Mexican Government to immediately suspend its active participation in the La Jolla Agreement. Over many years, Mexico has developed a

strong and viable, science-based national program to ensure the sustainability of the tuna fishery and guarantee the conservation of all living marine resources consistent with the principles of the La Jolla Accord, the Declaration of Panama, and, particularly, with the United Nations Code of Conduct for Responsible Fisheries. Furthermore, consistent with Mexico's international policy, it will initiate practical discussions at the beginning of next month, at the OLDEPESCA meeting, with our Latin American partners in this international fishery, with the objective of maintaining our policy of multilateral cooperation in the effective management of the living migratory marine resources within the eastern Tropical Pacific Ocean.

Therefore, Mexico also issues a call for action to its counterparts in this fishery to remain united in exploring alternative venues in which the living marine resources shall be managed and protected in a truly multilateral, truly cooperative and truly effective manner. We cannot and will not lose what we have already achieved.

Mexico's decision to merely suspend its participation in the La Jolla Agreement, rather than outright withdrawal, reflects its expectation of the fulfillment of President Clinton's personal commitment to President Zedillo, communicated in his letter of October the 7th, that the legislation to implement the Declaration of Panama will be considered in the earliest days of the 105th U.S. Congress. It is Mexico's expectation that President Clinton's commitments will result in the successful implementation of this historic agreement.

Furthermore, despite the fact that Mexico has a recognized regulatory and statutory program to manage the tuna fisheries and protect dolphins, Mexico will, for the time being, continue to permit IATTC observers on Mexican-flagged tuna vessels in order to maintain transparency consistent with globally accepted standards of statistical significance.

Should legislation fully consistent with the Declaration of Panama be enacted early next year, Mexico will reassess its present position. However, in the absence of such action, Mexico will act in a manner consistent with internationally accepted standards for environmental use that are based on the best available scientific evidence. At an appropriate point in time, Mexico will also consider all other options available through multilateral and world bodies.

Mexico has opted to travel to this meeting in order to make its announcement in person out of respect to our partners in the La Jolla Agreement who have, with Mexico, sacrificed so very much in order to create and sustain what is universally regarded as the most successful voluntary marine conservation and international fisheries management agreement in the world today.

It is the sincere expectation of Mexico that the Declaration of Panama will become reality. As it has been proven in the past, it shall be true in the future that the only way to effectively manage this international fishery is through multilateral cooperation and unity among those nations committed to the principles of science, conservation, and sustainable use of natural resources.

---

#### **DECLARACION DE MEXICO A LA REUNION INTERGUBERNAMENTAL**

El fracaso del Congreso de los Estados Unidos para promulgar la legislación que implementaría la histórica Declaración de Panamá, de manera consistente con el compromiso que recibimos todos los países por parte de la Administración Federal de esa nación, lleva consigo el mensaje claro de que a pesar del amplio y conocido apoyo de las mayorías bipartidistas del Congreso norteamericano para lograr ese objetivo, el unilateralismo prevalece sobre una política ambiental multilateral basada en la ciencia.

México viene a esta reunión profundamente indignado por el resultado obtenido en el proceso estadounidense. Después de años de diálogo multilateral, que llevaron a la creación del Acuerdo de La Jolla, que representa la búsqueda de un bien colectivo, seguido de la negociación, presentación y promoción de la Declaración de Panamá, acuerdo internacional pesquero sin precedente en sus objetivos, que resulta de una coalición de gran alcance en materia científica, ambiental, política, industrial y diplomática, Estados Unidos ha desaprovechado el momento más oportuno para demostrar su real compromiso con los principios de cooperación internacional y multilateral, reiteradamente manifestado en este foro.

México en cambio, ha estado y continua estando firmemente comprometido con los principios operativos del Acuerdo de La Jolla y de la Declaración de Panamá; es decir, con el multilateralismo, el uso responsable de los recursos renovables que perpetúen la disponibilidad de una fuente valiosa de proteínas y empleos para nuestro pueblo, con la conservación efectiva de los mamíferos marinos, y con el compromiso del uso de la ciencia en la protección de un ecosistema complejo y delicado.

Sin embargo, este esfuerzo de México y de los otros países miembros del Acuerdo de La Jolla está amenazado por voluntades ajenas a la protección del medio ambiente, que anteponen sus intereses económicos sobre una política responsable de protección y conservación del ecosistema marino, que cierran los ojos ante la evidencia científica que es el cimiento de las medidas adoptadas en este foro multilateral. Si estas voluntades, promovidas por determinadas organizaciones no gubernamentales supuestamente preocupadas por la protección de una especie, no son contrarrestadas de manera eficaz, se pone en grave riesgo un organismo dinámico y viable, de cuyo futuro depende una promesa para el manejo efectivo de los ecosistemas en el mundo.

México reconoce y aprecia el compromiso con los sólidos principios de conservación y de multilateralidad, así como el excelente trabajo realizado por muchos individuos, tanto de la industria como de los gobiernos, de las otras naciones signatarias de la Declaración de Panamá, del Poder ejecutivo de los Estados Unidos, de su Congreso, de FUDENA y de las cinco responsables organizaciones no gubernamentales de Estados Unidos—Greenpeace, Center for Marine Conservation, World Wildlife Fund, Environmental Defense Fund y National Wildlife Federation—que lucharon con fuerza y firmeza para lograr este acuerdo histórico. Su valor en la promoción de la verdad debe ser reconocido, particularmente ante el nivel de inconsistencia, sesgo e imprecisión en la información difundida por unos cuantos.

México espera la implementación exitosa de la Declaración de Panamá por parte del Congreso de los Estados Unidos a principios del próximo año. Sin embargo, en base a los resultados encontrados por la comunidad científica responsable, nacional e internacional, México no puede permitir que políticas unilaterales de una de las Partes del Acuerdo de La Jolla atenten contra el ecosistema marino de México y del Océano Pacífico Oriental Tropical.

Por todas estas razones, el Gobierno de México ha decidido suspender inmediatamente su participación activa en el Acuerdo de La Jolla. Desde hace algunos años, México ha desarrollado un sólido y viable programa nacional basado en la ciencia para asegurar la sustentabilidad de la pesquería del atún y garantizar la conservación de todos los recursos marinos vivos, consistente con los principios del Acuerdo de La Jolla, la Declaración de Panamá y, en particular con los principios establecidos en el Código de Conducta para la Pesca Responsable de Naciones Unidas. Asimismo, México, de acuerdo con su política internacional, iniciará pláticas con el resto de los países latinoamericanos que tienen operaciones de pesca de esta especie en el Océano Pacífico Oriental, a principios del próximo mes durante la reunión de la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero, con objeto de mantener nuestra política de cooperación multilateral en el manejo efectivo de los recursos marinos vivos migratorios.



México, hace un llamado a sus contrapartes en esta pesquería para mantenerse unidos en la exploración de vías alternativas en las que los recursos marinos vivos sean verdaderamente manejados y protegidos de manera efectiva, cooperativa y multilateral. No perderemos lo que ya hemos logrado.

México ha tomado esta decisión en lugar de renunciar completamente al Acuerdo, ante la expectativa del cumplimiento del compromiso personal comunicado por el Presidente Clinton al Presidente Zedillo en su carta del 7 de octubre pasado, en el sentido de que la legislación que implementa la Declaración de Panamá será considerada por el Congreso estadounidense en su 105º periodo de sesiones a principios del próximo año y posteriormente se logrará su promulgación. México espera que este compromiso resultará en la instrumentación exitosa de este histórico acuerdo.

Independientemente de que México cuenta con un reconocido programa para el aprovechamiento del atún y protección de los delfines establecido de acuerdo con las leyes y regulaciones nacionales, continuaremos permitiendo por ahora, observadores de la Comisión Interamericana del Atún Tropical en embarcaciones atuneras de bandera mexicana, de forma tal que se mantenga la transparencia de nuestra actuación consistente con los estándares de confiabilidad estadística aceptados universalmente.

En caso de que la legislación que implemente plenamente la Declaración de Panamá sea promulgada como ha sido comunicado por el Sr. Presidente Clinton el próximo año, México reevaluará su posición actual. Sin embargo, en ausencia de dicha acción, México siempre actuará de manera consistente con los estándares ambientales internacionalmente aceptados, en la medida que estos estén basados en la mejor evidencia científica disponible. México también considerará, en el momento oportuno, todas las opciones a su alcance en los foros multilaterales y mundiales.

México ha querido estar presente en esta reunión en lugar de enviar solamente un escrito, para hacer esta declaración personalmente como testimonio y muestra de respeto a nuestros compañeros en el Acuerdo de La Jolla, quienes junto con México han sacrificado mucho con objeto de crear y sostener lo que universalmente se considera hoy, como el más exitoso acuerdo internacional voluntario de manejo pesquero y conservación marina.

México espera sinceramente que la Declaración de Panamá se vuelva una realidad. Como se ha demostrando en el pasado y será verdad en el futuro, la única forma efectiva de manejar esta pesquería internacional es a través de la cooperación multilateral y de la unidad entre las naciones comprometidas con los principios de la ciencia, la conservación, y el uso sustentable de los recursos naturales.

**APPENDIX 3—ANEXO 3****JOINT STATEMENT BY THE GOVERNMENTS OF  
COLOMBIA, COSTA RICA, ECUADOR, PANAMA, VANUATU AND VENEZUELA**

The Governments of Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panama, Vanuatu and Venezuela, present at the 31st Intergovernmental Meeting on the Conservation of Tunas and Dolphins in the Eastern Pacific Ocean, held on October 21, 1996, in the city of La Jolla, California, dissatisfied with the unjustified delay in incorporating into United States legislation the commitments made in the Panama Declaration,

**CONSIDERING**

That the application of the practices recommended by the Inter-American Tropical Tuna Commission has shown irrefutably that scientifically-based multilateral measures are the most effective measures for the common aim of reducing the incidental mortality of dolphins in the tuna fishery, in contrast to unilateral measures, which lead to unjustified restrictions of trade;

That the efforts and sacrifices made by the international tuna fleet fishing in the Eastern Pacific Ocean in complying with the International Dolphin Conservation Program have contributed decisively to the success of the Program;

That the tuna embargo imposed by the United States and the present definition of "dolphin-safe" labelling go against international instruments now in force, and promote irresponsible fishing practices;

**DECLARE**

We are supporters of dialogue and multilateral cooperation as appropriate mechanisms for the protection of the environment and its resources.

We reiterate our dissatisfaction at the failure to incorporate into the legislation of the United States the commitments made by that nation in the Panama Declaration.

We understand the reasons for, and respect, the Government of Mexico's decision to suspend its active participation in the La Jolla Agreement, but we express our concern that this might affect the continuity of the International Dolphin Conservation Program.

We recognize and continue to actively support the work of the Inter-American Tropical Tuna Commission, the achievements of the 1992 La Jolla Agreement, and the objectives of the 1995 Panama Declaration.

We ratify the decision to continue the multilateral efforts of the nations and the tuna fleets that fish in the Eastern Pacific Ocean, in view of the success enjoyed by the International Dolphin Conservation Program, and reiterate the need to fulfill the objectives of the Panama Declaration as soon as possible. This would be an example to the international community for the rational and sustainable exploitation and use of the natural resources of the ocean environment.

We reaffirm our decision to ensure that these intentions be carried out, to which end we will be evaluating, in subsequent intergovernmental meetings, actions taken to implement the objectives of the Panama Declaration.

---

## **DECLARACION CONJUNTA DE LOS GOBIERNOS DE COLOMBIA, COSTA RICA, ECUADOR, PANAMA, VANUATU Y VENEZUELA**

Los Gobiernos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Vanuatu y Venezuela, presentes en la 31ª Reunión Intergubernamental sobre la Conservación de Atunes y Delfines en el Océano Pacífico Oriental, celebrada el día 21 de octubre de 1996, en la ciudad de La Jolla, California, inconformes con la injustificada demora en la incorporación de los compromisos asumidos en la Declaración de Panamá a la legislación de los Estados Unidos,

### **CONSIDERANDO**

Que la aplicación de las prácticas recomendadas por la Comisión Interamericana del Atún Tropical han demostrado, de manera fehaciente, que medidas multilaterales científicamente probadas son las más efectivas para los propósitos comunes de reducir la mortalidad incidental de delfines en la pesquería del atún, a diferencia de decisiones unilaterales, que conducen a restringir el comercio injustificadamente;

Que los esfuerzos y sacrificios realizados por la flota atunera internacional que pesca en el Océano Pacífico Oriental al cumplir con el Programa Internacional para la Conservación de Delfines han contribuido decisivamente al éxito de este programa;

Que el embargo atunero impuesto por los Estados Unidos y la actual definición del etiquetado "dolphin-safe" están en contra de instrumentos internacionales vigentes y fomentan prácticas de pesca no responsables;

### **DECLARAMOS**

Somos partidarios del diálogo y la cooperación multilateral como mecanismos apropiados para la protección del medio ambiente y sus recursos.

Reiteramos nuestra inconformidad por la no incorporación en la legislación de Estados Unidos de los compromisos que adquirió este país en la Declaración de Panamá.

Entendemos las razones y respetamos la decisión del Gobierno de México de suspender su participación activa en el Acuerdo de La Jolla, pero expresamos nuestra preocupación, por cuanto este hecho podría afectar la continuidad del Programa Internacional para la Conservación de Delfines.

Reconocemos y seguimos apoyando activamente la labor emprendida por la Comisión Interamericana del Atún Tropical, los logros del Acuerdo de La Jolla de 1992, y los objetivos de la Declaración de Panamá de 1995.

Ratificamos la decisión de mantener el esfuerzo multilateral de los países y las flotas atuneras que pescan en el Océano Pacífico Oriental, en razón del éxito que ha tenido el Programa Internacional para la Conservación de Delfines, y reiteramos la necesidad de que se cumplan, lo antes posible, los objetivos de la Declaración de Panamá. Lo anterior constituiría un ejemplo a la comunidad internacional para el uso y aprovechamiento racionales y sostenibles de los recursos naturales del ambiente oceánico.

Reafirmamos nuestra decisión de asegurar el cumplimiento de estos propósitos, para lo cual estaremos evaluando, en las próximas reuniones intergubernamentales, las acciones que se tomen para implementar los objetivos de la Declaración de Panamá.

# APPENDIX 4—ANEXO 4

300

## INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL Statement of Assets, Liabilities, and Fund Balances, September 30, 1996 Declaración de Activo, Pasivo, y Balances de los Fondos, 30 de septiembre de 1996

<i>Assets—Activo</i>	
Current assets—Activo circulante	
Cash and cash equivalents—Efectivo y equivalentes	\$ 504,690
Investments (market value of \$119,531)—Inversiones (valor actual de \$119,531)	30,000
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	7,086
Employee advances—Anticipos a los empleados	274,722
Deposits—Depósitos	<u>7,021</u>
Total current assets—Activo total circulante	823,519
Real property, at cost—Propiedad raíz, al costo	<u>210,775</u>
	<u>\$ 1,034,294</u>
<i>Liabilities and fund balances—Pasivo y balances de los fondos</i>	
Current liabilities (accrued expenses and other liabilities)—Pasivo circulante (costos acumulados y otros pasivos)	
	290,834
Fund balances—Balances de los fondos	
General fund—Fondo general	532,685
Real property fund—Fondo propiedad raíz	210,775
Total fund balances—Balances totales de los fondos	<u>743,460</u>
	<u>\$ 1,034,294</u>

TUNA COMMISSION

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

**Statements of Revenues and Expenses for the Fiscal Year Ended September 30, 1996—**

**Declaración de Ingresos y Gastos Correspondiente al Año Fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1996**

*Revenue—Ingreso*

Government contributions for joint expenditures—Aportes de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America—Estados Unidos de América	\$ 2,949,900
Japan—Japón	248,206
France—Francia	27,819
Panama—Panamá	500
Vanuatu	500
Costa Rica	—
Nicaragua	—
Venezuela	—
Total government contributions—Total de aportes por los gobiernos	3,226,925
Contract revenues—Ingresos por contrato*	973,476
Interest income—Ingresos por intereses	10,732
Other revenues—Otros ingresos	14,222
Total revenues—Ingresos totales	<u>4,225,355</u>

*Expenditures—Gastos*

Salaries—Sueldos	1,912,383
Observer costs—Gastos para los observadores	944,837
Contract expenditures—Gastos para los contratos	301,680
Employee benefits—Beneficios laborales	427,709
Materials and supplies—Materiales y suministros	267,215
Travel—Viajes	217,662
Rent and utilities—Alquiler y servicios públicos	96,097
Printing and postage—Imprenta y franqueo	57,304
Insurance and taxes—Seguros e impuestos	25,940
Legal and professional—Legales y profesionales	19,742
Loss on impairment of real property—Pérdida en valor de bienes raíces	115,000
Miscellaneous—Misceláneos	9,643
Total expenditures—Gastos totales	<u>4,395,212</u>
Excess of expenditures over revenue—Exceso de gastos sobre ingreso	\$ (169,857)

\* includes \$901,658 in fees collected from owners of fishing vessels carrying observers—incluye \$901,658 en cuotas recibidas de armadores de barcos que llevan observadores

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statements of Changes in Fund Balances for the Fiscal Year Ended September 30, 1996—**  
**Declaración de Cambios en el Balance de los Fondos Correspondiente al Año Fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1996**

	<b>General fund— Fondo general</b>	<b>Real property fund— Fondo propiedad raíz</b>	<b>Total</b>
Balance at September 30, 1994 Balance hasta el 30 de septiembre de 1994	\$ 709,266	325,775	1,035,041
Excess of expenditures over revenue Exceso de gastos sobre ingresos	<u>(121,724)</u>	<u>—</u>	<u>(121,724)</u>
Balance at September 30, 1995 Balance al 30 de septiembre de 1995	\$ 587,542	325,775	913,317
Excess of expenditures over revenue Exceso de gastos sobre ingresos	(169,857)	<u>—</u>	(169,857)
Transfer due to impairment of real property Transferencia por disminución en valor de bienes raíces	<u>115,000</u>	<u>(115,000)</u>	<u>—</u>
Balance at September 30, 1996 Balance al 30 de septiembre de 1996	\$ <u>532,685</u>	<u>210,775</u>	<u>743,460</u>

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statement of Cash Flows for the Fiscal Year Ended September 30, 1996—**  
**Declaración de Flujos de Fondos Correspondiente al**  
**Año Fiscal finalizado el 30 de septiembre de 1996**

Excess of expenditures over revenue—Exceso de gastos sobre ingreso	\$ (169,857)
Adjustments to reconcile deficiency of revenues over expenditures to net cash used in operating activities—Ajustes para reconciliar deficiencia de ingresos sobre gastos con efectivo neto usado en actividades de operación:	
Loss on impairment of real property—Pérdida en valor de bienes raíces	115,000
Decrease in accounts receivable—Reducción en cuentas por cobrar	1,800
Increase in employee advances—Aumento en anticipos a los empleados	(31,220)
Increase in accrued expenses and other liabilities—Reducción en gastos acumulados y otro pasivo	<u>830</u>
Net cash used in operating activities—Efectivo neto usado en actividades de operación	(83,447)
Cash and cash equivalents at beginning of year—Efectivo y equivalentes al principio de año	<u>588,137</u>
Cash and cash equivalents at end of year—Efectivo y equivalentes al fin de año	\$ <u>504,690</u>

**Schedule of Expenditures by Project, September 30, 1996**  
**Programa de Gastos por Proyecto, 30 de septiembre de 1996**

Description	Administration	Catch and effort statistics	Biology of tunas and billfishes	Oceanography and meteorology	Tuna and billfish tagging	Tuna-dolphin Program	Total
Descripción	Administración	Estadísticas de captura y esfuerzo	Biología de atunes y picudos	Oceanografía y meteorología	Marcación de atunes y picudos	Programa Atún-delfín	Total
Salaries—Sueldos	\$ 114,743	363,354	669,333	19,124	57,371	688,458	1,912,383
Observer costs—Gastos para los observadores	—	—	—	—	—	944,837	944,837
Contract expenditures—Gastos por contratos	1,158	27,439	168,934	261	12,861	91,027	301,680
Employee benefits—Beneficios laborales	38,583	86,793	141,390	2,942	15,167	142,874	427,709
Materials and supplies—Materiales y pertrechos	9,623	16,506	194,144	460	1,350	45,132	267,215
Travel—Viajes	51,433	16,150	61,869	211	8,401	79,598	217,662
Utilities—Servicios públicos	3,179	18,338	24,043	347	5,182	45,008	96,097
Printing and postage—Imprenta y franqueo	2,729	9,478	21,151	392	2,699	20,855	57,304
Insurance—Seguros	745	5,137	7,022	138	847	12,051	25,940
Legal and professional—Legal y profesional	16,560	253	915	-	253	1,761	19,742
Loss on impairment of real property— Pérdida en valor de bienes raíces	115,000	—	—	—	—	—	115,000
Miscellaneous—Miscelánea	<u>462</u>	<u>2,336</u>	<u>1,682</u>	<u>—</u>	<u>741</u>	<u>4,422</u>	<u>9,643</u>
	<u>\$ 354,175</u>	<u>554,784</u>	<u>1,290,483</u>	<u>23,875</u>	<u>104,782</u>	<u>2,076,023</u>	<u>4,395,212</u>



## APPENDIX 5—ANEXO 5

CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1996  
CONTRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADAS DURANTE 1996

## Bulletins—Boletines

Foreman, Terry. 1996. Estimates of age and growth, and an assessment of ageing techniques, for northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean—Estimaciones de la edad y crecimiento, y una evaluación de las técnicas de determinar la edad, del atún aleta azul del norte, *Thunnus thynnus*, en el Océano Pacífico, Vol. 21, No. 2.

Lauth, Robert R., and Robert J. Olson. 1996. Distribution and abundance of larval Scombridae in relation to the physical environment in the northwestern Panama Bight—Distribución y abundancia de escómbridos larvales en relación al ambiente físico en el noroeste del Recodo de Panamá, Vol. 21, No. 3.

Hinton, Michael G., and Hideki Nakano. 1996. Standardizing catch and effort statistics using physiological, ecological, or behavioral constraints and environmental data, with an application to blue marlin (*Makaira nigricans*) catch and effort data from Japanese longline fisheries in the Pacific—Estandarización de estadísticas de captura y esfuerzo usando restricciones fisiológicas, ecológicas, o de comportamiento y datos ambientales, con aplicación a datos de captura y esfuerzo del marlín azul (*Makaira nigricans*) de las pesquerías palangreras japonesas en el Pacífico, Vol. 21, No. 4.

## Internal Report—Informe Interno

Punsly, Richard G., and Paul C. Fiedler. 1996. Purse seiner catch rates of yellowfin tuna >7.5 kg, with and without dolphins, in the eastern Pacific Ocean, No. 25.

## Outside journals—Revistas externas

Schaefer, Kurt M. 1996. Spawning time, frequency, and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clipperton Atoll in the eastern Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 94 (1): 98-112.

Scott, Michael D., Randall S. Wells, and A. Blair Irvine. 1996. Long-term studies of bottlenose dolphins in Florida. Inter. Mar. Biol. Res. Inst. (Kamogawa, Japan), IBI Reports, 6: 73-81.

Graves, John E. 1996. Conservation genetics of fishes in the pelagic marine realm. In Avise, John C., and James L. Hamrick (editors), Conservation Genetics: Case Histories from Nature, Chapman and Hall, New York: 335-366.

Childers, John, and Forrest R. Miller. 1996. Summary of the 1995 U.S. north and south Pacific albacore troll fisheries. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep., LJ-96-07: iii, 53 pp.

Lennert, C., and M. A. Hall. 1996. Estimates of incidental mortality of dolphins in the eastern Pacific Ocean tuna fishery in 1994. Inter. Whaling Comm., Rep., 46: 555-558.

Hall, Martin A. 1996. On bycatches. Rev. Fish. Biol. Fish., 6: 319-352.

Deriso, Richard B., J. Thomas Barnes, Larry D. Jacobson, and Pablo R. Arenas. 1996. Catch-at-age analysis for Pacific sardine (*Sardinops sagax*), 1983-95. Calif. Coop. Ocean. Fish. Inves., Rep., 37: 175-187.

Anganuzzi, A. A., K. A. Stobberup, and N. J. Webb (editors). 1996. Proceedings of the Sixth Expert Consultation on Indian Ocean Tunas. Indo-Pacif. Tuna Develop. Manag. Prog., IPTP Coll. Vol., 9: vi, 373 pp.

Anganuzzi, Alejandro A. 1996. Some technical issues regarding the study of fisheries interactions. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 21-37.

Mullen, Ashley. 1996. A method to estimate movement from changes in estimated distributions, and then revise those estimates [abstract]. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 147.

Anganuzzi, Alejandro A. 1996. An aggregate model of effort distribution for the eastern Pacific tuna fishery. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 148-161.

Mullen, Ashley J., Alejandro Anganuzzi, Richard B. Deriso, Richard G. Punsly, and G. Jay Walker. 1996. A spatial model to investigate the effects on catches of tunas in the eastern Pacific Ocean which might have ensued from curtailment of certain fishing methods. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 322-338.

Ianelli, James N. 1996. Studies on the population structure of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the central and eastern Pacific Ocean: signs of interaction potential using environmental data. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 381-401.

Tomlinson, Patrick K. 1996. Movement of large bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the north Pacific Ocean, as determined from the Japanese longline fishery, and implications regarding interactions between the fisheries of the western and eastern Pacific Ocean. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 425-459.

Bayliff, William H. 1996. Indices of abundance of northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the eastern Pacific Ocean. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 460-475.

Mullen, Ashley J., Noel Barüt, and Bachtiar Gafa. 1996. Examination of data relevant to tuna fisheries interactions in the Philippines and Indonesia. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 542-555.

Bayliff, William H. 1996. An indexed bibliography of papers on tagging of tunas and billfishes: Supplement 1. FAO Fish. Tech. Rep., 365: 592-612.

Scott, Michael D. 1996. The tuna-dolphin controversy. Whalewatcher, 30 (1): 16-20.

Hall, Martín A. 1996. Strategies to reduce the incidental capture of marine mammals and other species in fisheries. In Castro, Kathleen, Tony Corey, Joseph DeAlteris, and Chris Gagnon (editors), Proceedings of the East Coast Bycatch Conference, Rhode Island Sea Grant: 41-43.

**TABLE 5.** Logged catches, in metric tons, of yellowfin (YFT), skipjack (SKJ), and bigeye (BET) tuna in three types of purse-seine sets, and total purse-seine catches of yellowfin, skipjack, and bigeye. The numbers of dolphin sets differ from those shown in Figure 83 because the values in the figure were obtained from the observer data base.

**TABLA 5.** Capturas registradas, en toneladas métricas, de aleta amarilla (YFT), barrilete (SKJ), y patudo (BET) en tres tipos de lance cerquero, y capturas totales de las tres especies por barcos cerqueros. Los números de lances sobre delfines no corresponden a aquéllos en la Figura 83 porque los valores en esa figura provienen de la base de datos de observadores.

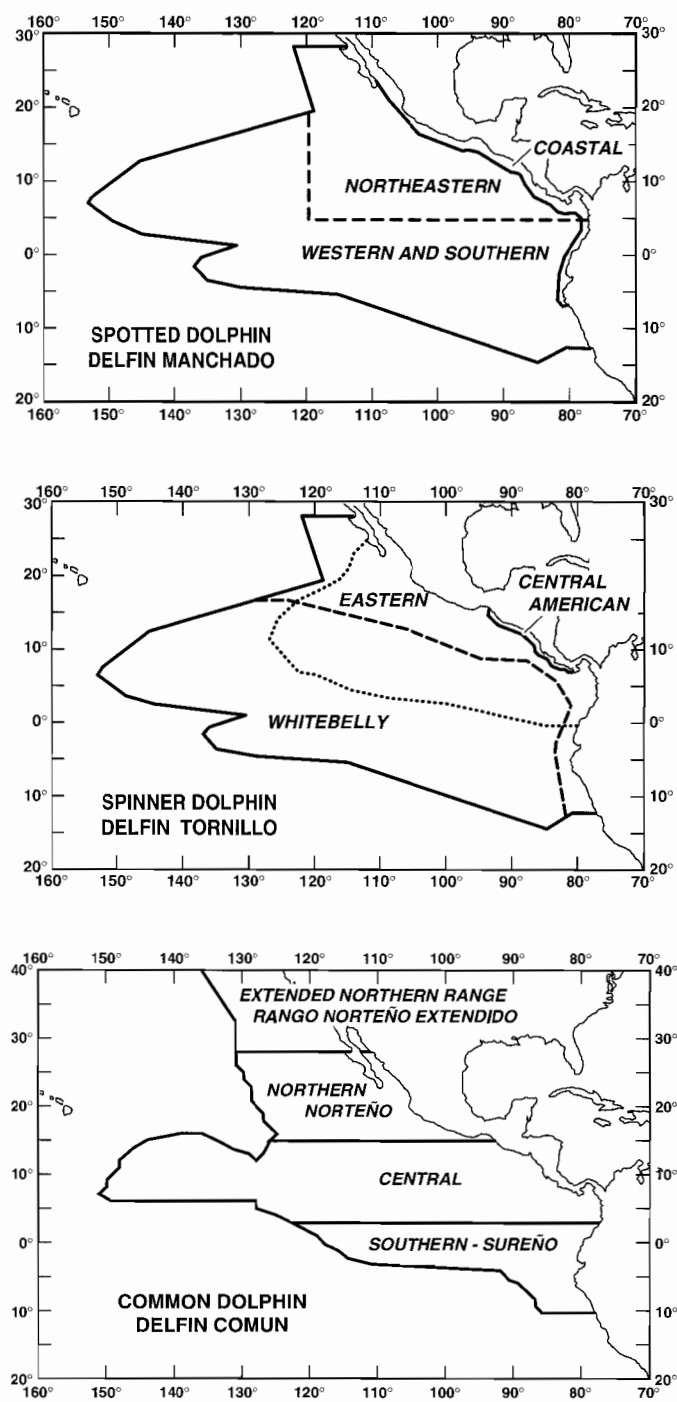
Year	Logged sets and catches												Total catches		
	Dolphin				Floating object				Free-swimming						
	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
Año	Lances y capturas registradas												Capturas totales		
	Delfin				Objeto flotante				No asociado						
	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
1961	3,595	25,870	358	0	178	615	1,640	0	3,368	12,472	13,401	0	84,234	35,707	156
1962	2,822	16,212	170	0	108	501	605	0	7,548	25,338	31,733	18	56,444	50,547	160
1963	3,157	15,383	368	0	124	161	834	0	8,229	20,041	40,309	0	51,139	71,910	0
1964	5,832	31,491	915	0	169	367	551	0	6,596	27,794	28,817	0	80,152	44,158	0
1965	6,031	36,362	744	0	107	576	582	0	6,595	16,090	33,336	8	69,538	55,833	0
1966	5,326	33,061	1,400	0	145	887	551	0	6,060	22,252	27,740	91	74,010	44,225	109
1967	3,462	25,652	310	0	718	1,733	4,883	104	8,635	30,108	68,258	626	72,848	96,432	916
1968	3,754	39,065	509	317	844	6,631	10,024	35	7,246	38,524	36,315	873	93,836	54,268	2,496
1969	7,602	89,414	6,105	0	220	1,441	1,319	23	5,743	19,804	23,872	237	119,305	40,759	576
1970	7,855	91,526	7,262	8	241	1,256	1,717	0	8,536	41,253	25,190	127	145,652	41,461	1,332
1971	4,784	65,680	1,096	0	955	3,708	14,105	100	8,857	29,270	52,870	1,483	114,067	87,012	2,474
1972	8,084	117,890	641	0	577	6,668	4,609	380	4,085	22,540	12,467	1,343	169,425	26,338	2,172
1973	8,608	116,038	666	140	1,002	9,070	6,294	634	7,525	42,441	16,148	728	199,645	33,516	1,848
1974	7,759	89,158	501	16	3,384	29,878	29,665	200	7,466	42,891	25,891	406	199,756	70,924	886
1975	7,894	102,234	793	0	2,699	14,664	29,269	1,722	9,501	42,046	49,672	1,529	194,441	109,606	3,695
1976	7,084	109,192	2,905	0	4,805	32,258	45,007	2,084	10,597	54,010	41,893	5,766	231,876	114,578	10,137
1977	7,133	82,088	2,979	108	2,610	17,364	18,841	2,406	10,434	51,848	31,154	2,764	196,218	76,964	7,053
1978	5,098	51,321	938	5	8,422	41,085	88,423	2,476	11,201	51,665	42,674	7,104	175,400	162,723	11,714
1979	7,246	68,842	1,132	18	6,043	30,135	68,938	1,383	12,296	54,212	36,659	3,341	184,230	124,507	7,531
1980	6,456	61,187	1,762	48	5,542	26,461	63,892	2,360	11,755	44,844	31,787	10,883	156,044	123,365	15,318
1981	6,618	66,600	443	0	5,010	22,665	57,788	2,091	10,644	54,126	32,262	5,800	178,757	112,931	10,090
1982	4,940	48,645	336	0	5,095	21,705	51,864	2,616	6,517	25,020	27,949	918	123,246	94,671	4,079
1983	3,583	29,167	1,363	0	3,057	10,741	23,585	1,517	7,641	35,724	21,138	471	88,495	53,133	3,145
1984	5,919	79,930	627	1	2,278	8,263	30,907	1,691	6,804	43,777	15,646	2,403	141,494	56,948	5,919

TABLE 5. (continued)  
TABLA 5. (continuación)

Year	Logged sets and catches												Total catches		
	Dolphin				Floating object				Free-swimming						
	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	Sets	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
Año	Lances y capturas registradas												Capturas totales		
	Delfín				Objeto flotante				No asociado						
	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	Lances	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
1985	10,156	151,013	71	0	1,434	10,373	19,053	2,221	4,730	31,540	23,296	952	215,608	48,374	4,496
1986	8,843	157,256	431	0	3,370	31,456	34,676	856	3,687	35,081	14,393	118	265,458	61,483	1,939
1987	11,514	165,348	429	20	2,596	23,892	25,309	392	5,090	42,945	22,399	133	266,684	58,622	771
1988	10,077	140,921	4,157	4	2,409	21,738	28,779	418	9,159	84,452	31,988	212	281,832	79,787	1,050
1989	11,308	173,437	1,178	12	2,568	24,387	33,515	554	7,181	54,409	37,228	133	282,870	88,218	1,470
1990	10,269	167,323	743	0	2,689	31,568	30,083	2,653	7,090	49,602	32,065	1,180	268,255	69,821	4,700
1991	8,932	146,216	789	0	2,222	21,555	30,354	1,500	5,435	45,542	17,608	1,209	234,546	59,516	3,702
1992	9,709	159,035	1,032	0	1,962	12,943	40,616	815	6,099	44,703	28,633	3,438	232,761	80,679	5,488
1993	6,660	105,617	698	72	1,777	15,243	40,361	2,506	8,537	84,506	27,481	1,932	223,518	81,500	8,043
1994	7,127	115,722	562	0	1,990	15,251	36,932	19,974	6,719	53,983	17,559	1,270	213,177	71,448	28,684
1995	6,767	131,561	1,221	0	2,478	17,351	48,422	24,096	7,991	55,445	37,324	2,810	221,160	131,366	35,786
1996	6,081	116,780	649	0	2,474	21,736	35,256	31,478	7,971	64,472	24,514	2,163	245,483	104,596	51,508

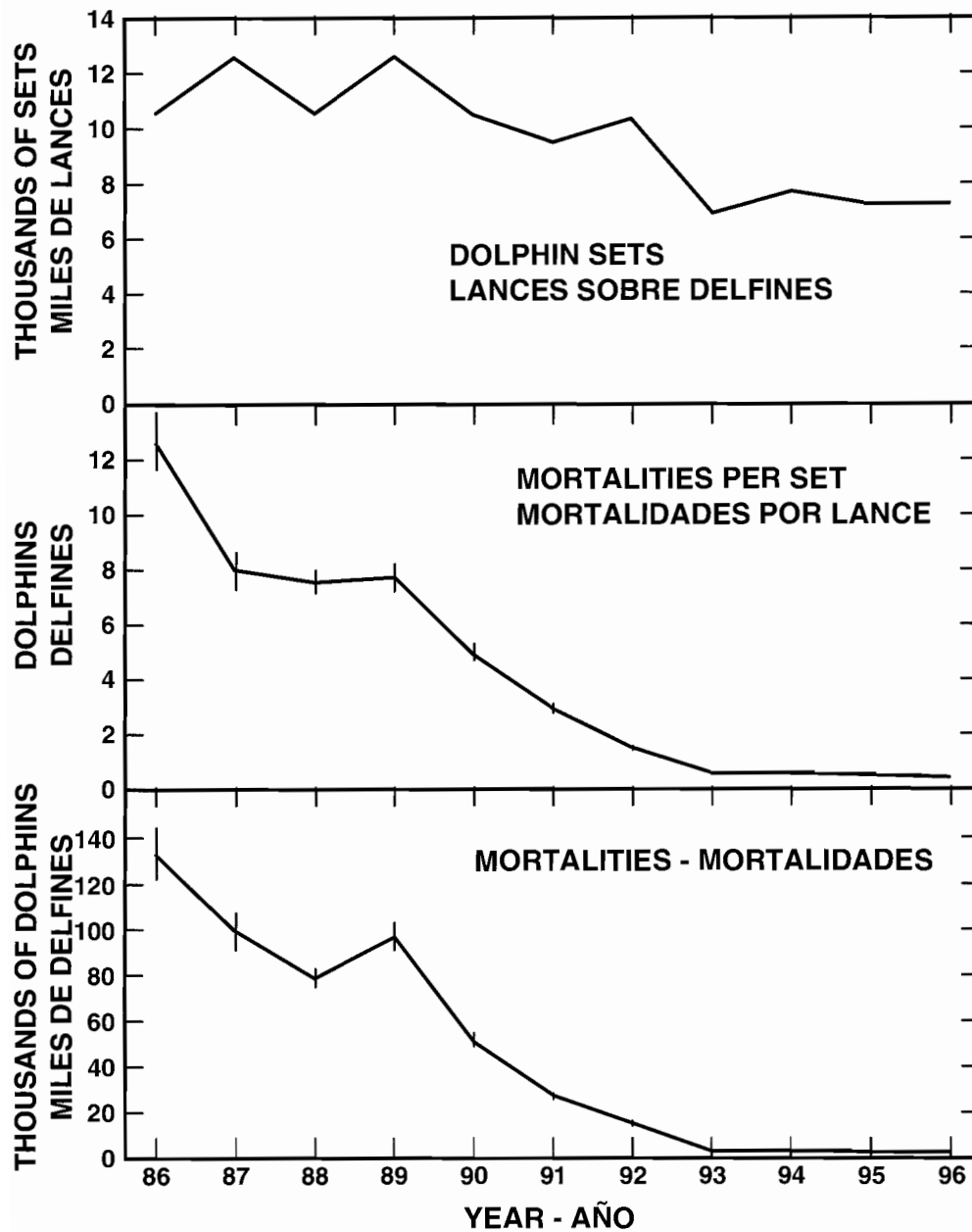
**TABLE 6.** World catches of the principal market species of tunas, in thousands of metric tons (from FAO yearbooks of fisheries statistics).**TABLA 6.** Capturas mundiales de las principales especies comerciales de atunes, en miles de toneladas métricas (de compendios anuales de la FAO de estadísticas pesqueras).

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
Pacific Ocean—Océano Pacífico																											
ALB	85	116	134	136	133	103	147	102	136	103	120	111	110	89	103	105	108	125	131	158	135	90	132	107	119	109	
BET	84	66	88	90	88	103	129	145	122	129	132	104	109	111	103	124	150	149	120	126	163	144	153	129	141	127	
NBF	21	25	19	16	16	17	16	18	19	23	17	27	26	16	8	11	14	12	7	9	6	6	7	7	9	7	
SKJ	308	350	344	445	519	463	555	503	692	594	627	566	568	712	829	661	816	755	941	868	943	1259	1013	1012	1054	1148	
SBF	21	20	20	14	9	10	11	5	8	10	14	11	7	5	3	3	2	2	2	2	3	2	5	5	4	3	
YFT	264	217	308	355	361	358	404	388	384	406	395	409	381	388	411	477	543	598	594	650	705	666	725	693	703	627	
Total	784	793	913	1056	1127	1054	1262	1160	1360	1265	1305	1229	1202	1319	1458	1381	1633	1642	1795	1814	1956	2166	2035	1953	2030	1970	
Atlantic Ocean—Océano Atlántico																											
ALB	70	83	85	76	73	60	78	75	72	74	61	59	73	68	58	76	78	67	68	63	67	54	68	70	64	63	
BET	41	54	45	55	62	63	48	55	54	48	63	66	73	60	69	75	60	49	57	69	67	71	81	106	109	106	
NBF	15	16	13	14	22	26	28	25	20	17	20	20	24	24	27	27	21	20	26	25	25	26	28	30	39	41	
SKJ	44	70	75	74	111	60	68	109	100	87	106	131	155	134	131	117	124	114	139	114	136	194	147	176	164	152	
SBF	4	5	11	8	7	2	5	8	10	12	9	7	6	5	5	4	3	4	2	2	2	3	2	4	2	2	
YFT	69	70	88	93	108	124	119	127	124	124	126	151	160	161	116	147	136	133	126	151	174	160	150	152	147	130	
Total	244	299	317	320	383	334	347	399	381	361	385	433	491	452	405	445	422	388	419	426	471	507	476	538	525	495	
Indian Ocean—Océano Índico																											
ALB	14	6	7	14	15	5	6	10	17	16	12	13	21	17	15	9	28	28	28	23	29	26	18	14	19	13	
BET	18	17	15	11	21	31	24	32	47	31	31	32	39	44	36	43	47	51	54	45	46	46	39	61	69	93	
NBF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SKJ	42	41	36	34	40	35	39	30	30	36	47	47	53	63	103	137	149	169	211	250	223	222	271	244	273	260	
SBF	22	26	25	27	31	21	27	26	17	17	24	26	29	37	30	29	22	19	19	14	11	6	5	5	7	10	
YFT	34	31	30	26	28	28	30	52	45	37	35	37	50	59	96	101	120	132	184	177	199	197	257	348	254	295	
Total	129	122	113	112	134	121	125	149	156	138	149	156	192	219	280	318	365	399	496	509	508	497	590	672	622	671	
All oceans—Todos océanos																											
ALB	169	205	226	225	221	168	230	187	225	193	193	184	205	173	176	190	214	221	226	245	232	169	217	192	202	185	
BET	143	137	148	157	171	197	201	231	223	208	226	202	222	215	208	242	257	249	231	240	276	261	273	296	319	326	
NBF	36	41	32	30	38	43	45	43	40	40	37	47	49	40	35	38	36	32	33	34	31	31	35	37	49	49	
SKJ	393	461	455	553	670	558	662	642	822	716	780	744	775	909	1063	914	1089	1039	1291	1232	1302	1675	1430	1432	1492	1560	
SBF	47	51	55	49	46	33	43	39	35	39	47	45	41	46	38	35	27	26	23	18	16	12	12	14	12	15	
YFT	368	319	426	474	497	510	554	566	553	567	556	597	591	607	623	724	798	864	904	979	1078	1022	1133	1193	1105	1052	
Total	1156	1214	1343	1488	1644	1509	1734	1709	1897	1764	1840	1819	1884	1991	2144	2144	2420	2430	2710	2749	2935	3171	3102	3163	3178	3186	



**FIGURE 82.** Average distributions of the stocks of spotted, spinner, and common dolphins in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 82.** Distribuciones medias de los stocks de delfines manchados, tornillos, y comunes en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 83.** Estimated numbers of sets on tunas associated with dolphins, average mortalities per set, and total mortalities, for all species of dolphins combined, in the eastern Pacific Ocean during 1996. Each vertical line represents one positive and one negative standard error.

**FIGURA 83.** Número estimado de lances sobre atunes asociados con delfines, mortalidades medias por lance, y mortalidades totales, para todas las especies de delfines combinadas, en el Océano Pacífico oriental durante 1996. Cada línea vertical representa un error estándar positivo y un error estándar negativo.

TABLE 17a. Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for  $M = 0.4$ .TABLA 17a. Población promedio de atunes patudo de edades 0 a 9, en miles de peces, durante julio, con  $M = 0.4$ .

Year	X cohort										Y cohort									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	3,509	2,442	1,490	875	439	239	138	84	61	44	2,915	1,694	1,236	756	424	235	84	77	51	19
1972	3,735	2,332	1,612	863	481	244	135	77	52	40	3,255	1,941	1,110	761	448	246	136	48	50	34
1973	4,079	2,486	1,533	977	463	249	122	67	46	34	3,078	2,169	1,261	674	361	239	130	80	28	33
1974	4,299	2,723	1,643	898	579	243	126	65	40	29	3,287	2,054	1,424	783	393	179	134	80	51	18
1975	4,374	2,875	1,765	1,014	493	314	125	72	41	25	3,532	2,196	1,295	851	429	237	99	81	53	34
1976	5,503	2,909	1,835	955	508	267	173	66	42	26	3,222	2,355	1,395	734	450	234	133	57	50	35
1977	4,932	3,532	1,916	1,004	517	239	127	69	33	25	4,008	2,147	1,397	774	299	230	112	77	31	32
1978	5,237	3,225	2,230	1,062	469	252	107	63	31	17	3,423	2,580	1,374	763	318	125	117	59	43	20
1979	5,394	3,491	1,935	1,202	571	221	105	49	35	19	3,792	2,191	1,303	756	405	140	49	62	35	28
1980	4,063	3,569	2,268	1,172	556	308	104	40	26	21	3,726	2,497	1,327	656	355	221	37	18	37	22
1981	4,442	2,538	2,251	1,074	594	319	174	63	25	16	2,948	2,428	1,533	678	330	188	111	19	11	24
1982	6,843	2,933	1,662	1,110	591	338	187	101	38	16	4,647	1,963	1,413	841	365	186	95	63	11	6
1983	5,695	4,483	1,879	955	571	296	164	87	58	24	5,609	3,066	1,230	774	428	157	68	45	37	7
1984	4,778	3,758	2,972	1,190	534	262	115	73	46	36	4,673	3,719	2,019	744	346	154	48	15	19	24
1985	4,401	3,202	2,477	1,793	629	258	120	37	38	29	3,430	3,118	2,292	1,150	382	158	56	19	3	12
1986	5,008	2,949	2,100	1,522	863	299	113	40	9	23	3,811	2,295	1,981	1,175	532	166	63	19	6	1
1987	5,734	3,357	1,941	1,172	871	314	99	34	10	2	4,468	2,549	1,465	1,077	567	200	46	18	3	2
1988	4,265	3,832	2,230	1,144	639	437	102	29	11	2	4,019	2,978	1,661	889	535	219	65	11	6	1
1989	4,168	2,857	2,500	1,364	642	328	169	32	6	2	3,472	2,652	1,933	1,018	486	224	77	24	3	2
1990	4,089	2,789	1,884	1,466	764	322	138	49	9	1	3,224	2,266	1,672	1,095	516	220	79	29	5	1
1991	4,661	2,645	1,832	1,039	743	328	105	34	10	1	3,738	2,115	1,459	886	525	192	56	15	5	1
1992	5,087	3,112	1,727	1,059	553	287	95	27	8	2	3,604	2,499	1,361	834	420	182	60	15	2	1
1993	5,173	3,381	2,068	1,032	551	253	97	27	7	1	3,942	2,394	1,640	783	401	169	55	16	3	1
1994	5,712	3,323	2,117	1,215	551	243	78	25	6	1	5,529	2,588	1,527	909	390	161	51	15	3	1
1995	6,747	2,713	1,733	998	607	257	91	20	6	1	3,618	3,329	1,473	743	422	167	57	15	3	1
1996	4,694	3,409	1,047	807	526	288	105	28	4	1	3,547	2,250	1,728	671	331	182	62	21	4	1



**TABLE 17b.** Average population of bigeye tuna of ages 0-9, in thousands of fish, during July, for  $M = 0.6$ .  
**TABLA 17b.** Población promedio de atunes patudo de edades 0 a 9, en miles de peces, durante julio, con  $M = 0.6$ .

Year	X cohort										Y cohort									
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1971	11,548	6,749	3,383	1,564	1,035	498	181	99	56	3	8,763	5,171	2,634	1,113	683	340	118	73	41	16
1972	13,682	6,319	3,681	1,733	763	523	250	86	51	30	10,628	4,798	2,814	1,384	558	340	167	58	38	22
1973	14,220	7,492	3,440	1,925	845	351	248	116	41	27	8,912	5,822	2,596	1,480	624	250	155	81	28	20
1974	12,283	7,793	4,091	1,770	988	403	156	122	59	21	9,294	4,883	3,168	1,368	759	287	114	79	42	14
1975	14,019	6,736	4,219	2,165	873	474	187	74	65	31	9,229	5,094	2,603	1,639	664	394	139	54	42	23
1976	15,072	7,673	3,611	2,107	1,032	422	227	87	36	34	9,491	5,053	2,725	1,306	790	316	192	68	26	23
1977	14,712	8,130	4,178	1,776	1,044	474	184	82	38	16	9,546	5,197	2,605	1,347	542	369	133	94	31	13
1978	13,938	8,001	4,340	2,092	792	488	212	81	32	16	8,790	5,145	2,793	1,270	557	229	168	57	44	16
1979	13,926	7,632	4,186	2,113	1,021	351	212	96	38	15	9,482	4,737	2,437	1,382	602	241	94	78	28	23
1980	11,491	7,600	4,123	2,186	934	491	153	88	47	19	9,202	5,163	2,473	1,140	621	284	80	39	38	14
1981	12,530	6,137	4,043	1,868	1,021	466	239	78	47	25	7,761	4,988	2,705	1,168	528	295	121	39	20	21
1982	17,946	6,835	3,332	1,860	909	506	232	118	39	25	11,970	4,247	2,543	1,315	562	258	135	56	20	10
1983	17,055	9,755	3,671	1,684	866	406	219	91	56	20	13,790	6,524	2,252	1,245	596	227	89	57	26	11
1984	13,711	9,304	5,323	1,953	826	366	147	87	40	28	11,890	7,530	3,548	1,164	523	207	74	22	21	14
1985	12,764	7,524	5,067	2,738	915	364	151	45	38	19	9,403	6,512	3,948	1,757	534	220	72	28	5	10
1986	14,139	7,004	4,085	2,654	1,193	391	145	46	10	19	10,145	5,156	3,473	1,833	746	210	82	23	10	2
1987	15,164	7,759	3,810	2,031	1,322	415	123	42	10	2	11,246	5,562	2,763	1,673	804	268	57	23	4	4
1988	11,429	8,312	4,240	1,948	984	592	130	34	13	2	9,900	6,156	3,008	1,430	752	295	85	14	7	1
1989	11,853	6,271	4,502	2,208	956	447	212	39	6	2	9,218	5,398	3,320	1,562	684	289	99	29	3	2
1990	12,244	6,500	3,412	2,278	1,077	425	170	59	10	1	8,929	5,007	2,865	1,635	707	278	94	34	6	1
1991	12,870	6,633	3,532	1,671	1,032	425	132	40	12	1	9,687	4,858	2,692	1,357	709	248	70	17	6	1
1992	12,409	7,052	3,597	1,783	788	378	120	33	9	2	9,775	5,310	2,613	1,345	590	236	74	18	3	1
1993	11,748	6,782	3,853	1,859	836	326	121	33	8	1	9,470	5,343	2,882	1,314	596	222	69	19	4	1
1994	12,448	6,312	3,583	1,958	893	346	96	31	7	1	10,840	5,147	2,860	1,404	601	230	66	18	4	1
1995	11,485	5,823	3,016	1,590	887	389	125	24	7	1	10,618	5,606	2,585	1,314	604	245	81	19	4	1
1996	13,940	5,241	2,517	1,332	745	379	152	39	4	2	10,729	5,669	2,615	1,131	572	239	89	29	5	1

**TABLE 32.** Sampling coverage of the IATTC and Mexican programs during 1996 of trips by Class-6 vessels of (capacity >400 short tons (>363 metric tons)) and by Class-5 vessels (capacity 301-400 short tons (273-363 metric tons)).

**TABLA 32.** Cobertura de muestreo de los programas de la CIAT y México en 1996 de viajes de barcos de las clases 6 (capacidad >400 toneladas cortas (>363 toneladas métricas)) y 5 (capacidad 301-400 toneladas cortas (273-363 toneladas métricas)).

National fleet	Number of trips	Trips sampled by program			Percent sampled
		IATTC	Mexico	Total	
Flota nacional	Número de viajes	Viajes muestreados por programa			Porcentaje muestreado
		CIAT	México	Total	
CLASS 6—CLASE 6					
Belize—Belice	14	14	-	14	100.0
Colombia	36	36	-	36	100.0
Costa Rica	2	2	-	2	100.0
Ecuador <sup>1</sup>	116	116	-	116	100.0
Fed. States Micronesia	1	1	-	1	100.0
Honduras	3	3	-	3	100.0
Liberia	1	1	-	1	100.0
México	242	121	121	242	100.0
Panamá	9	9	-	9	100.0
USA—EE.UU.	30	30	-	30	100.0
Vanuatu	51	51	-	51	100.0
Venezuela	104	104	-	104	100.0
Total	609	488 <sup>2</sup>	121 <sup>3</sup>	609 <sup>4</sup>	100.0
CLASS 5 WITH DMLS—CLASE 5 CON LMD					
Colombia	10	10	-	10	100.0
Ecuador	8	8	-	8	100.0
Total	18	18	-	18	100.0

<sup>1</sup> Includes one Belize-flag, one Cyprus-flag, and two Spanish-flag vessels under the jurisdiction of Ecuador

<sup>1</sup> Incluye un barco de bandera de Belice, uno de bandera de Chipre, y dos de bandera española bajo jurisdicción de Ecuador

<sup>2</sup> Includes 43 trips which departed in late 1995 and ended in 1996, and 445 trips which departed in 1996

<sup>2</sup> Incluye 43 viajes iniciados a fines de 1995 y terminados en 1996, y 445 viajes iniciados durante 1996

<sup>3</sup> Includes 4 trips which departed in late 1995 and ended in 1996, and 117 trips which departed in 1996

<sup>3</sup> Incluye 4 viajes iniciados a fines de 1995 y terminados en 1996, y 117 viajes iniciados durante 1996

<sup>4</sup> Includes 47 trips which departed in late 1995 and ended in 1996, and 562 trips which departed in 1996

<sup>4</sup> Incluye 47 viajes iniciados a fines de 1995 y terminados en 1996, y 562 viajes iniciados durante 1996

**TABLE 33.** Training courses held for observers during 1996.

**TABLA 33.** Cursos de capacitación de observadores celebrados durante 1996.

Date	Location	Number of attendees
Fecha	Sede	Número de asistentes
July 1-17	Manta, Ecuador	16
August 6-23	Ensenada, B.C., México	13
October 29-November 13	Santa Marta, Colombia	15
Total (3 courses—cursos)		44

**TABLE 34.** Incidental mortality of dolphins during 1996.  
**TABLA 34.** Mortalidad incidental de delfines durante 1996.

Stock	Mortality—Mortalidad
Offshore spotted—manchado de altamar	
Northeastern—nororiental	818
Western and southern—occidental y sureño	545
Spinner—tornillo	
Eastern—oriental <sup>1</sup>	450
Whitebelly—panza blanca <sup>1</sup>	447
Common dolphin—delfin común	
Northern—norteño	77
Central	51
Southern—sureño	30
Other dolphins—Otros delfines <sup>2</sup>	129
Total	2,547

<sup>1</sup> Unidentified spinner dolphins are prorated. The total for whitebelly spinners includes 2 unidentified spinner dolphins.

<sup>1</sup> Los delfines tornillo no identificados son prorrateados. El total correspondiente a los delfines tornillo panza blanca incluye 2 delfines tornillo no identificados.

<sup>2</sup> "Other dolphins" includes the following species and stocks, whose observed mortalities are as follows: striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*), 5; bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), 11; Central American spinner dolphins (*Stenella longirostris centroamericana*), 11; unidentified dolphins, 102.

<sup>2</sup> "Otros delfines" incluye las siguientes especies y stocks, con las mortalidades observadas correspondientes: delfines listados (*Stenella coeruleoalba*), 5; tursiones (*Tursiops truncatus*), 11; delfines tornillos centroamericanos (*Stenella longirostris centroamericana*), 11; delfines no identificados, 102.

**TABLE 35.** Searching effort and numbers of sightings of dolphins during 1996.  
**TABLA 35.** Esfuerzo de búsqueda y número de avistamientos de delfines en 1996.

Species and stock	Number of sightings	Area of the stock (thousands of nm <sup>2</sup> )	Searching effort (thousands of nm)
Especie y stock	Número de avistamientos	Area del stock (miles de mn <sup>2</sup> )	Esfuerzo de búsqueda (miles de mn)
Offshore spotted—Manchado de altamar			
Northeastern—Nororiental	3,071	1658.3	296.7
Western and southern—Occidental y sureño	863	3552.8	197.0
Combined—Combinado	3,934	5211.1	493.6
Spinner—Tornillo			
Eastern—Oriental	1,113	2267.1	394.6
Whitebelly—Panza blanca	419	4194.9	341.2
Common—Común			
Northern—Norteño	32	615.3	92.0
Central	182	2186.8	288.8
Southern—Sureño	69	842.4	78.9

**TABLE 26.** Estimated numbers of age-0, -1, -2, -3, and -4 bluefin, in thousands, caught in the western and eastern Pacific Oceans.**TABLA 26.** Número estimado de aletas azules de 0, 1, 2, 3, y 4 años de edad, en miles de peces, capturados en el Océano Pacífico occidental y oriental.

Year	Western Pacific Ocean					Eastern Pacific Ocean			
class	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Clase	Océano Pacífico occidental					Océano Pacífico oriental			
anual	0	1	2	3	4	1	2	3	4
1948	-	-	-	-	-	-	-	-	>0
1949	-	-	-	-	-	-	-	>0	>0
1950	-	-	-	-	-	-	140	6	4
1951	-	-	-	-	-	54	6	6	2
1952	-	-	-	-	-	651	493	19	>0
1953	-	-	-	-	-	413	348	9	>0
1954	-	-	-	-	-	185	168	20	0
1955	-	-	-	-	-	433	373	4	4
1956	-	-	-	-	-	575	905	109	69
1957	-	-	-	-	-	285	269	33	>0
1958	-	-	-	-	-	12	66	6	1
1959	-	-	-	-	-	58	347	9	5
1960	-	-	-	-	-	524	608	80	4
1961	-	-	-	-	-	829	521	29	1
1962	-	-	-	-	30	526	256	16	0
1963	-	-	-	62	8	972	305	35	1
1964	-	-	91	5	17	327	715	34	0
1965	-	266	3	52	1	622	308	5	1
1966	1,270	461	1	13	17	97	155	32	1
1967	3,607	964	78	23	24	416	311	35	0
1968	2,300	371	48	14	18	290	258	7	-
1969	2,970	378	2	18	16	14	711	-	0
1970	1,938	443	15	4	3	467	-	2	0
1971	3,316	682	20	12	29	-	589	1	>0
1972	498	124	28	115	26	609	440	2	24
1973	4,875	1,403	46	61	95	51	722	172	21
1974	3,953	676	96	44	10	260	150	21	8
1975	1,277	222	61	14	28	488	250	7	>0
1976	1,784	698	151	38	7	55	81	>0	0
1977	2,542	478	98	76	84	508	539	1	>0
1978	5,091	1,452	119	584	99	78	284	11	1
1979	2,088	611	180	64	56	48	70	2	>0
1980	2,810	605	200	54	15	4	120	6	1
1981	1,975	785	139	21	75	249	62	6	0
1982	665	213	44	86	30	12	44	>0	>0
1983	1,362	421	49	123	-	33	315	5	>0
1984	2,417	757	61	-	-	76	388	6	>0
1985	2,046	760	-	-	-	22	74	21	>0
1986	1,470	-	-	-	-	7	45	6	1
1987	-	-	-	-	-	34	40	8	>0
1988	-	-	-	-	-	45	78	1	-
1989	-	-	-	-	-	5	8	-	-
1990	-	-	-	-	-	52	-	-	-

**TABLE 27.** Weights, in kilograms, of bluefin tuna used for cohort analyses. The estimates were obtained from the growth-in-length and weight-length equations in Table 13 of the IATTC Annual Report for 1993.

**TABLA 27.** Pesos, en kilogramos, de atún aleta azul usados para los análisis de cohortes. Se calcularon las estimaciones con las ecuaciones de crecimiento en peso y longitud-peso en la Tabla 13 del Informe Anual de la CIAT de 1993.

Quarter Trimestre	Age 0 Edad 0	Age 1 Edad 1	Age 2 Edad 2	Age 3 Edad 3	Age 4 Edad 4	Age 5 Edad 5
1	0.000	3.604	9.647	21.991	41.518	69.655
2	0.000	4.252	12.104	26.082	47.603	78.075
3	0.345	5.694	14.996	30.739	54.385	80.276
4	1.966	7.516	18.298	35.898	61.759	82.525
Quarter Trimestre	Age 6 Edad 6	Age 7 Edad 7	Age 8 Edad 8	Age 9 Edad 9	Age 10 Edad 10	Age 11 Edad 11
1	84.789	94.270	104.406	115.216	126.719	138.935
2	87.067	96.708	107.008	117.987	129.664	142.059
3	89.436	99.241	109.710	120.864	132.720	145.298
4	91.846	101.816	112.456	123.785	135.821	148.584
Quarter Trimestre	Age 12 Edad 12	Age 13 Edad 13	Age 14 Edad 14	Age 15 Edad 15	Age 16 Edad 16	
1	151.882	165.579	180.044	195.297	211.355	
2	155.189	169.073	183.732	199.181	215.441	
3	158.617	172.694	187.55	203.02	219.669	
4	162.092	176.365	191.419	207.275	223.951	

**TABLE 28.** Estimates of the natural mortality of bluefin used for the cohort analyses.

**TABLA 28.** Estimaciones de la mortalidad natural del aleta azul usadas para los análisis de cohortes.

Vector	Age 0 —Edad 0	Age 1 —Edad 1	Age 2 —Edad 2	Age >2 —Edad >0
1	0.20	0.20	.020	0.20
2	0.35	0.30	0.25	0.20
3	0.50	0.40	0.30	0.20
4	0.30	0.30	0.30	0.30
5	0.45	0.40	0.35	0.30
6	0.60	0.50	0.40	0.30

El número de huevos fertilizados recogido tras cada desove osciló entre unos 100 y 770.000. Se usaron varios métodos para recoger los huevos, entre ellos sifones y salabardos en la superficie y redes en varios de los tubos de escape de agua. En 1997 se recogerán los huevos con una red de superficie de malla fina, con la cual se barrerá la superficie entera del tanque de reproductores, permitiendo así estandarizar el esfuerzo de colección de huevos.

El porcentaje de los huevos que eclosionó varió de un 30 a 90%. El diámetro de los huevos varió de 0,90 a 0,95 mm, y la longitud de notocordio (LN) (fijado en formol) de las larvas al eclosionar varió de 2,2 a 2,5 mm. La duración de la etapa de huevo fue unas 24 horas, y la de la etapa de saco vitelino de 50 a 72 horas, según la temperatura de incubación. Los LN (fijados en formol) de las larvas en primera alimentación (etapa de pigmentación del ojo y formación de la boca) variaron de 3,2 a 3,4 mm.

Para cada evento de desove se registraron los parámetros siguientes: hora de desove, diámetro de los huevos, duración de la etapa de huevo, tasa de eclosión, longitud de las larvas, duración de la etapa de saco vitelino, y longitud y morfometría seleccionada de las larvas en primera alimentación. Periódicamente se registró también el peso de los huevos y de las larvas en etapa de saco vitelino y primera alimentación. Se incorporarán esta información a una base de datos, para permitir comparaciones entre los parámetros de desove y los factores físicos o biológicos que podrían afectarlo (por ejemplo, temperatura del agua, salinidad, ciclo lunar, tamaño medio de los peces que desovan, y la ración media diaria de los mismos).

Se completaron varias pruebas iniciales de alimentación de las larvas, usando rotíferos como alimento. Las larvas sobrevivieron hasta 8 días después de la cría. Se tienen programados experimentos extensos de alimentación con larvas de aleta amarilla para mediados de 1997, cuando se habrán completado todas las fases de construcción de los sistemas de agua de mar y vitales para los tanques experimentales.

### ***Pargos y corvinas***

Se colectaron pargos de la mancha (*Lutjanus guttatus*) y corvinas polla (*Umbrina xanti*) a fin de establecer poblaciones de reproductores cautivos. Se mantuvieron 80 pargos y 23 corvinas en tanques, y algunos fueron inducidos a madurar y desovar mediante tratamiento con hormonas. El trabajo fue llevado a cabo por el Dr. Masato Iizawa, de la Fisheries and Aquaculture International Co., Ltda., de Tokio (Japón), el Sr. Amado Cano, del Departamento de Recursos Marinos de Panamá, y miembros del personal del Laboratorio de Achotines. La visita del Dr. Iizawa fue subvencionada por la OFCF.

Se indujo a los pargos a desovar dos veces durante octubre. Para los peces capturados en agosto se usaron pastillas de hormonas para inducir el desove a principios de octubre. La tasa de eclosión de los huevos fertilizados fue elevada (96,4%). Se iniciaron pruebas de alimentación de las larvas, usando como alimento rotíferos cultivados y zooplancton capturado en el mar. Las larvas parecieron preferir el zooplancton, pero condiciones de mar agitado durante las pruebas impidieron la colección del mismo. Las larvas sobrevivieron hasta 7 días después de la cría. A fines de octubre, se inyectó con gonadotropina coriónica humana (HCG) a peces que habían estado aproximadamente un año en cautiverio, y un día y medio después desovaron. Las tasas de eclosión de los huevos fertilizados fueron menos del 10%.

A principios de octubre se indujo a las corvinas a desovar con inyecciones de HCG. La tasa de eclosión de los huevos fertilizados fue elevada (93,5%); eclosionaron en el laboratorio 20 horas después del desove. Las larvas en primera alimentación fueron alimentadas con rotíferos cultivados o un alimento comercial en pastillas. Aproximadamente 3 semanas después de la cría se agregaron nauplios de camarón *Artemia* spp. a la dieta, y aproximadamente 2 semanas más tarde

se alimentó a los juveniles jóvenes con alimento microencapsulado, calamar, y pescado picado. Para el fin del año los peces habían sobrevivido 7 semanas desde la cría, y medían entre 30 y 40 mm de largo.

Estas pruebas con desove inducido representan la primera vez que estas especies de pargo y corvina hayan desovado en cautiverio. Se tienen programados experimentos para determinar el desarrollo temprano, crecimiento, y hábitos alimenticios de estas especies.

### ***Propagación de escómbridos en el laboratorio***

Se obtienen huevos fertilizados de atunes barrilete negro adultos para suministrar larvas recién criadas para experimentos en el Laboratorio de Achotines. Se mantienen los peces en un tanque de 6,4 m de diámetro y 37.000 L de capacidad.

La actividad de desove, reanudada el 17 de mayo de 1994 tras una pausa de dos meses y medio, cesó el 13 de febrero de 1995. En esa fecha había cinco peces en el tanque de reproductores; durante el resto del año se obtuvieron más especímenes en las aguas costeras contiguas al Laboratorio de Achotines, y para el fin del año la población total del tanque era once. En febrero de 1996 todos los peces murieron tras comer un suplemento vitaminado contaminado. Subsecuentemente fueron añadidos al tanque 15 más barriletes negros, de entre 40 y 50 cm de largo, pero en junio murieron 10 hembras y 2 machos, por motivos desconocidos. Continuaron los esfuerzos por repoblar el tanque, y al terminar el año contenía nueve barriletes negros, de entre 42 y 47 cm. Se está vigilando este grupo para detectar cualquier actividad de desove.

### ***Muestreo de plancton***

Durante abril se tomaron muestras de plancton vivo en aguas costeras adyacentes al Laboratorio de Achotines a fin de medir cambios en el volumen ocasionadas por fijación y conservación en etanol al 95%, solución de Bouin, y formol neutro al 5%. Cuatro meses después se volvió a medir el volumen de las muestras conservadas. Se usarán los cambios estimados en el volumen para ajustar los volúmenes de plancton medidos de material conservado tomado durante el estudio de ictioplancton realizado por la CIAT en el noroeste del Golfo de Panamá de 1990 a 1993 (Boletín de la CIAT, 21 (3)).

### ***Respirometría***

La Dra. Kathryn Dickson y cuatro estudiantes volvieron a la Universidad Estatal de California en Fullerton a principios del año, tras pasar unos 6 meses en el Laboratorio de Achotines. Durante su estancia realizaron experimentos para medir la velocidad de natación máxima sostenible, el costo metabólico de la natación, y la cinética de natación de los atunes juveniles y la sierra *Scomberomorus sierra*.

### ***Oceanografía y ecología de los atunes***

La alta productividad del Océano Pacífico oriental tropical (POT) se debe principalmente a los vientos de oriente prevalecientes y las corrientes prevalecientes que causan afloramiento de aguas subsuperficiales más frías y ricas en nutrientes. A veces disminuye la fuerza de los vientos de oriente, llevando a una disminución del afloramiento, temperaturas superficiales del mar (TSM) más elevadas, nivel del mar más alto en las estaciones costeras, termoclina más profunda, y cambios en la distribución y cantidad de precipitación en varias áreas. (La termoclina es la capa en el océano debajo del fondo de la capa de mezcla, donde la temperatura disminuye rápidamente con la profundidad. En el presente informe se usa la profundidad del isobato de 20°, que ocurre aproximadamente en el medio de la termoclina, como medida de la profundidad de la termoclina.)

taron las capturas de alta mar entre 5°N y 15°N desde 110°W hasta 125°W, en la confluencia de la Corriente del Pacífico Norte y la Corriente Ecuatorial del Norte, que fluye hacia occidente. Las capturas alrededor del Domo de Costa Rica, relativamente elevadas durante el primer trimestre, disminuyeron. Durante el tercer trimestre ocurrieron regiones de capturas relativamente altas: (1) en el área frente a Baja California entre 24°N y 27°N y en la parte sur del Golfo de California, (2) en la región del Domo de Costa Rica, (3) en la región costera frente a Ecuador y el sur de Colombia, y (4) en el área de altura entre 8°N y 16°N desde 115°W hasta 130°W. Durante el cuarto trimestre continuó la pesca en la mayor parte del OPO, con áreas de capturas elevadas repartidas por toda la región. Ocurrieron áreas bastante concentradas de capturas elevadas entre 8°N y 18°N desde 115°W hasta 125°W y en el área al norte de las Islas Galápagos. La pesca siguió buena también cerca de la punta de Baja California.

En la Figura 5 se ilustra la distribución anual media de las capturas cerqueras de barrilete en el OPO durante 1981-1995, y en la Figura 6 una estimación preliminar para 1996. En 1996 las capturas fueron relativamente mayores al sur del ecuador y al oeste de 100°W. Se realizaron grandes capturas de barrilete durante el primer trimestre de 1996 en toda la región entre 19°S y 7°S desde 77°W hasta 88°W. Hubo otra región amplia de capturas elevadas bien lejos de la costa desde 105°W hasta 135°W entre 11°S y 2°S. También hubieron áreas menos extensas de capturas elevadas en y cerca del Golfo de Guayaquil, en el Golfo de Panamá, y a lo largo del litoral mexicano entre 19°N y 24°N. Durante el segundo trimestre las zonas de capturas relativamente altas en el Golfo de Panamá y Golfo de Guayaquil se transformaron en una región continua de capturas altas por la costa de Centroamérica y América del Sur entre estas zonas. La zona extensa de capturas elevadas en la región de altura se extendió desde 85°W hasta 128°W entre 13°S y 6°S en el este, y entre 9°S y 3°S en el oeste. La región de capturas relativamente elevadas a lo largo del litoral mexicano persistió durante el segundo trimestre, desplazándose ligeramente hacia el norte. Durante el tercer trimestre persistió la zona de altura con capturas elevadas entre 100°W y 125°W desde 2°S hasta 10°S. Las capturas siguieron elevadas en la región del Golfo de Panamá, pero disminuyeron significativamente frente a México. Durante ese trimestre se desarrolló un área de capturas mayores al oeste de las Islas Galápagos, extendiéndose desde 90°W hasta 98°W entre 0° y 3°N. A medida que transcurrió el año, disminuyeron las capturas en el Golfo de Panamá, y para el cuarto trimestre permanecieron unas pocas regiones dispersas de capturas más elevadas en la región del Golfo de Guayaquil. Durante el cuarto trimestre las zonas de capturas elevadas se encontraron ampliamente distribuidas en las regiones de altura del OPO y a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical desde la costa de Ecuador hasta 120°W.

La captura de patudo por artes de superficie durante 1979-1993 (Informe Anual de la CIAT de 1995, Figura 6) provino de dos áreas principales: (1) entre 17°S y 9°S en 80°W-83°W, extendiéndose al oeste hasta entre 13°S y 10°S en 90°W y (2) entre 5°S y 3°N entre 80°W y 88°W, extendiéndose al oeste hasta entre 0° y 5°N en 105°W (Figura 7). Con el desarrollo de la pesquería de patudos asociados con objetos flotantes, arriba descrita, ha aumentado la importancia relativa de las áreas de altura, a costa de las costeras. En 1996, al igual que en 1994 y 1995, las áreas de capturas de patudo relativamente elevadas se encontraron ampliamente distribuidas entre 10°S y 2°S desde 100°W hasta 122°W, y entre 0° y 6°N desde 93°W hasta 115°W (Figura 8).

Conforme a las disposiciones del Convenio que estableció la CIAT, el objetivo principal de las investigaciones del personal de la Comisión es controlar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas por la pesca atunera del OPO. Tomando en cuenta los desplazamientos 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 9 y 10 se presentan las estadísticas de las capturas mundiales de atunes y especies afines en 1995, el año más reciente para el cual se dispone de datos. En la Tabla 6 y la Figura 11 se presentan las estadísticas de las capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1976-1995, por océano.

### ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo***

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) total de la flota atunera del Océano Pacífico oriental (OPO) proporciona un índice de las tendencias en el ingreso anual bruto relativo correspondiente a las distintas clases de arqueo. A fin de 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 cortas (TC) (273 toneladas); 2) 301-400 TC (273-363 toneladas); 3) 401-600 TC (364-544 toneladas); 4) 601-800 TC (545-726 toneladas); 5) 801-1000 TC (727-907 toneladas); 6) 1001-1200 TC (908-1089 toneladas); 7) 1201-1400 TC (1090-1270 toneladas); y 8) >1400 TC (1270 toneladas).

En la Tabla 7 se presentan las estimaciones de la CPTCA en 1986-1996 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 de pesca en el OPO, las CPTCA del OPO y de todas las áreas oceánicas de pesca son casi iguales. Durante el período de 1986-1995, el promedio de las CPTCA de todos los barcos y todas las especies en el OPO fue 3,0 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 2,6 a 3,8); para el aleta amarilla, el promedio fue 2,2 toneladas (rango: 2,1 a 2,4), y para el barrilete, 0,7 toneladas (rango: 0,5 a 1,2). Las estimaciones preliminares para 1996 son 3,6, 2,1, y 0,9 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente. Los únicos años en los cuales el aleta amarilla y barrilete combinados formaron menos del 90% del total son 1994, 1995, y 1996.

### **CUOTAS DE ALETA AMARILLA**

El Director y el personal científico de la CIAT tienen la responsabilidad de realizar estudios de la biología de los atunes y especies afines que viven en el Océano Pacífico oriental y del efecto de la pesca sobre ellos, y de recomendar medidas de conservación apropiadas cuando sea necesario para permitir mantener los stocks de peces a niveles que permitan las capturas máximas sostenibles. Se recomendó una cuota de captura para el aleta amarilla en el ARCAA por primera vez en 1962, pero los gobiernos miembros no se pusieron de acuerdo sobre una cuota hasta 1966. Se fijó una cuota cada año entre 1966 y 1996, con la excepción de 1987; no se recomendó una cuota para ese año porque la abundancia de aleta amarilla parecía estar al nivel más alto de años recientes, debido principalmente al reclutamiento excepcionalmente elevado de 1984 y 1985.

En la 57ª reunión de la CIAT, celebrada en La Jolla, California (EE.UU.) del 21 al 23 de octubre de 1996, el Director recomendó una cuota para 1996 de 213.190 toneladas métricas (235.000 toneladas cortas) de aleta amarilla, con la opción de aumentar este tope por hasta tres incrementos de 18.144 toneladas métricas (20.000 toneladas cortas) cada uno. Esta cuota fue también aprobada.

## LA INVESTIGACION

### *Estudios de la pesquería palangrera*

Aunque la mayoría de las capturas de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) son realizadas con artes de superficie, varias pesquerías palangreras capturan cantidades considerables. Una porción significativa de las capturas de esta pesquería consiste de peces picudos, a diferencia de las pesquerías atuneras comerciales de superficie.

Barcos palangreros japoneses comenzaron a pescar en el OPO a mediados de los años 50. Desde 1963, científicos japoneses han realizado visitas prolongadas a las oficinas principales de la CIAT en La Jolla, donde analizan datos de la pesquería palangrera japonesa en el OPO con científicos de la CIAT. Los resultados correspondientes al período de 1956 a 1987 han sido publicados en la serie de Boletines de la CIAT y en otras revistas científicas. En mayo de 1996 el Sr. Koji Uosaki, del National Research Institute of Far Seas Fisheries en Shimizu (Japón), terminó una visita de un año a las oficinas principales de la CIAT, donde llevó a cabo análisis similares con los datos de 1988-1992. Barcos palangreros de la República de China y la República de Corea también pescan en el OPO, pero en grado mucho menor que los barcos japoneses. Los barcos chinos dirigen su esfuerzo principalmente hacia la albacora, especie de aguas templadas que es rara vez capturada por barcos cerqueros, que dirigen la mayoría de su esfuerzo hacia atunes tropicales.

A principios de la década de los 80 empezó a pescar en el OPO una empresa conjunta con barcos japoneses y coreanos, tripulados parcialmente por pescadores mexicanos. La empresa cesó de operar en 1989. Técnicos de la CIAT radicados en Ensenada (México) reunieron datos de captura, esfuerzo, captura por unidad de esfuerzo, y frecuencia de longitud de esta pesquería, y esta información ha sido incorporada a las varias bases de datos de la CIAT.

Recientemente se ha despertado de nuevo el interés en la pesca con palangre en el OPO. Unos pocos barcos palangreros pequeños habían pescado cerca de Hawaii desde hacía muchos años, pero últimamente esa flota se ha incrementado a unos 160 barcos, y algunos de ellos pescan al menos parte del tiempo en el OPO. A fines de 1992 comenzó a pescar en el OPO una flota de unos 15 a 20 barcos palangreros basados en Ventura (California), pero solamente tres de esos barcos pescaron en ese área durante 1996. Varios barcos mexicanos basados en Manzanillo pescaron con palangre en 1996, y representantes de la oficina de la CIAT en Mazatlán reunieron datos sobre sus actividades. Además, hay ahora flotas palangreras operando desde puertos de Chile, Costa Rica, y Ecuador, y se ha expresado interés en establecer pesquerías palangreras en otras naciones con litorales en el OPO.

Con la importancia incrementada de esta pesquería, en Latinoamérica y en los Estados Unidos, es menester que la CIAT establezca normas básicas para la toma de datos sobre el esfuerzo de pesca y las capturas para asegurar que cumpla sus responsabilidades de investigación y recomendaciones para la administración de las pesquerías en el OPO, y que los datos reunidos en el OPO sean consistentes con aquellos de otras regiones del mundo. Estos datos son esenciales para la evaluación de los distintos stocks de atunes y peces picudos, así como para el análisis de los efectos de la pesquería sobre las especies capturadas incidentalmente. Con este propósito, el personal de la CIAT ha actualizado el formato de los cuadernos de bitácora recomendados originalmente en 1987 por la Segunda Consulta *Ad Hoc* Sobre Datos Atuneros Mundiales convocada por la Organización para el Alimento y la Agricultura de las Naciones Unidas, a fin de reflejar cambios en el diseño y uso de las artes de pesca en anticipación de actualizar los cuadernos de bitácora actualmente en uso en barcos latinoamericanos. El personal de la CIAT está también

colaborando con representantes de otras entidades en el diseño de los cuadernos y de las bases de datos para las flotas palangreras del mundo.

### ***Composición por tamaño de la captura***

Las muestras de frecuencia de longitud son la fuente básica de los datos usados para estimar la composición por longitud y edad de las distintas especies de peces en las descargas. Esta información es necesaria para obtener estimaciones de la composición de las poblaciones 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 con estos modelos pueden ser usadas, en conjunto con las estimaciones del crecimiento, para modelar el 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.

Las muestras de frecuencia de longitud de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro capturados por barcos cerqueros, de carnada, y deportivos en el Océano Pacífico oriental (OPO) son tomadas por el personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, Estados Unidos (California y Puerto Rico), México, Panamá, y Venezuela. El muestreo de las capturas de aleta amarilla y barrilete fue iniciado en 1954, y continúa actualmente.

De la captura de 1996 se tomaron y procesaron 886 muestras de aleta amarilla, 501 de barrilete, 164 de patudo, 72 de aleta azul del norte, y 24 de barrilete negro. La mayoría de estas muestras fueron de 50 peces cada una. Se estratifican las muestras de frecuencia de longitud de todas estas especies excepto el barrilete negro por área de medición (Figura 12), mes, y arte de pesca. Se describen los procedimientos de muestreo en detalle en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 6.

La Figura 13 consiste de histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en 1996 en las áreas de medición del ARCAA (todas las áreas excepto las 10 y 11 en la Figura 12). En la figura, las áreas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). Aunque el rango de longitudes es aproximadamente igual en todas las áreas, con casi todo el pescado entre 40 y 160 cm, las distribuciones varían considerablemente de área a área. Los pesos promedio varían de 3,3 kg (7,3 libras) en el Área 6 a 22,6 kg (49,8 libras) en el Área 5.

En la Figura 14 se presentan histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en el ARCAA durante cada año del período de 1991-1996. El peso promedio de los aletas amarillos capturados en el ARCAA en 1996, 10,2 kg (22,5 libras), es el valor más bajo de dicho período.

La Figura 15 consiste de histogramas de las capturas estimadas de aleta amarilla en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W (las Áreas 10 y 11 en la Figura 12) en cada año del período de 1991-1996. El mayor grupo modal de la distribución de 1996 se encuentra entre los 120 y 140 cm, en aproximadamente el mismo lugar que las modas mayores de las distribuciones de 1991, 1994, y 1995. El peso promedio de 1996, 16,4 kg (36,2 libras) es similar a los de 1993 y 1995, pero inferior a los de los otros tres años.

En la Figura 16 se presentan histogramas de las capturas estimadas de barrilete en las áreas de medición en el OPO durante 1996. A raíz de las bajas capturas en las Áreas 2, 4, y 8, se combinaron los datos de las cuatro áreas más norteñas (1, 2, 4, y 8). En estas áreas y en las Áreas 5 y 7 son más evidentes los peces grandes, y en las Áreas 13 y 11 son más evidentes los pequeños.

La Figura 17 consiste de histogramas de las capturas estimadas de barrilete en el OPO entero en cada año del período de 1991-1996. El peso promedio de 1996, 3,6 kg (8,0 libras), fue el mayor del período.

Se puede conseguir de la CIAT el Informe Anual del Panel para 1996, en el cual se detalla lo ocurrido en esta reunión.

## **ADMINISTRACION**

### **PRESUPUESTO**

En su 51ª reunión, celebrada el 7 y 8 de junio de 1994 en Cumaná (Venezuela), la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto de US\$ 4.866.767 presentado por el Director para el año fiscal 1995-1996. Sin embargo, la cantidad aportada por los países miembros en dicho año fue US\$ 3.227.000, o US\$ 1.639.767 menos que la suma recomendada y aprobada para el presupuesto regular. Como consecuencia se tuvieron que limitar algunos proyectos programados. Además de su presupuesto regular, durante el año fiscal 1995-1996 la CIAT recibió US\$ 901.658 de armadores de barcos para sufragar los costos de proveer observadores para sus embarcaciones y US\$ 91.444 de otras fuentes, por ejemplo, organizaciones que contrataron a la CIAT para llevar a cabo investigaciones de varios tipos.

### **INFORME FINANCIERO**

El estado de cuentas de la Comisión para el año fiscal 1995-1996 fue comprobado por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 4 del presente informe se presentan las tablas compendiadas de su informe.

## **COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES**

Durante 1996 el equipo de investigadores de la CIAT continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones e instituciones de investigación universitarias, gubernamentales, y privadas a escala local, nacional, e internacional. Esta reciprocidad permite a los investigadores mantenerse al corriente de los avances más actuales en la investigación pesquera y oceanográfica a nivel mundial. A continuación se describen algunos aspectos de estas relaciones.

Las oficinas principales de la CIAT se encuentran situadas en los terrenos del Scripps Institution of Oceanography (SIO) 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. Los Dres. James Joseph y Richard B. Deriso son catedráticos del SIO, y el Dr. Deriso dirigió un curso de estudios y supervisó las investigaciones de algunos estudiantes en esa institución durante 1996. El Sr. Michael G. Hinton y la Srta. Cleridy E. Lennert cursaron estudios de postgraduado en el SIO en 1996.

Los Dres. Joseph y Deriso son también profesores de la Universidad de Washington en Seattle, Washington (EE.UU.), y el Dr. Joseph de la Universidad Autónoma de Baja California en Ensenada (México). El Dr. Martín A. Hall es miembro de la cátedra de la Universidad de Columbia Británica en Vancouver (Canadá). Los Dres. Deriso, Hall, Michael G. Hinton, Robert J. Olson, y Michael D. Scott sirvieron en comités supervisores de las investigaciones de estudiantes de postgraduado en varias universidades durante 1996.

Durante muchos años se han mantenido relaciones cordiales y productivas con la Comisión para la Conservación del Atún Aleta Azul del Sur (CCSBT), la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT), la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la Comisión del Pacífico Sur, y otros organismos internacionales. Por ejemplo, el Sr. Alejandro Anganuzzi fue otorgado una excedencia durante 1996 para dirigir las actividades del Programa Indopacífico de Desarrollo y Ordenación del Atún (IPTP), que luego se convirtió en la Comisión del Océano Índico, en Colombo (Sri Lanka). Para promover los objetivos de la Asesoría Experta de la FAO sobre las Interacciones de las Pesquerías de Atún en el Océano Pacífico, la FAO está subvencionando dos estudios de simulación en computadora llevados a cabo por el personal de la CIAT. La FAO también proporcionó fondos para un taller mundial sobre el atún patudo, celebrado en las oficinas de la CIAT en La Jolla en noviembre de 1996. El Dr. Deriso sirvió de asesor para la CCSBT y la ICCAT.

Asimismo durante 1996, el personal de la CIAT continuó su estrecha colaboración con agencias pesqueras de naciones afiliadas a la CIAT y con organismos similares de diversos países no afiliados. Los estudios del Sr. Forrest R. Miller de los efectos de las condiciones ambientales sobre la pesca atunera de superficie, descritos en la subsección titulada ***Oceanografía y ecología de los atunes***, son pagados principalmente por el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de EE.UU. El Dr. James Joseph fue miembro del Comité sobre Pesquerías del Consejo de Estudios Oceánicos de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, y el Dr. Richard B. Deriso fue Copresidente del Comité sobre Métodos de Evaluación de Stocks de Peces del Consejo Nacional de Investigación de EE.UU., miembro del Comité Científico y Estadístico del Consejo de Administración de Pesquerías del Pacífico Occidental de Estados Unidos y del Comité de Revisión del California Sea Grant, y asesor sobre la evaluación de los stocks de tiburones *Galeorhinus* para la Autoridad Pesquera y de Ordenación de Australia. El Dr. William H. Bayliff y el Sr. Patrick K. Tomlinson formaron parte de la junta editorial de *Investigaciones Marinas CICIMAR*, publicado por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional en La Paz (México), el Dr. Ashley J. Mullen fue Editor Asociado de *Natural Resource Modeling*, revista publicada por el Rocky Mountain Mathematics Consortium en asociación con la Resource Modeling Association, y el Dr. Michael D. Scott fue Editor Asociado de la revista *Marine Mammal Science*. El Dr. Scott fue también miembro del Pacific Scientific Review Group, responsable de revisar las normas de ordenación y programas de investigación de EE.UU. de los mamíferos marinos en el Océano Pacífico. El Sr. Kurt M. Schaefer participó en el Programa de Hawaii de Mercado de Atunes, patrocinado por el Programa de Investigación de Pesquerías Pelágicas en el Instituto Conjunto de Investigación Marina y Atmosférica del Colegio de Ciencias y Tecnología Oceánica y Terrestre de la Universidad de Hawaii en Manoa. El Sr. Felipe Galván Magaña, de CICIMAR y el Dr. Robert J. Olson, de la CIAT, continuaron su estudio conjunto de las interacciones tróficas del atún aleta amarilla, los delfines, y predadores asociados en el Océano Pacífico oriental, descrito en la página 238 del Informe Anual de 1995. El Sr. Vernon P. Scholey pasó seis semanas en el Japón estudiando métodos de cultivar atunes larvales, juveniles, y adultos y temas asociados en las Estaciones de Yaeyama (Isla Ishigaki, Prefectura de Okinawa) y Amami (Prefectura de Kagoshima) de la Japan Sea-Farming Association (JASFA), y en la Estación de Oshima (Prefectura de Wakayama) de la Universidad de Kinki, la Universidad de Shimonoseki (Prefectura de Yamaguchi), y el Instituto Nacional de Investigación de Acuicultura cerca de Shima Osobe (Prefectura de Mie). Sus gastos fueron sufragados por una beca otorgada por la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF). En la sección titulada ***Estudios del ciclo vital temprano*** se describe la participación de la CIAT en un proyecto conjunto de investigación con la OFCF y el gobierno de Panamá.

Desde 1977 los investigadores de la CIAT capacitan observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros sobre la abundancia, mortalidad, y otros aspectos de la biología de los

## ADMINISTRATION

### BUDGET

At its 53rd meeting, held in Cumaná, Venezuela, on June 7-8, 1994, the Commission unanimously approved the budget for the 1995-1996 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$4,866,767. However, the final amount received from the member nations during the 1995-1996 fiscal year was \$3,227,000, a shortfall of \$1,639,767 relative to the amount which was recommended and approved for the regular budget. As a consequence, some planned research had to be curtailed. In addition to its regular budget, during the 1995-1996 fiscal year the IATTC received \$901,658 from vessel owners to pay the costs of placing observers on their vessels and \$91,444 from other sources, *e.g.* organizations which awarded contracts to the IATTC to perform various types of research.

### FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for the 1995-1996 fiscal year were audited by Peat, Marwick, Mitchell and Co. Summary tables of its report are shown in Appendix 4 of this report.

### INTER-AGENCY COOPERATION

During 1996 the scientific staff of the IATTC 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 and oceanography research throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The IATTC's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, La Jolla, California, USA, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for federal and state agencies involved in fisheries, oceanography, and related sciences. This situation provides the staff with an excellent opportunity to maintain frequent contact with scientists of those organizations. Drs. James Joseph and Richard B. Deriso are members of the faculty of SIO, and Dr. Deriso taught a course and supervised the research of some students at that institution during 1996. Mr. Michael G. Hinton and Ms. Cleridy E. Lennert were registered as graduate students at SIO during 1996.

Drs. Joseph and Deriso also serve as members of the faculty of the University of Washington, Seattle, Washington, USA, and Dr. Joseph is also a member of the faculty of the Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Mexico. Dr. Martín A. Hall serves as a member of the faculty of the University of British Columbia, Vancouver, B.C, Canada. Drs. Deriso, Hall, Michael G. Hinton, Robert J. Olson, and Michael D. Scott served on committees which supervised the research of graduate students at various universities during 1996.

The cordial and productive relationships which the IATTC has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), the Convention for the Conservation of Southern Bluefin Tuna (CCSBT), 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 organizations have continued for many years. Mr. Alejandro A. Anganuzzi was granted a leave of absence, which extended throughout 1996, to coordinate the work of the Indo-Pacific Tuna Development and Management Programme (IPTP) (which became

parameters of the tropical tunas of various parts of the world. Mr. Naozumi Miyabe of the NRIFS spent 2 weeks at the IATTC headquarters, where he worked on bigeye tuna with several IATTC staff members. Dr. François Marsac of ORSTOM spent 2 weeks at the IATTC headquarters, where he worked with Dr. Fonteneau on preparations for the ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas) 25th Anniversary Tuna Symposium, which was held in the Azores, Portugal, on June 10-18, 1996. Dr. Pilar Pallarés of the Instituto Español de Oceanografía spent most of the second half of 1996 at the IATTC headquarters, where she worked with Dr. Fonteneau on (1) interactions among fisheries for yellowfin tuna and evaluation of changes in fishing power of purse-seine vessels in the Atlantic Ocean during the last 10 years, and (2) a synopsis of information on Atlantic bigeye tuna for the world workshop on bigeye tuna which was held in La Jolla in November 1996. Also, she worked with IATTC staff members on standardization of indices of abundance of tropical tunas in the Atlantic Ocean. Ms. Zoraida Guerrero, a student at the University of Panama, spent 5 weeks at the Achotines Laboratory in 1996, where she worked primarily with culture of algae and rotifers. Dr. Masato Iizawa of Fisheries and Aquaculture International Co., Ltd., Tokyo, Japan, spent 6 weeks at the Achotines Laboratory in 1996. Information on the purpose of his visit appears in the section entitled ***Early life history studies***.

### FIELD STATIONS

The IATTC maintains field offices in Manta, Ecuador; Ensenada and Mazatlán, Mexico; Panama, Republic of Panama; Mayaguez, Puerto Rico, USA; and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings data, 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 IATTC'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 regularly by IATTC employees.

In addition, the IATTC 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 reduce the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The enlargement of the laboratory facilities to accommodate the previously-described project involving the Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan, the government of Panama, and the IATTC was nearly completed during 1996. The work conducted at the Achotines Laboratory is described in the section entitled ***Early life history studies***.

### PUBLICATIONS

The prompt and complete publication of research results is one of the most important elements of the IATTC'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 and enlisting the interest of other scientists in the IATTC's research. By the end of 1996 IATTC staff members had published 141 Bulletins, 45 Annual

A joint-venture longline fishery in Mexico, involving Japanese and ROK vessels, with crews consisting partly of Mexican fishermen, began in the EPO during the early 1980s. These operations were terminated in 1989. IATTC staff members based in Ensenada, Mexico, gathered catch, effort, catch-per-unit-of-effort, and length-frequency data for this fishery, and these data have been incorporated into the IATTC's various data bases.

Recently, there has been renewed interest in longline fishing in the EPO. A few small longline vessels had been fishing near Hawaii for many years, but recently that fleet has grown to about 160 vessels, and some of them operate at least part of the time in the EPO. A fleet of about 15 to 20 longline vessels based in Ventura, California, began operating in the EPO in late 1992, but only three of these vessels were active in that area during 1996. Several Mexican vessels based in Manzanillo were engaged in longlining during 1996, and data on the activities of these vessels were collected by IATTC staff members based in Mazatlan. In addition, there are now longline fleets operating out of Chilean, Costa Rican, and Ecuadorian ports, and entrepreneurs have expressed interest in establishing longline fisheries in other nations bordering the EPO.

With the increasing importance of this fishery, in both Latin America and the United States, it is necessary that the IATTC staff establish basic procedures for collection of information on fishing effort and catches so that the IATTC can meet its obligations for research and recommendations for management in the EPO and to ensure that the data collected in the EPO are consistent with those collected in other regions of the world. These data are essential for assessment of the various stocks of tunas and billfishes, and for analysis of the impacts on the species caught incidentally by these fisheries. To that end, the IATTC staff has updated the format of logbooks originally recommended by the Second *Ad Hoc* Consultation on Global Tuna Statistics convened by the Food and Agriculture Organization of the United Nations in 1987 to reflect changes in gear design and operation in anticipation of updating the formats of logbooks currently used aboard Latin American vessels. The IATTC staff has also held discussions with representatives of other organizations on designs of logbooks and data bases for the world's longline fleets.

### ***Size composition of the catch***

Length-frequency samples are the basic source of data used for estimating the size and age compositions 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 modeling. The results of age-structured population modeling 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 modeling can be used, in conjunction with growth estimates, for yield-per-recruit modeling. The results of such studies have been described in several IATTC Bulletins and in all of its Annual Reports since that for 1954.

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, northern bluefin, and black skipjack from purse-seine, baitboat, and recreational catches made in the eastern Pacific Ocean (EPO) are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, 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 886 yellowfin, 501 skipjack, 164 bigeye, 72 northern bluefin, and 24 black skipjack samples from the 1996 catch. Most of these were 50-fish samples. For all of the above species except black skipjack, the length-frequency samples are stratified by market-measurement areas (12), months, and years. The sampling procedures are explained in detail in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 6.



Figure 13 consists of histograms showing the estimated catches of yellowfin in the market-measurement areas of the CYRA (all except Areas 10 and 11 in Figure 12) in 1996. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. Although the size range is approximately the same in all areas, with nearly all of the fish being between 40 and 160 cm in length, the distributions differ considerably from area to area. The average weights range from 3.3 kg (7.3 pounds) in Area 6 to 22.6 kilograms (49.8 pounds) in Area 5.

Histograms showing the estimated catches of yellowfin in the CYRA during each year of the 1991-1996 period appear in Figure 14. The average weight for 1996, 10.2 kilograms (22.5 pounds), was the lowest for the 1991-1996 period.

Figure 15 consists of histograms showing the estimated catches of yellowfin in the area between the CYRA boundary and 150°W (Areas 10 and 11 in Figure 12) during each year of the 1991-1996 period. The largest modal group in the 1996 distribution is located between 120 and 140 cm, approximately the same location as the largest modes in the 1991, 1994, and 1995 distributions. The average weight for 1996, 16.4 kilograms (36.2 pounds), is close to those of 1993 and 1995, but less than those of 1991, 1992, and 1994.

Histograms showing the estimated catches of skipjack in the market-measurement areas of the EPO in 1996 appear in Figure 16. The data for the four northern areas (1, 2, 4, and 8) have been combined due to low catches in Areas 2, 4, and 8. Larger fish are most evident in the combined northern areas, Area 5, and Area 7, and smaller fish are most evident in Areas 13 and 11.

Figure 17 consists of histograms showing the estimated catches of skipjack in the entire EPO for each year of the 1991-1996 period. The average weight for 1996, 3.6 kilograms (8.0 pounds), was the greatest of the 6-year period.

Prior to 1994 the surface catch of bigeye in the EPO was incidental to that of yellowfin and skipjack, and the annual catches (Table 3) and numbers of length-frequency samples taken were considerably less than those of yellowfin and skipjack. In 1994, 1995, and 1996, however, more bigeye were caught and more samples were obtained. Histograms showing the estimated catches of bigeye in the market-measurement areas of the EPO in 1996 appear in Figure 18. The greatest catches occurred in Areas 6, 7, and 11. In these three areas the largest modal groups were between about 40 and 80 cm and 90 and 120 cm.

Figure 19 consists of histograms showing the estimated catches of bigeye during each year of the 1991-1996 period. The average weight for 1996, 9.4 kilograms (20.7 pounds), was the lowest of the 6-year period.

Northern bluefin are caught by surface gear off California and Baja California from about 23°N to 35°N, with most of the catch being taken during May through October. In 1996 bluefin were caught between 26°N and 33°N, and most of the catch was taken during July. Histograms showing the estimated catches of bluefin during each year of the 1991-1996 period appear in Figure 20. The numbers of samples obtained from the commercial and recreational catches were as follows:

Year	Commercial	Recreational
1990	14	0
1991	4	0
1992	1	1
1993	4	35
1994	2	11
1995	6	16
1996	67	5

abundance of spawners did not vary much over the period in question. This relationship should continue to be monitored, however, particularly if the abundance of spawners becomes reduced.

### *Production modeling*

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. The only data required are catch and standardized CPUE. Standardization of CPUE data is nearly always a problem for multispecies fisheries, as vessels fishing in different area-time-gear configuration strata may be concentrating on different species, even though they may catch individuals of several species. The CPUEs listed in Table 21 and abundance indices computed with the logarithmic model (Figure 60), both adjusted to means of 1.0 for the 1975-1994 period, are shown in Figure 68. The two indices are nearly the same, despite the fact that, as pointed out above, the vulnerability of bigeye to capture should have increased with the switch from conventional to deep longline gear. As mentioned previously, in late 1993 purse-seine fishermen learned how to detect bigeye associated with floating objects, but well below the surface, with sonar, and catch them, so purse-seine effort for the 1971-1993 period is not equivalent to purse-seine effort for the 1994-1996 period. This does not create a problem in estimating the total effort, as only longline CPUE data were used in the production analyses described here. However, the productivity of the stock has almost certainly changed due to the increased exploitation of younger fish.

For this study, it was assumed (1) that there is a single stock of bigeye in the EPO and no exchange of fish between the EPO and other parts of the Pacific Ocean, (2) that all longline effort in the EPO has the same probability of catching bigeye of the EPO stock and that the efficiency of the longline gear did not change during the 1964-1996 period, and (3) that the longline CPUEs are indicative of the relative abundance of bigeye of all ages taken by the surface and longline fisheries. (The last assumption is not satisfied, of course.)

Data on the total catches and on the CPUEs by Japanese longline vessels are given in Tables 21 and 22. The total catches, in numbers of fish, were divided by the CPUEs, also in numbers of fish, to obtain estimates of the total effort (Table 21). In addition, the total catches, in weight, were divided by the CPUEs, also in weight, to obtain estimates of the total effort (Table 22). The effort data from Table 22 were used for production modeling.

The data were fit to the equation for the production model by minimizing the sums of squares between the observed amounts of effort and those predicted by the fitted model. The fitting was done for a single value, 0.8, of  $m$ , the shape parameter, since this produces a production curve which is similar to the YPR curves (Figure 66). The results are shown in Table 23 and Figures 69-71. Two cases are shown, one with the minimum sums of squares ("best") and the other ("alternate") restrained to optimum effort greater than 400 million hooks. The predicted values of CPUE corresponding to the two values of optimum effort are virtually the same (Figure 71). In the "best" case the recent effort exceeds the optimum effort, whereas for the "alternate" case the recent effort has been less than the optimum effort.

The estimates of the parameters (Table 23) for the production models for these data are not very reliable, as shown by the comparison in Figure 71. Different criteria for estimation gave different results for two important parameters, optimum effort and maximum sustainable yield (MSY). There is considerable variation between the observed CPUE and the values predicted by the model (Figure 71). Most of the variation in the CPUE was the result of changes in recruitment, rather than changes in population size caused by removal by the fisheries. Recent changes in the surface fishery, which catches fish which are younger than those caught by the longline fishery, will complicate the use of the production models in the future by changing the catchability of the population.

### *Interaction between the longline and surface fisheries*

The age-specific estimates of the catches of fish obtained from the cohort analyses (Figure 62) were partitioned into separate estimates for the longline and surface fisheries (Figure 72). Likewise, the estimates of total  $F$  (Table 18) were partitioned into separate estimates for longlines and surface gear by calculating the portions of the total catches at each age made by each gear.

The interaction between two types of gear can be estimated by simulation of catch histories, using estimates of recruitment, natural mortality, and relative distribution of fishing mortality among fish of different ages obtained from cohort analyses with various multipliers of the vectors of  $F$  (which are directly proportional to the vectors of fishing effort) for one or both gears. This was done for bigeye in the EPO by (1) changing the estimates of  $F$  for the surface fishery, while leaving those for the longline fishery the same, or leaving both unchanged.

Simulation studies were carried out to predict what the catches for 1997-2006 would be with the following patterns of effort. The values of  $F$  for the surface fishery for 1997-2006 were set equal to that for 1996. Values of  $F$  for the longline fishery for 1993, 1994, and 1995 were calculated by multiplying the average value of  $F$  for the longline fishery for 1990-1992 by the amounts of fishing effort for 1993, 1994, and 1995 and then dividing by the average effort for 1990-1992. The values of  $F$  for the longline fishery for 1996 through 2006 were set equal to that for 1995. Then the values of  $F$  for the surface fishery for 1997 through 2006 were multiplied by either 0.1 (Pattern A), 1.0 (Pattern B), or 1.5 (Pattern C), while those for the longline fishery remained unchanged. The results are shown in Table 24 and in Figure 73 (for both types of gear combined) and Figure 74 (with separate estimates for the two types of gear).

### *Discussion*

The uncertainty about the natural mortality rate makes interpretation of the cohort analyses difficult. Different values of  $M$  produce different estimates of catch, amount of interaction between the surface and longline fisheries, and amount of effort necessary to achieve the MSY. The biomass of the stock has been relatively stable, although it declined after the mid-1980s (Figure 64). Similarly, the annual recruitment appears to have been relatively constant during the 1971-1996 period, fluctuating between lows in 1981 and highs in 1983 (Figure 65).

The YPR analyses indicate that effort at the 1982 level (multiplier of 1 in Figure 66) was less than optimum for all values of  $M$ . The YPRs are much greater for  $M = 0.4$  than for  $M = 0.8$ , however. YPR analyses with effort at the 1994 level produce substantially different results, especially for the surface fishery. With  $M = 0.4$  the effort was greater than optimum, with  $M = 0.6$  it was slightly less than optimum, and with  $M = 0.8$  it was substantially less than optimum.

Based on the simulations, estimates of the catches by gear of bigeye during the 1997-2006 period, with the three patterns of fishing effort described above, are shown in Figure 73. The surface fishery has little effect on the longline fishery with Pattern A, corresponding to the purse-seine fishery previous to 1994, regardless of  $M$  (Figure 74). With Patterns B and C, however, corresponding to the current and possible future purse-seine fishery, there is considerable effect on the longline fishery, especially at higher levels of effort and lower values of  $M$ .

Clearly, if  $M$  is low (about 0.4) and the effort of the surface fishery remains at the 1996 level the total catch will be reduced, and if the effort of the surface fishery increases further the total catch will be further reduced. However, if  $M$  is about 0.8, and the effort of the surface fishery remains at the 1996 level, or increases no more than 50 percent, the total catch will probably increase, although the catch of the longline fishery would be less than if the surface fishery were

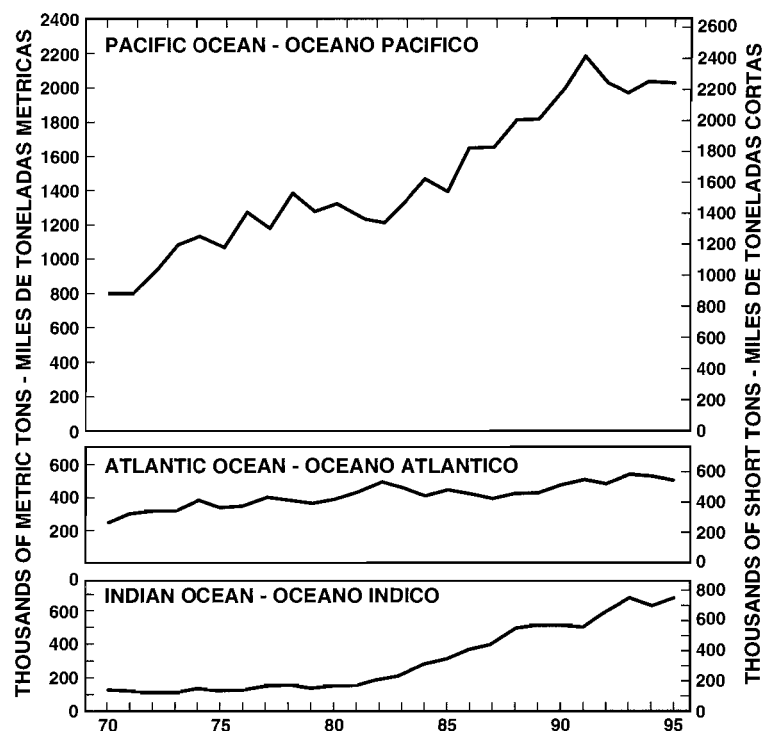


FIGURE 11. Catches of the principal market species of tunas (data from FAO).

FIGURA 11. Capturas de las principales especies comerciales de atunes (datos de la FAO).

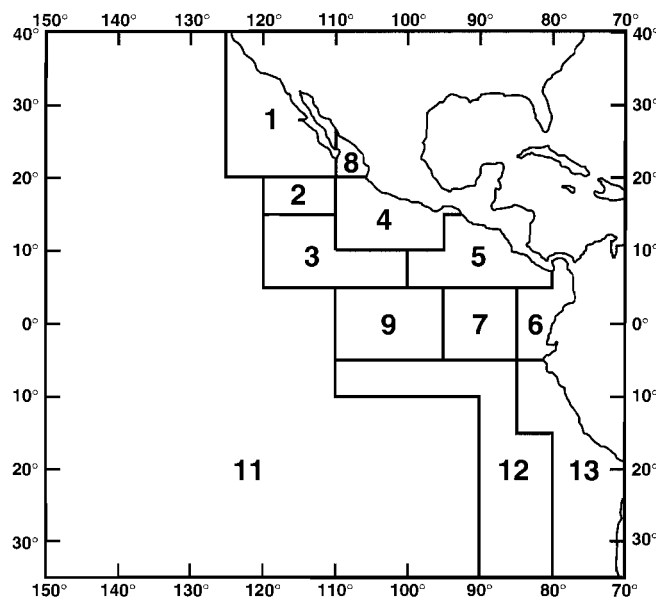


FIGURE 12. Areas used for sampling lengths of tunas in the eastern Pacific Ocean.

FIGURA 12. Areas usadas para el muestreo de longitud de atunes en el Océano Pacífico oriental.

the Indian Ocean Tuna Commission (IOTC) in late 1996) in Colombo, Sri Lanka. To help achieve the objectives of its Expert Consultation on Interactions of Pacific Ocean Tuna Fisheries, FAO has provided funding for two computer simulation studies which are being conducted by the IATTC staff. FAO also provided funds for a world workshop on bigeye tuna which was held at the IATTC headquarters in La Jolla in November 1996. Dr. Deriso served as an advisor for the CCSBT and ICCAT during 1996.

Also during 1996, the IATTC staff maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, and with similar institutions in many non-member countries in various parts of the world. Mr. Forrest R. Miller's studies of the effects of environmental conditions on the surface fishery for tunas, described in the subsection entitled ***Oceanography and tuna ecology***, are funded mostly by the U.S. National Marine Fisheries Service. Dr. James Joseph was a member of the Committee on Fisheries of the Ocean Studies Board of the U.S. National Academy of Sciences, Dr. Richard B. Deriso was co-chairman of the Committee on Fish Stock Assessment Methods of the National Research Council of the United States, a member of the Scientific and Statistical Committee of the Western Pacific Fishery Management Council of the United States, a member of the Review Committee for California Sea Grant, and an advisor on stock assessment of school sharks to the Australian Fisheries and Management Authority. Dr. William H. Bayliff and Mr. Patrick K. Tomlinson were members of the editorial board of *Investigaciones Marinas CICIMAR*, published by the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, Mexico, Dr. Ashley J. Mullen was Associate Editor of *Natural Resource Modeling*, a journal published by the Rocky Mountain Mathematics Consortium in association with the Resource Modeling Association, and Dr. Michael D. Scott was an Associate Editor of the journal *Marine Mammal Science*. Dr. Scott was also a member of the Pacific Scientific Review Group, which has the responsibility of monitoring U.S. marine mammal management policies and research in the Pacific Ocean. Mr. Kurt M. Schaefer participated in the Hawaii Tuna Tagging Program, funded by the Pelagic Fisheries Research Program at the Joint Institute of Marine and Atmospheric Research, School of Ocean and Earth Sciences and Technology, University of Hawaii at Manoa. Mr. Felipe Galván-Magaña of CICIMAR and Dr. Robert J. Olson of the IATTC continued their joint study of the trophic interactions of yellowfin tuna, dolphins, and associated predators in the eastern Pacific Ocean described on pages 27-28 of the IATTC Annual Report for 1995. Mr. Vernon P. Scholey spent 6 weeks in Japan, where he studied methods of culturing larval, juvenile, and adult tunas and related topics at the Japan Sea-Farming Association's (JASFA) Yaeyama Station on Ishigaki Island, Okinawa Prefecture, JASFA's Amami Station, Kagoshima Prefecture, the Oshima Branch station of Kinki University in Wakayama Prefecture, Shimonoseki University, Yamaguchi Prefecture, and the National Research Institute of Aquaculture near Shima Osobe, Mie Prefecture. His expenses were paid by an Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) scholarship. The IATTC's involvement in a joint research project with the OFCF and the government of Panama is described in the section entitled ***Early life history studies***.

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. In addition, these observers have collected stomach contents and samples of gonads and other tissues of yellowfin tuna, recorded data on the incidental catches of species other than tunas and dolphins, recorded information on floating objects and the fauna and flora associated with them, etc. Government organizations, educational institutions, and industry representatives from the various countries involved have cooperated fully in the training and placement of these observers. Data collected by the observer programs of Mexico and the United States were furnished to the

IATTC staff for analysis. (In February 1996 the United States terminated its observer program, and after that IATTC observers accompanied U.S. vessels capable of fishing for dolphin-associated tunas on all their trips.)

Over the years, scientists and students from many countries have spent several weeks or months at the IATTC's headquarters in La Jolla and at its Achotines Laboratory learning new research methods and conducting research utilizing IATTC facilities and data. 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 and 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. At the request of several Costa Rican organizations, Dr. Martín A. Hall conducted a course on the tuna-dolphin problem in San José, Costa Rica, in March 1996. Dr. Richard B. Deriso served as one of four instructors for a course in fisheries modeling, sponsored by the American Institute of Fisheries Research Biologists, held at California State University at San Marcos in May 1996.

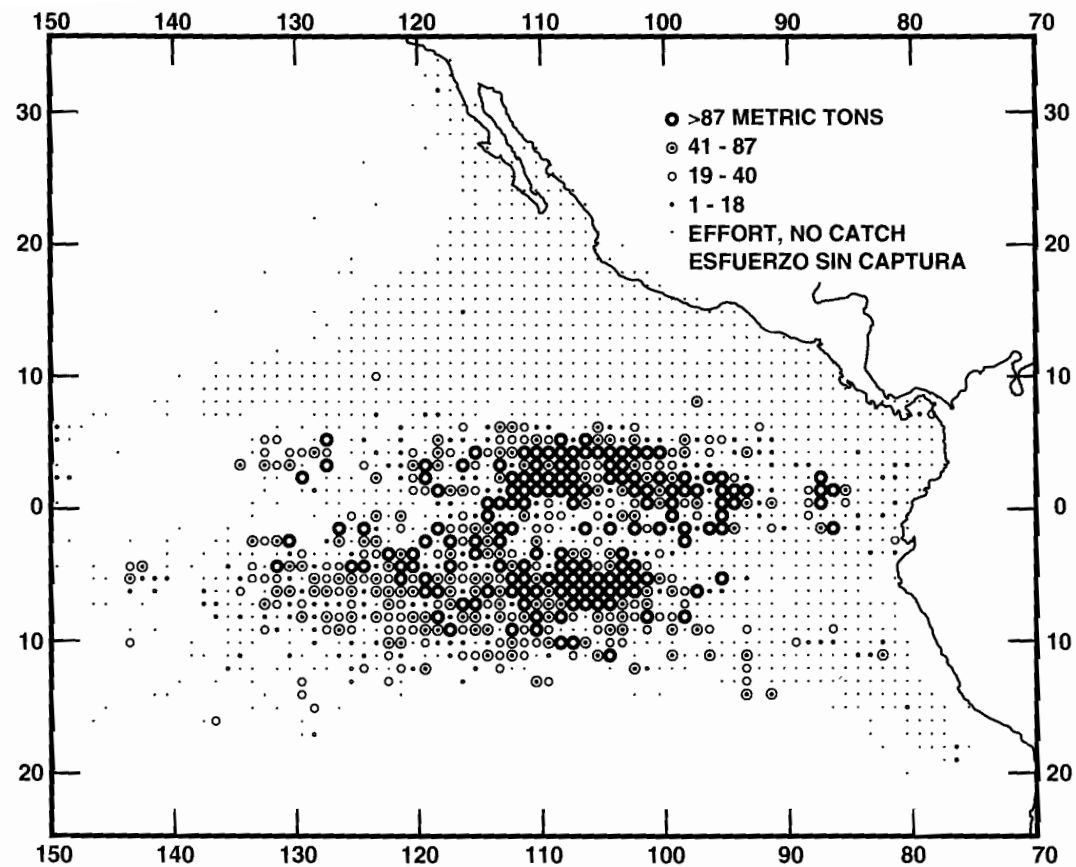
The establishment by the IATTC of a research facility at Achotines Bay, Panama, described in the section entitled **FIELD STATIONS**, gave the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. IATTC personnel have assisted local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, *e.g.* snappers (Lutjanidae), discussed in the section entitled *Snapper resource studies*.

Late in 1993, an agreement was reached by the OFCF of Japan, the government of the Republic of Panama, and the IATTC to undertake a joint five-year project, funded mostly by the OFCF, at the Achotines Laboratory. The project, which entered its initial stage in 1994, encompasses research on the feasibility of culturing adult yellowfin tuna, snappers, and corvina-like fishes (Sciaenidae) to supply larvae for research, and the production of food organisms for their larvae and juveniles. This project is described in the section entitled *Early life history studies*.

Over the years, IATTC employees have collected tissue samples of tunas and billfishes for use in genetic studies conducted by scientists of other organizations. In 1996 samples of tissues of various species of tuna and tuna-like fishes were collected for the Division of Fisheries, Commonwealth Scientific and Industrial Organization, Hobart, Australia, the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF), Shimizu, Japan, the FISHTEC Genetics Laboratory, University of South Carolina, Columbia, South Carolina, USA, the Rowett Research Institute, Aberdeen, Scotland, and the Virginia Institute of Marine Sciences (VIMS), College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, USA. (The IATTC also contributes financial support to some of the studies conducted at VIMS.)

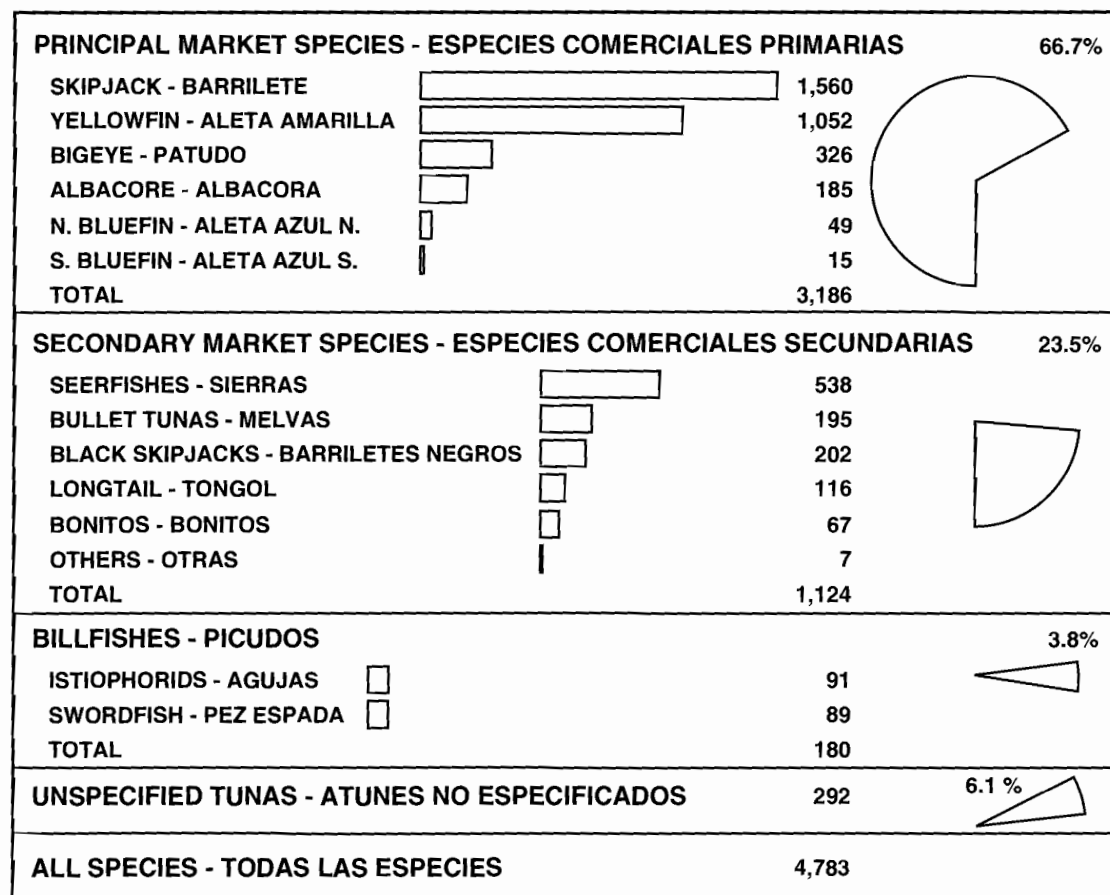
### VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS

Dr. Kathryn Dickson of California State University at Fullerton spent most of January at the Achotines Laboratory, where she continued a study of the respirometry of tunas which she had begun during 1995. Mr. Koji Uosaki of the NRIFSF, Shimizu, Japan, completed a 1-year assignment at the IATTC's headquarters in La Jolla in May 1996. During this period, he worked with IATTC staff members on an analysis of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean during the 1988-1992 period and on various other aspects of bigeye tuna and billfish biology. Dr. Alain Fonteneau, an employee of the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) of France, spent most of 1996 at the IATTC headquarters in La Jolla, carrying out a comparative study of the important biological



**FIGURE 8.** Catches of bigeye tuna in the EPO during 1996 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

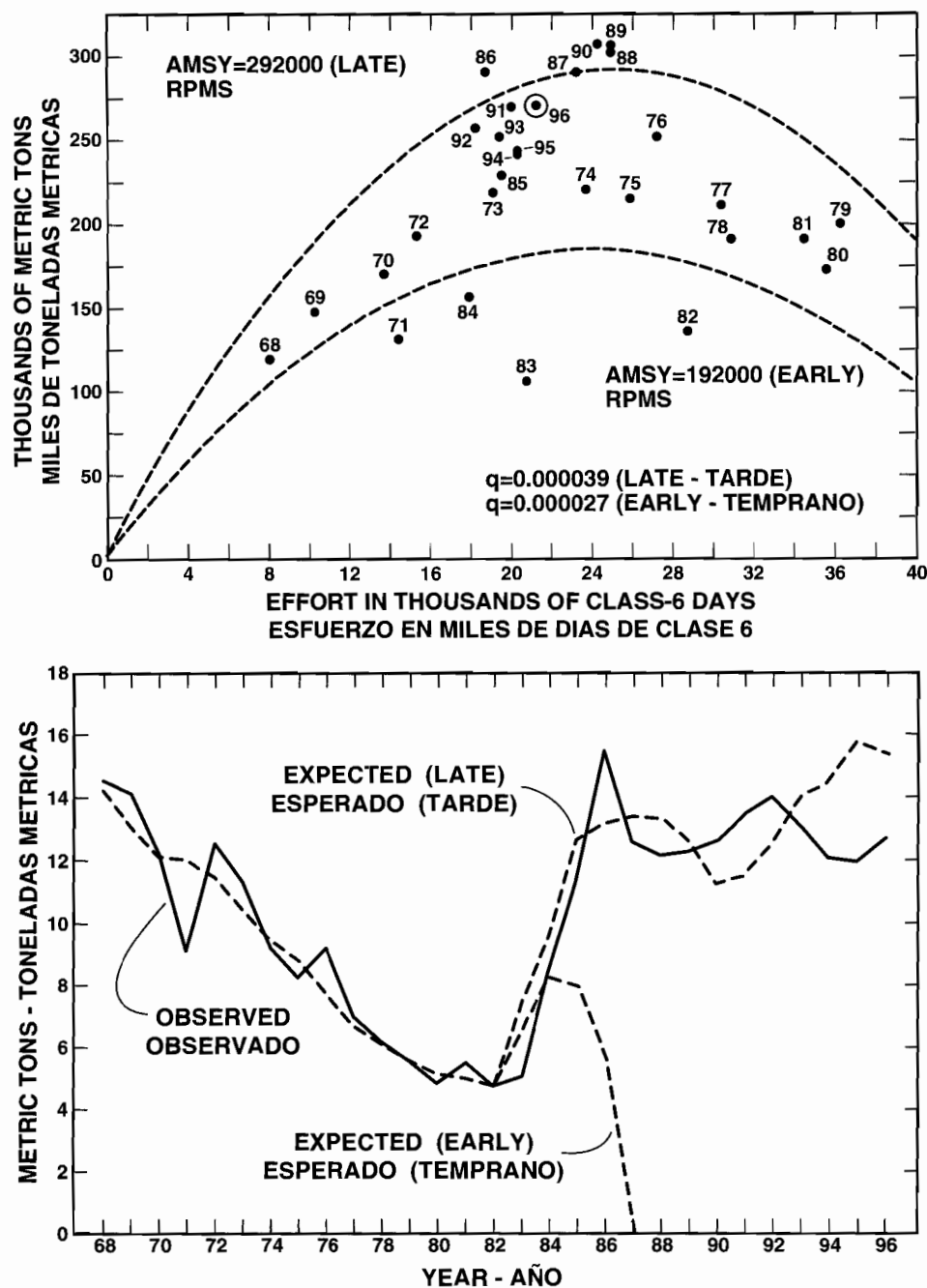
**FIGURA 8.** Capturas de atún patudo en el OPO en 1996, de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 9.** World catches of tunas and tuna-like species in 1995, in thousands of metric tons (data from FAO).

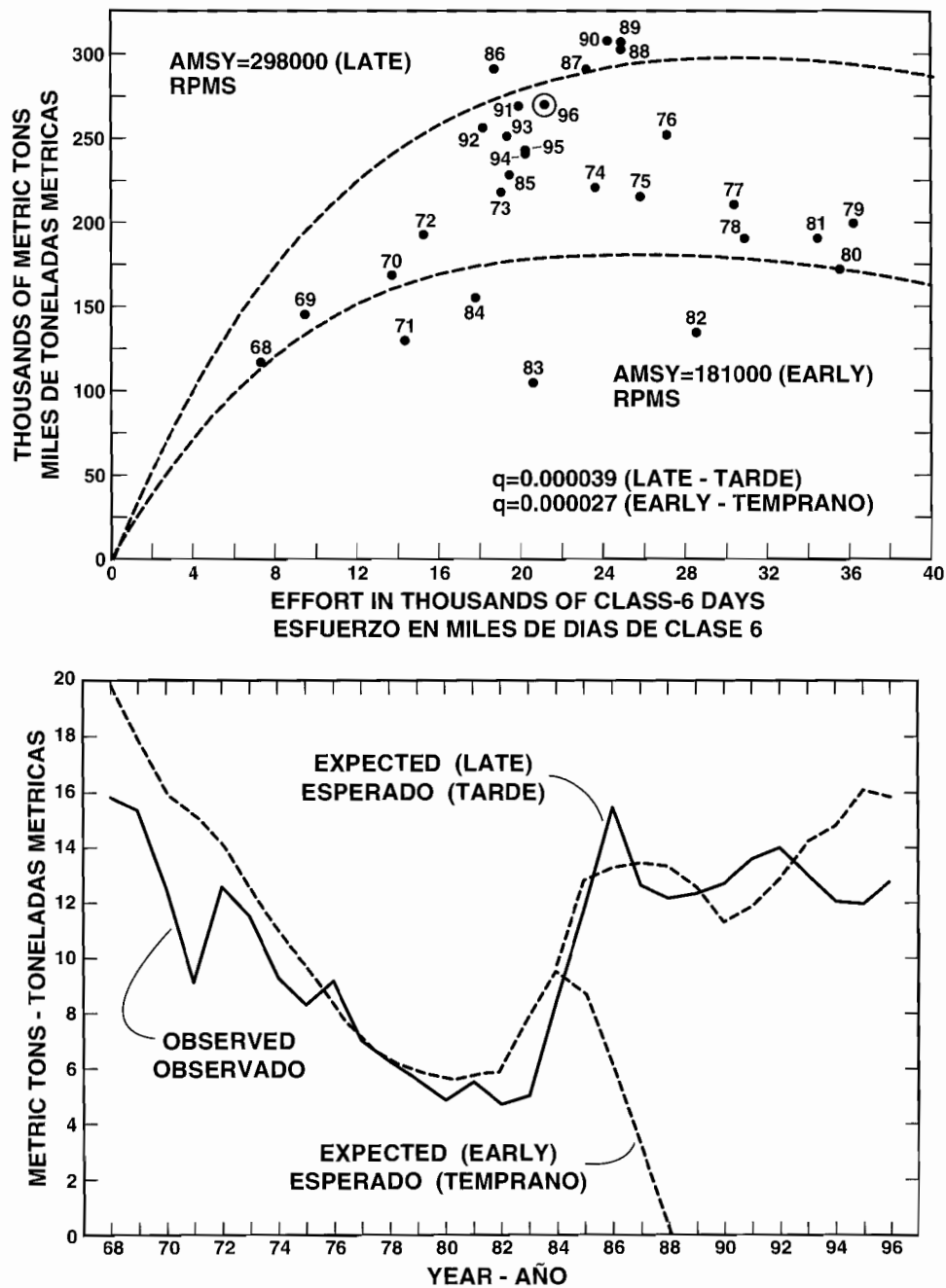
**FIGURA 9.** Capturas mundiales de atunes y especies afines en 1995, en miles de toneladas métricas (datos de la FAO).





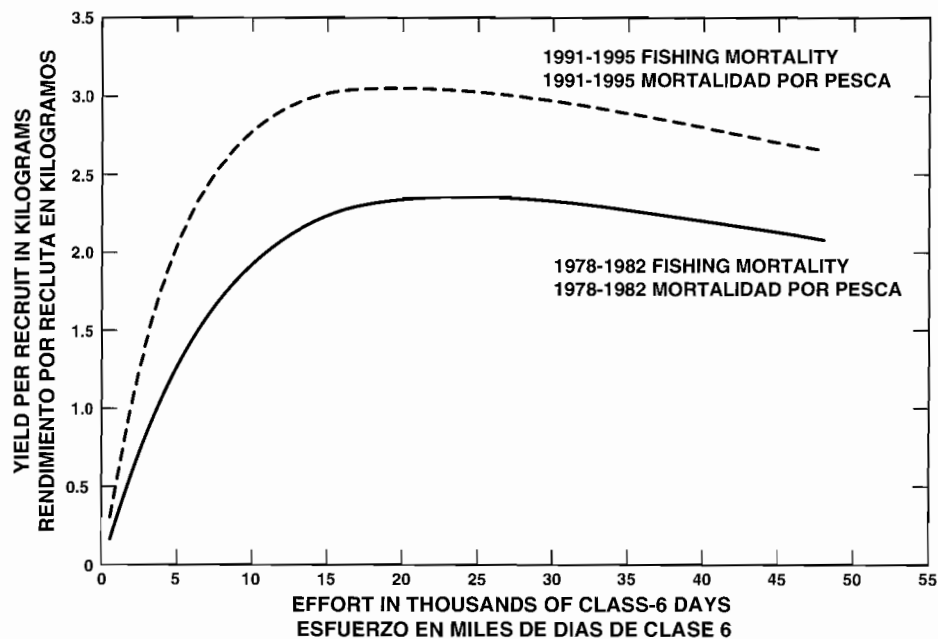
**FIGURE 44.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1996, for the logistic (symmetrical) model with  $m$  set at 2.0 (upper panel), and observed and predicted values of the CPDF (lower panel).

**FIGURA 44.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1996, según el modelo logístico (simétrico) con  $m$  fijado en 2,0 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



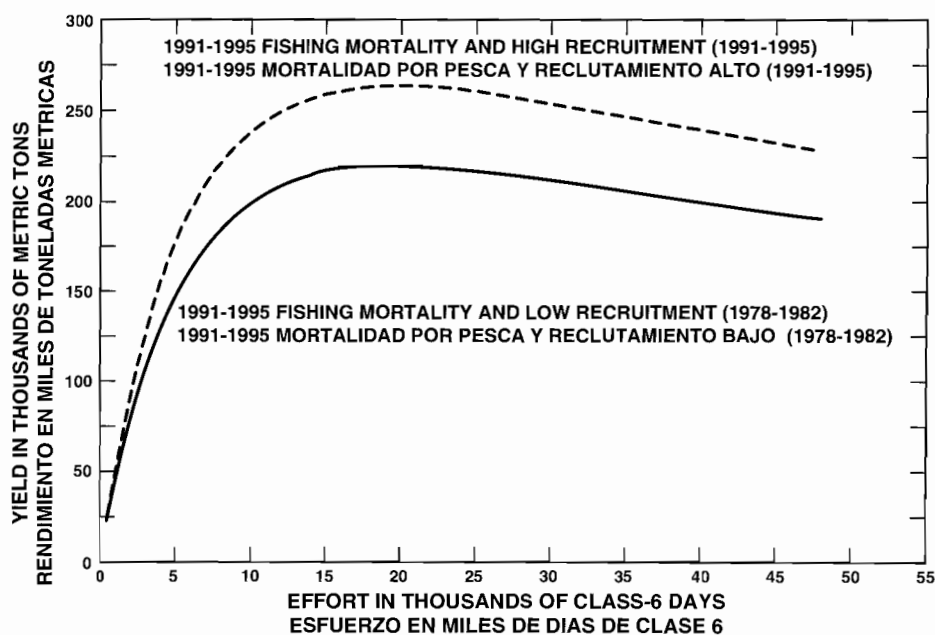
**FIGURE 45.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1996, for the generalized stock production (asymmetrical) model with  $m$  set at 0.8 (upper panel), and observed and predicted values of CPDF (lower panel).

**FIGURA 45.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1996, según el modelo generalizado de producción del stock (asimétrico) con  $m$  fijado en 0,8 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



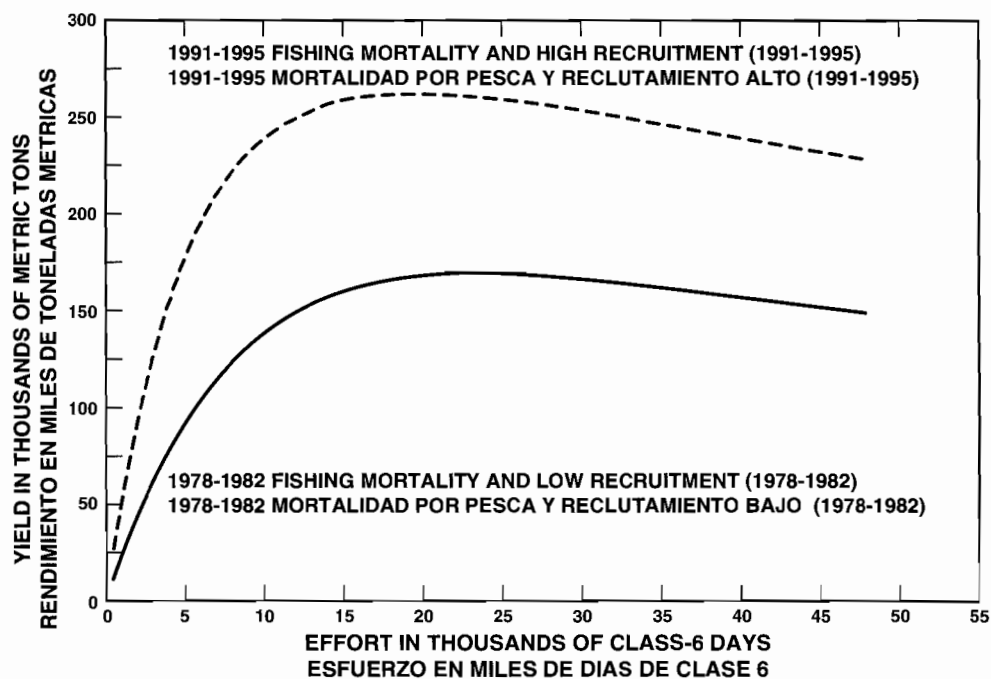
**FIGURE 46.** Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1978-1982 and 1991-1995.

**FIGURA 46.** Rendimientos por recluta correspondientes a las tasas de mortalidad por edad de 1978-1982 y 1991-1995.



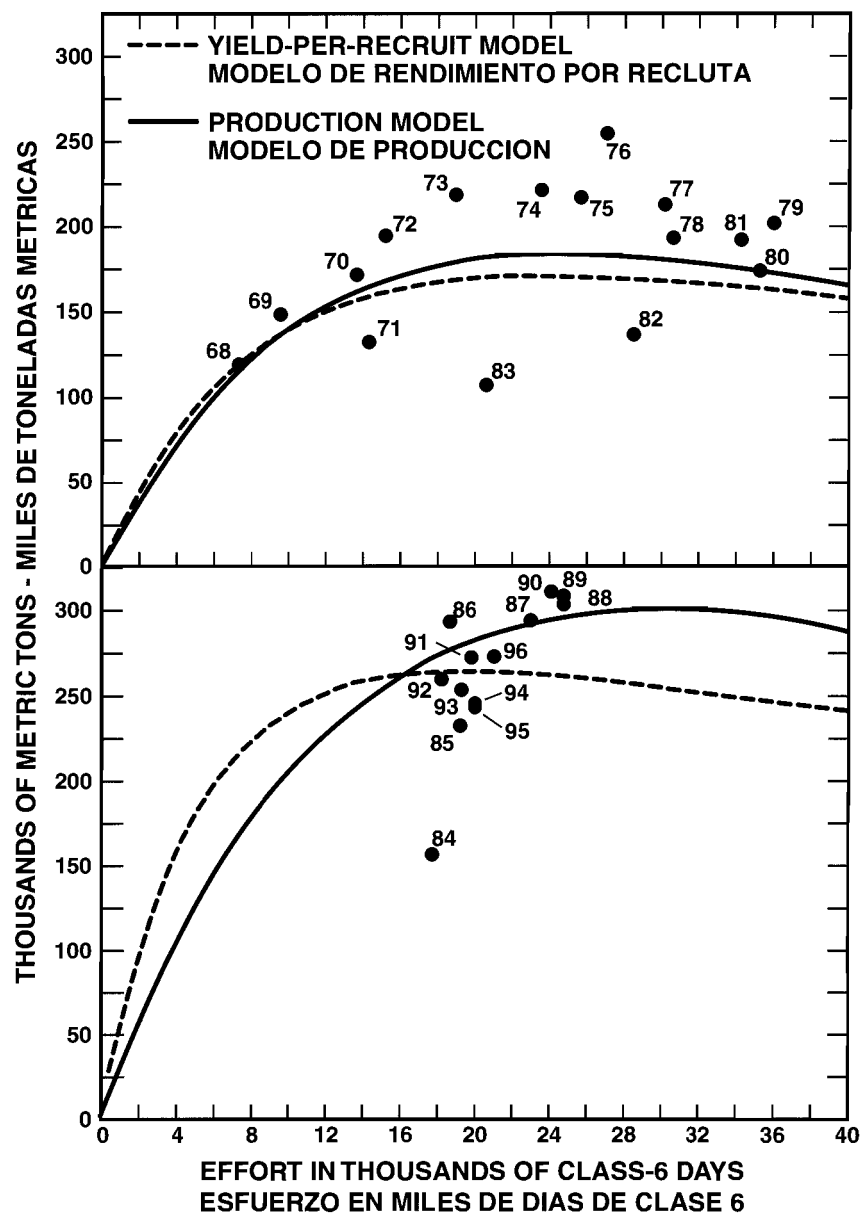
**FIGURE 47.** Yields for high and low recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1991-1995.

**FIGURA 47.** Rendimientos correspondientes a reclutamientos elevados y bajos, y mortalidad por pesca por edad similar a aquélla del período de 1991-1995.



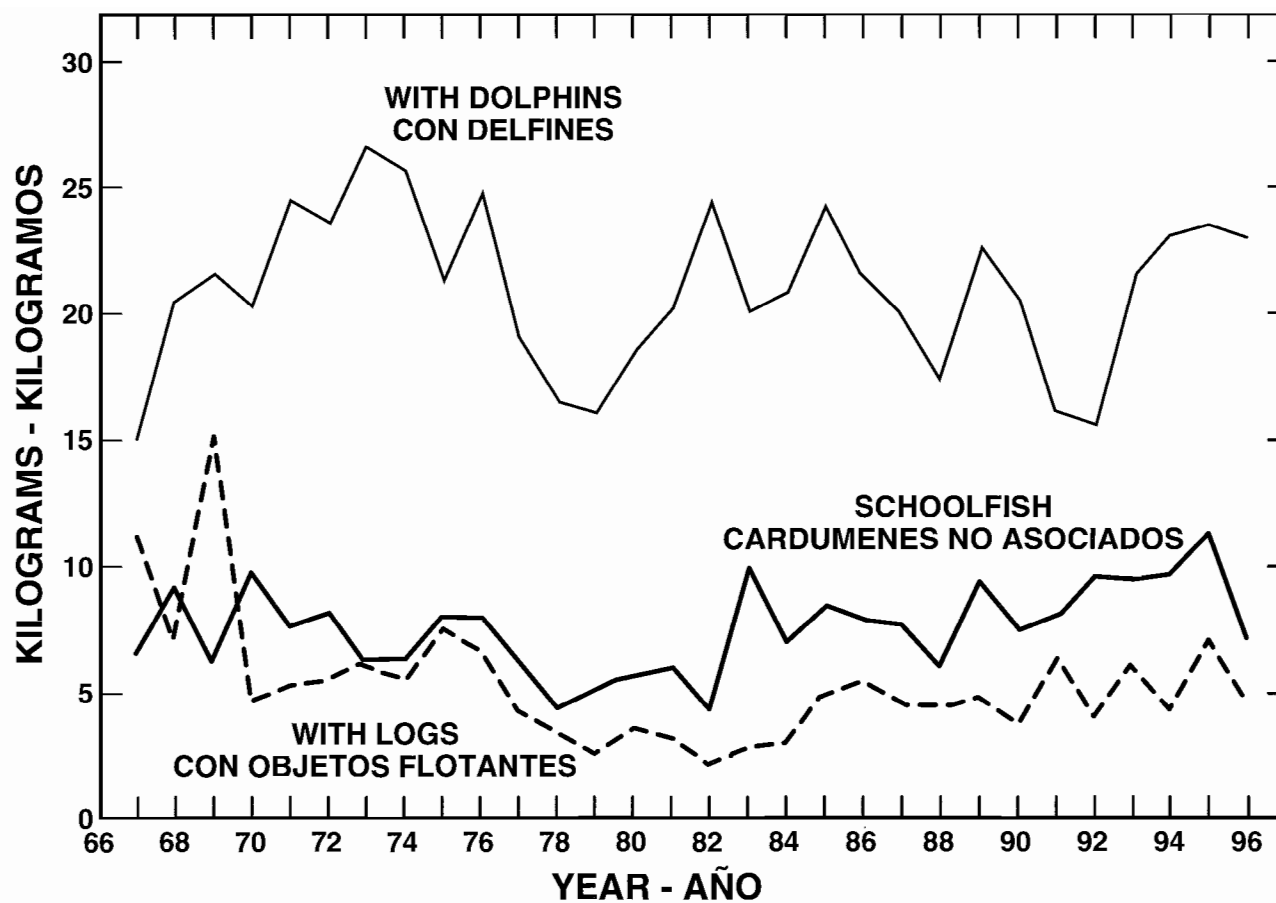
**FIGURE 48.** Yields for low recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1991-1995.

**FIGURA 48.** Rendimientos correspondientes al reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad similar a aquella de 1978-1982, y al reclutamiento elevado y mortalidad por edad e similar a aquella de 1991-1995.



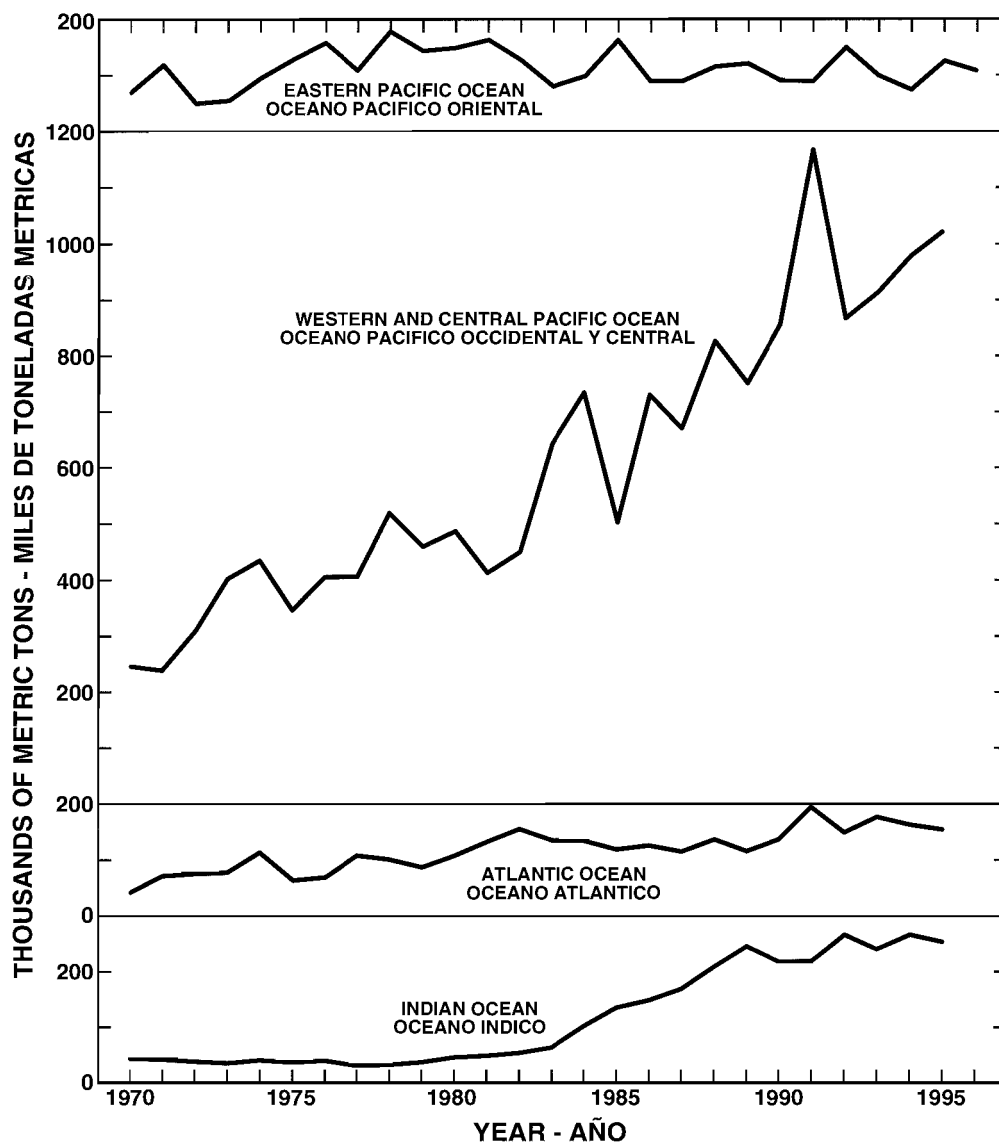
**FIGURE 49.** Yields corresponding to conditions during the 1968-1983 (upper panel) and 1984-1996 (lower panel) periods estimated from YPR and production models.

**FIGURA 49.** Rendimientos correspondientes a condiciones en los períodos de 1968-1983 (recuadro superior) y 1984-1996 (recuadro inferior) estimados con los modelos de RPR y producción.



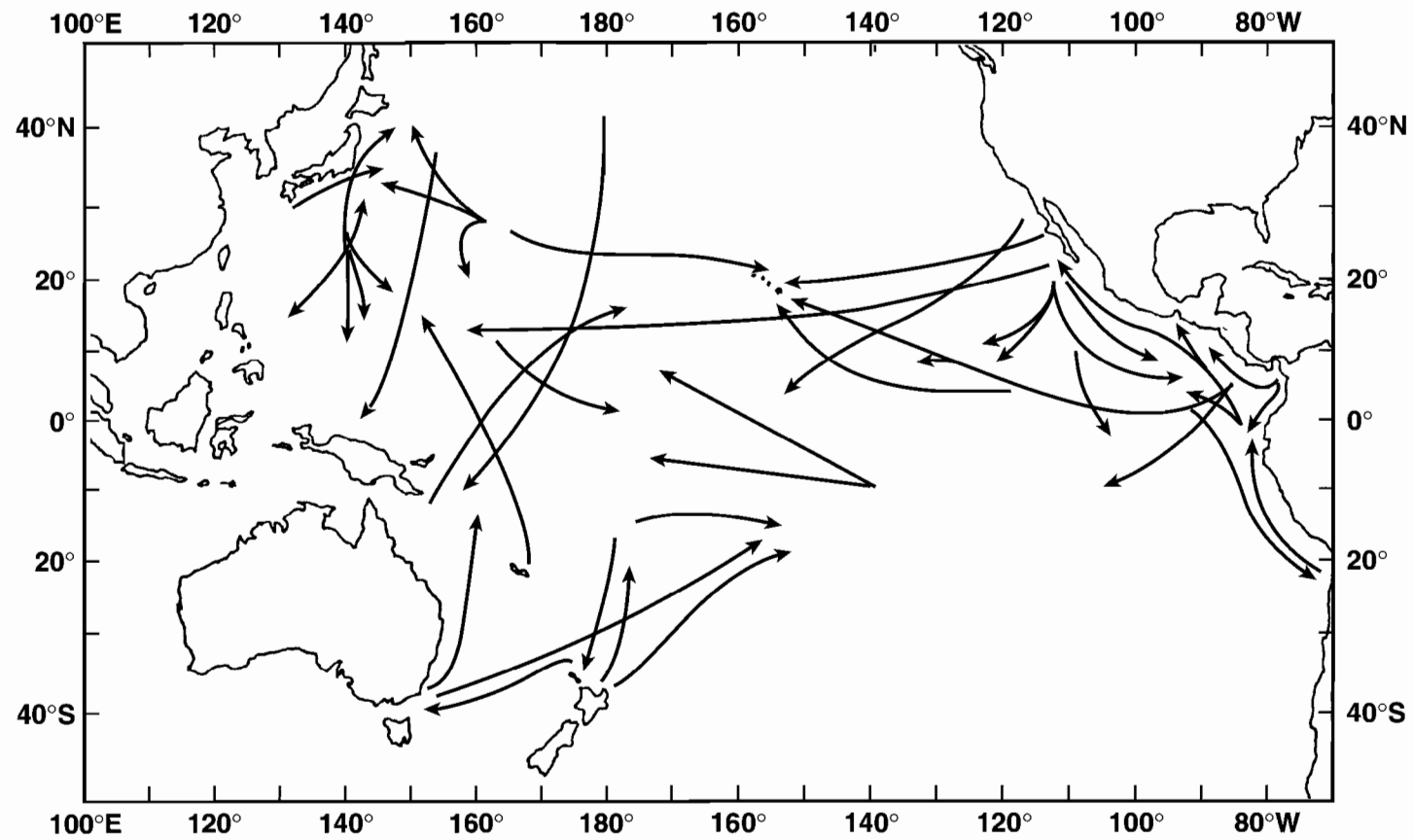
**FIGURE 50.** Average weights of dolphin-associated fish, log-associated fish, and “schoolfish” (fish associated only with other fish).

**FIGURA 50.** Peso promedio de peces asociados con delfines, con objetos flotantes, y no asociados (asociados solamente con otros peces).



**FIGURE 51.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean. The data for 1970-1995 were obtained from FAO, and those for 1996 from Table 3.

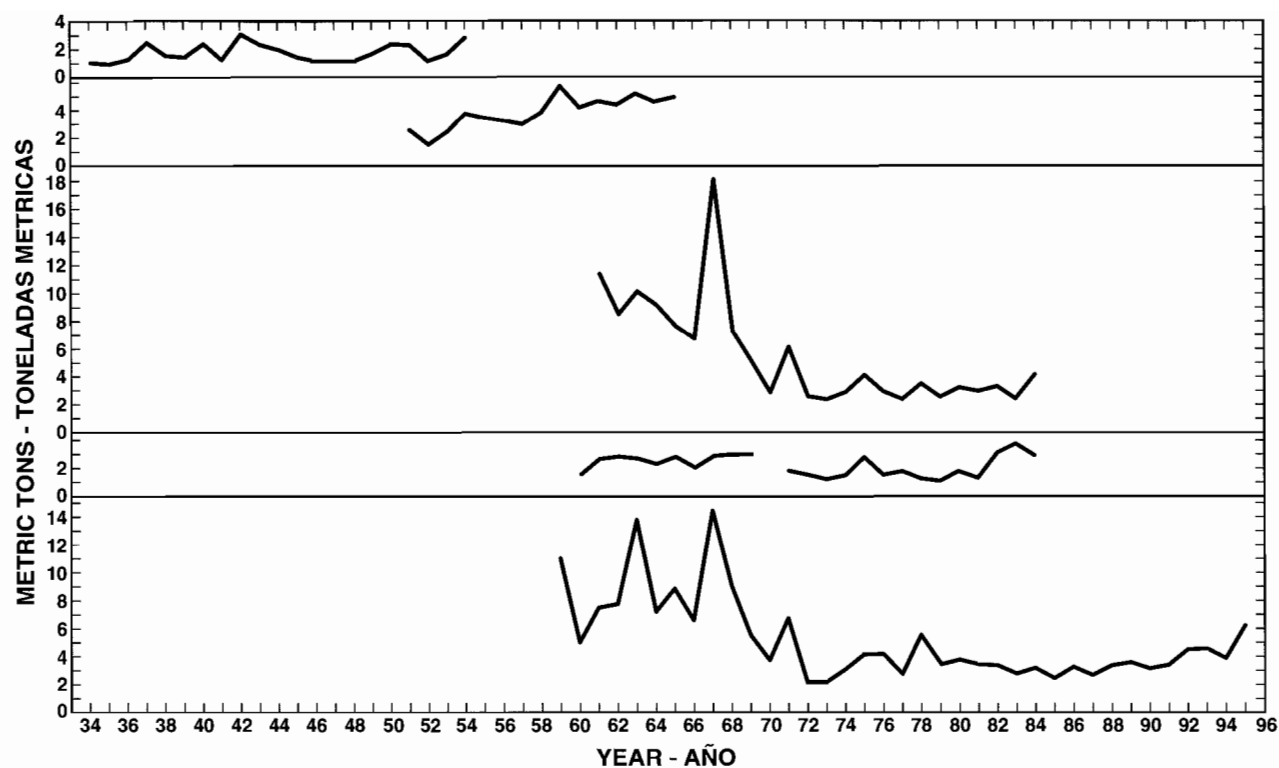
**FIGURA 51.** Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, Pacífico central y occidental, y Océanos Atlántico e Indico. Los datos de 1970-1995 provienen de la FAO, y los de 1996 de la Tabla 3.



**FIGURE 52.** Some long-distance movements which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

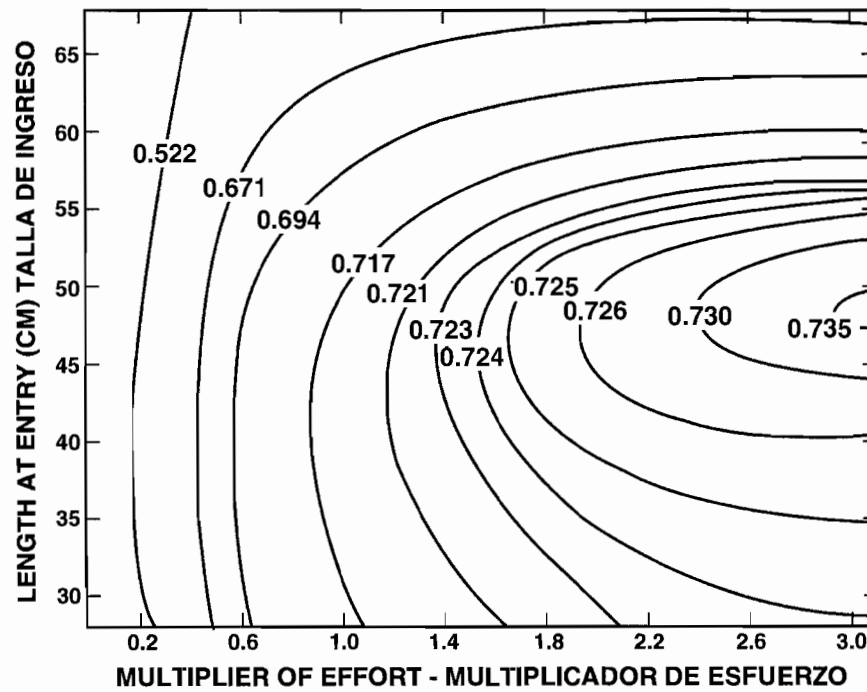
**FIGURA 52.** Algunas migraciones a larga distancia registradas para barriletes marcados en el Océano Pacífico.





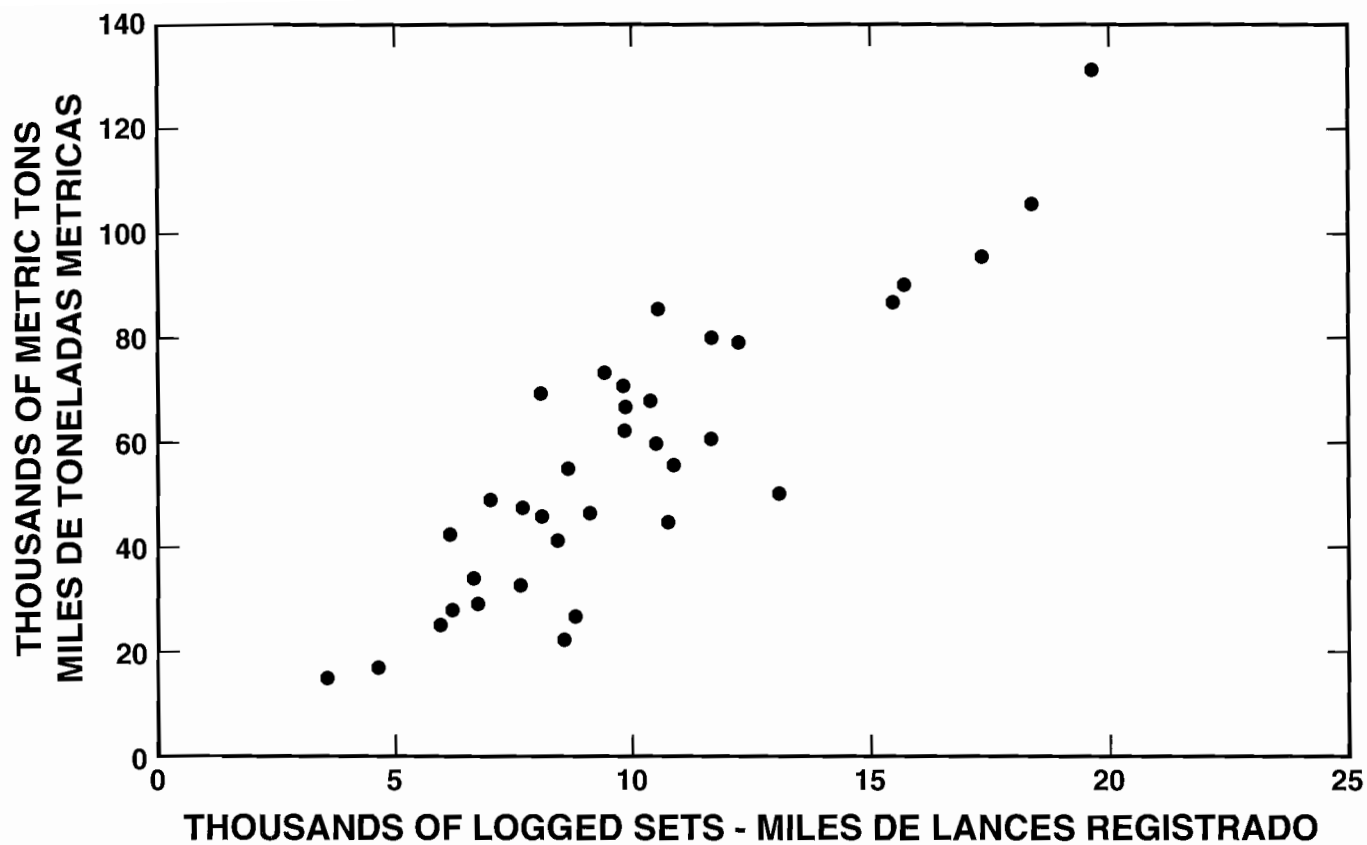
**FIGURE 53.** Indices of abundance of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The sources of the data are as follows: top panel, IATTC Bulletin, Vol. 1, No. 7, Table 20; second panel, IATTC Bulletin, Vol. 13, No. 1, Table 7; third panel, IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Table 10; fourth panel, IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6, Table 29; fifth panel, unpublished (equivalent to IATTC Annual Report for 1994, Figure 10, bottom panel).

**FIGURA 53.** Indices de abundancia del barrilete en el Océano Pacífico oriental. Las fuentes de los datos son: recuadro superior, Boletín de la CIAT, Vol. 1, N° 7, Tabla 20; segundo recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 13, N° 1, Tabla 7; tercer recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tabla 10; cuarto recuadro, Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, Tabla 29; quinto recuadro, inédito (equivalente al Informe Anual de la CIAT de 1994, Figura 10, recuadro inferior).



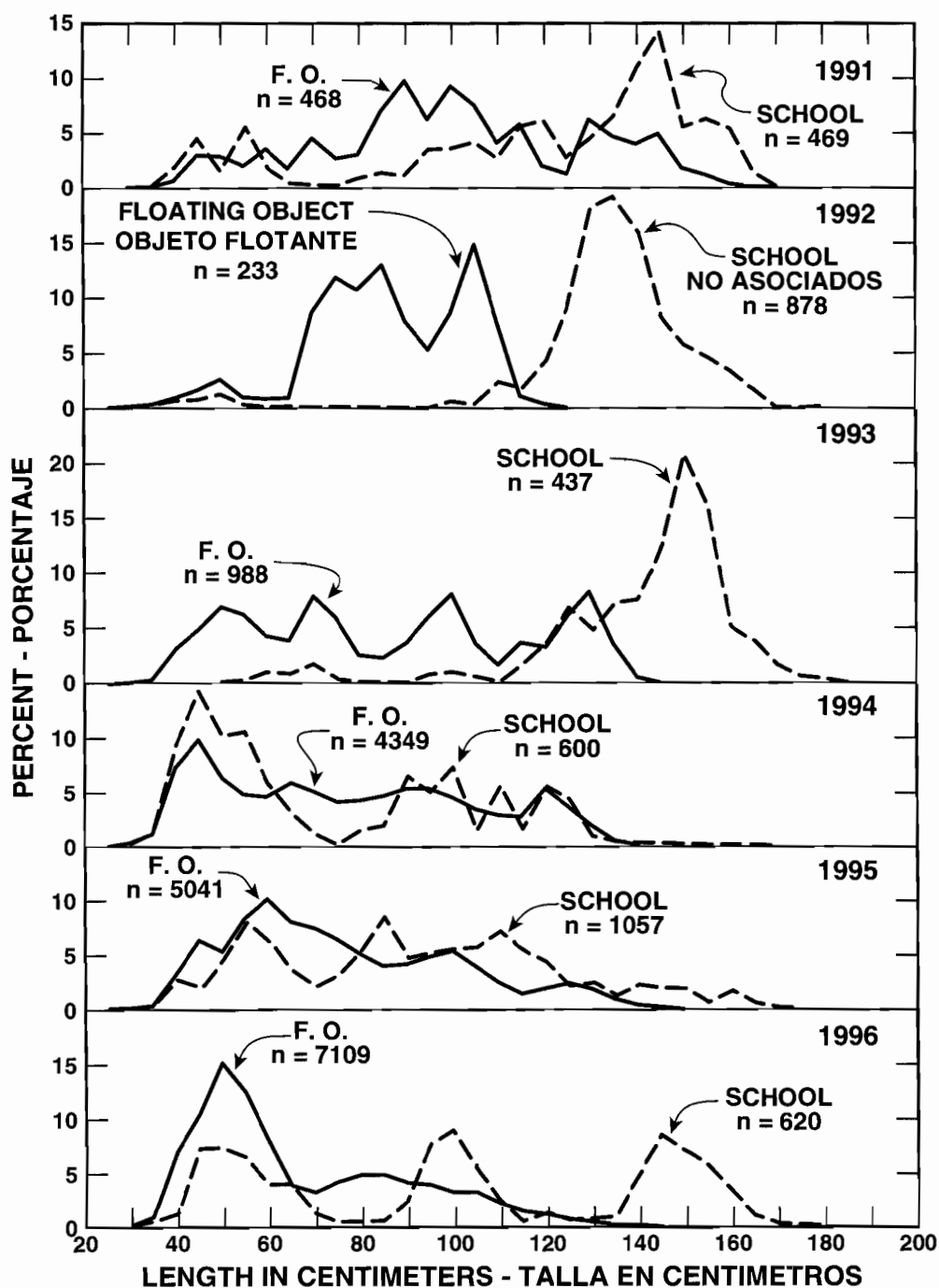
**FIGURE 54.** Yields per recruit, in kilograms, for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and length at entry into the fishery.

**FIGURA 54.** Rendimientos por recluta, en kilogramos, del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y longitud de ingreso a la pesquería.

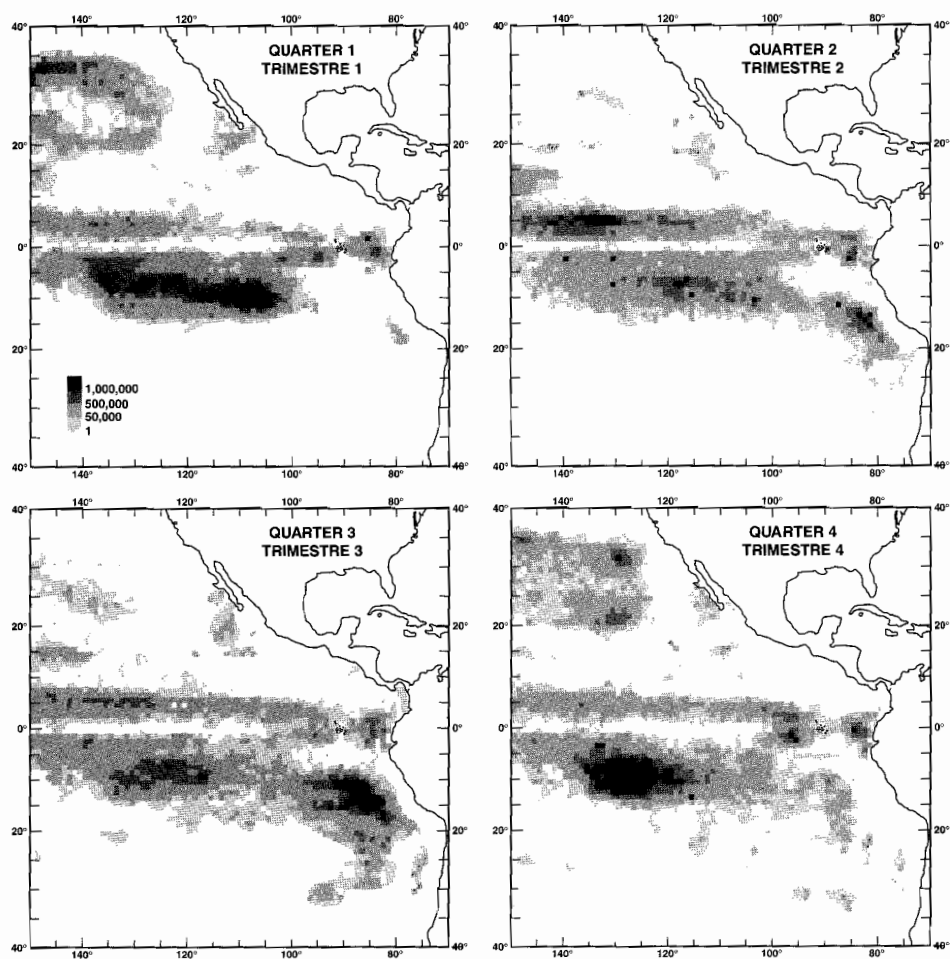


**FIGURE 55.** Logged catches of skipjack in sets on tunas in free-swimming schools and tunas associated with floating objects, and numbers of logged sets on those types of schools.

**FIGURA 55.** Capturas registradas de barrilete en lances sobre cardúmenes de atunes no asociados y asociados con objetos flotantes, y el número de lances registrado sobre esos tipos de cardúmenes.

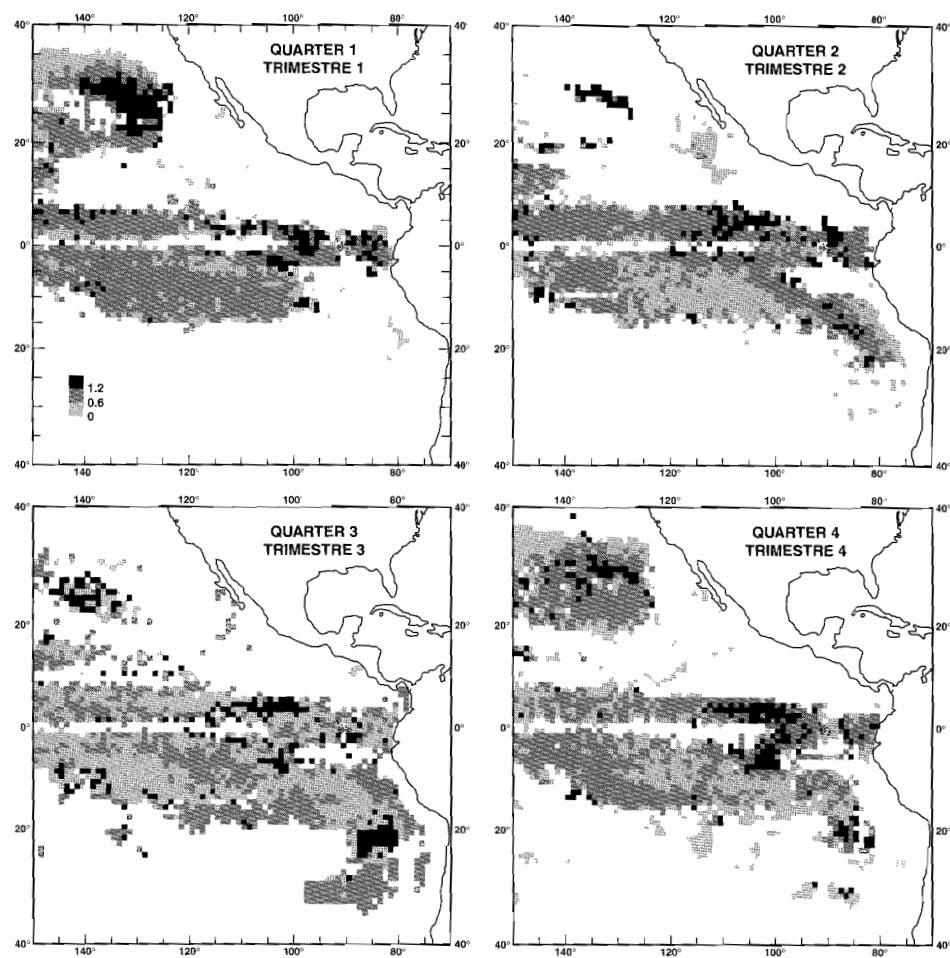


**FIGURE 56.** Length-frequency distributions, in percentages of numbers of fish, for bigeye tuna caught in sets made on schools of fish associated with floating objects and sets made on free-swimming schools of fish.  
**FIGURA 56.** Distribuciones de las frecuencias de longitud, en porcentajes del número de peces, de patudos capturados en lances sobre objetos flotantes y sobre cardúmenes no asociados.



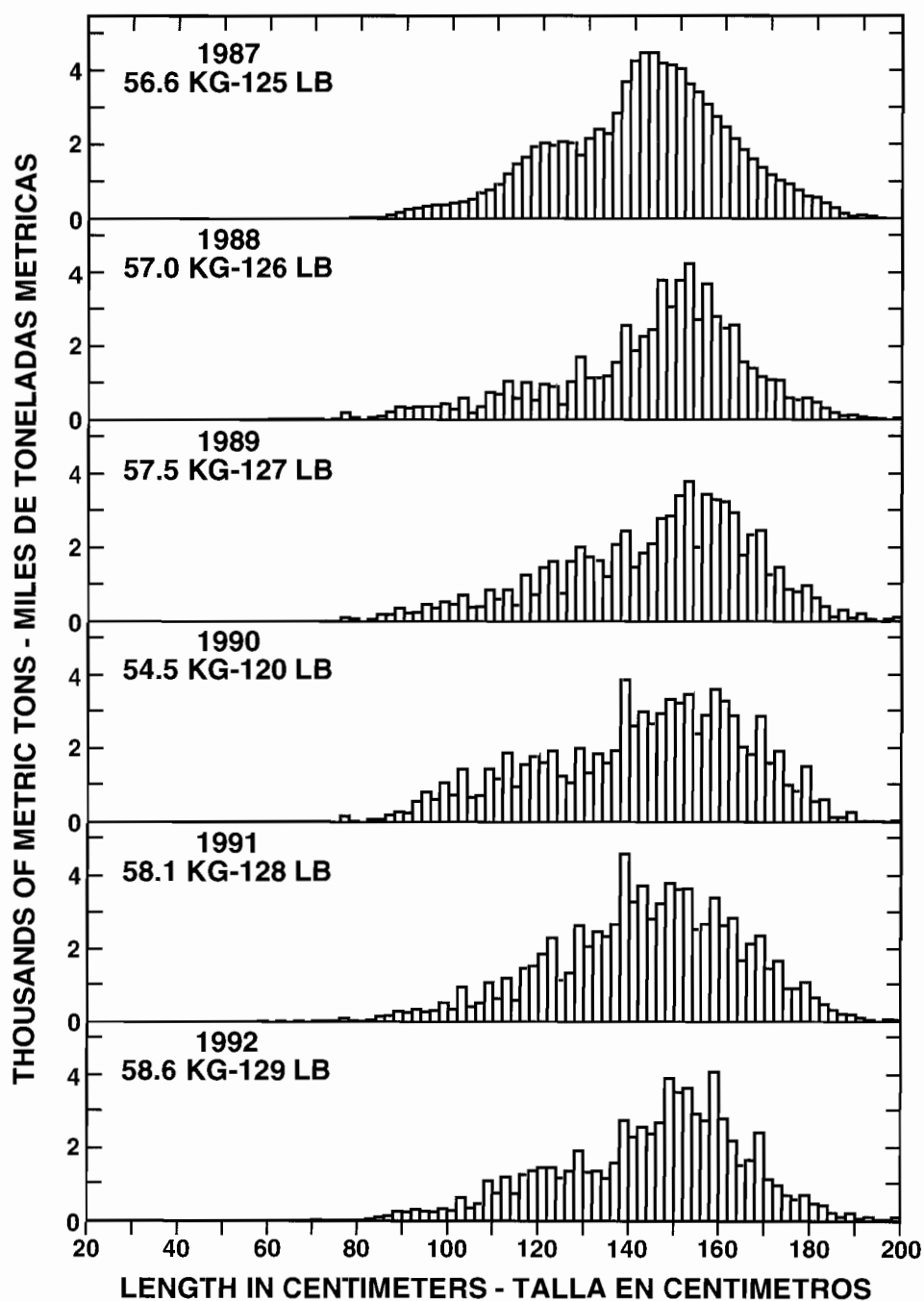
**FIGURE 57.** Quarterly distributions of effort, in numbers of hooks, by Japanese longline vessels in the EPO during 1988-1992.

**FIGURA 57.** Distribuciones trimestrales del esfuerzo, en número de anzuelos, de barcos palangreros japoneses en el OPO durante 1988-1992.



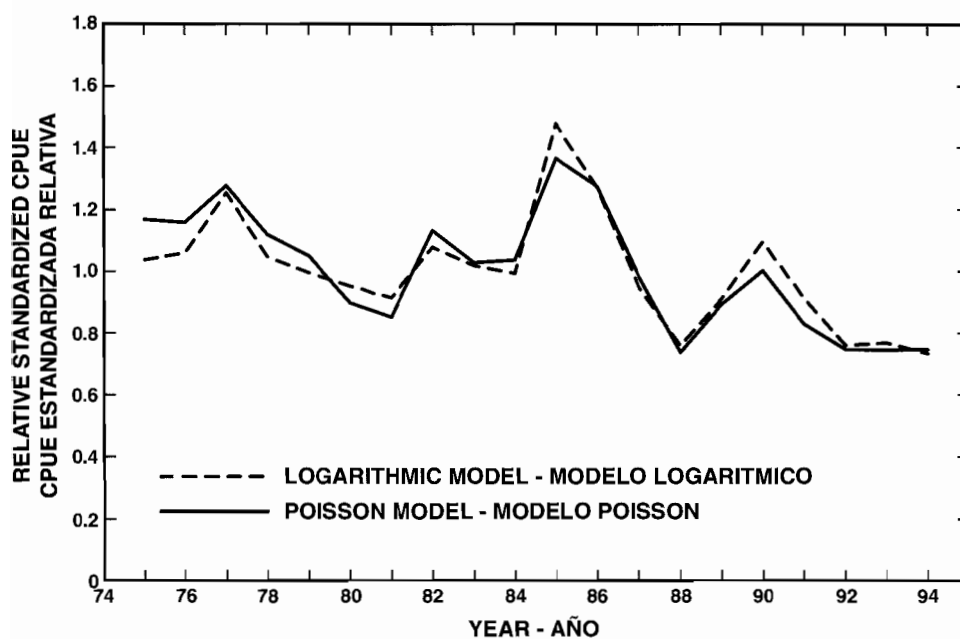
**FIGURE 58.** Quarterly distributions of average CPUEs of bigeye tuna, in numbers of fish per hundred hooks, by Japanese longline vessels in the EPO during 1988-1992.

**FIGURA 58.** Distribuciones trimestrales de las CPUE promedio de atún patudo, en número de pescados por cien anzuelos, de barcos palangreros japoneses en el OPO en 1988-1992.



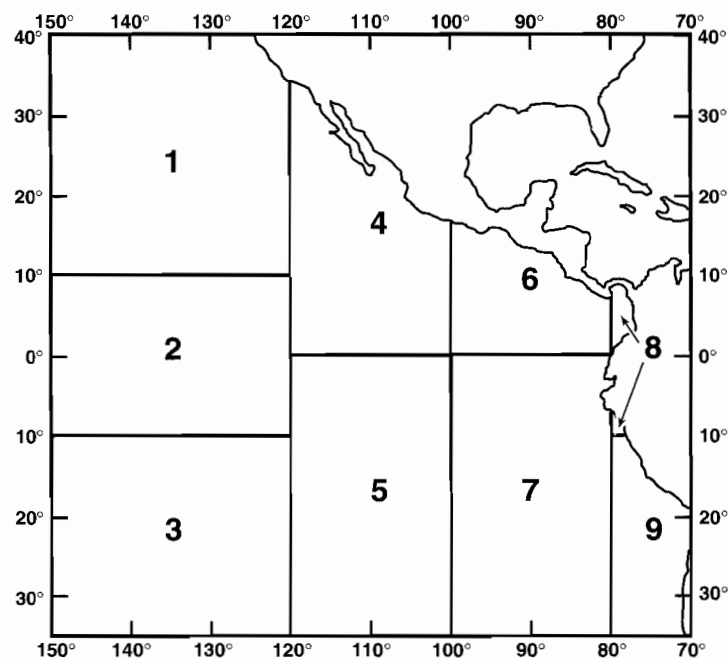
**FIGURE 59.** Length-frequency distributions of bigeye tuna caught by Japanese longline vessels in the EPO. The values in the upper left corners of the panels are the average weights.

**FIGURA 59.** Distribuciones de la frecuencia de longitud de atún patudo capturado por barcos palangreros japoneses en el OPO. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.



**FIGURE 60.** Estimates of standardized CPUEs of bigeye in the EPO.

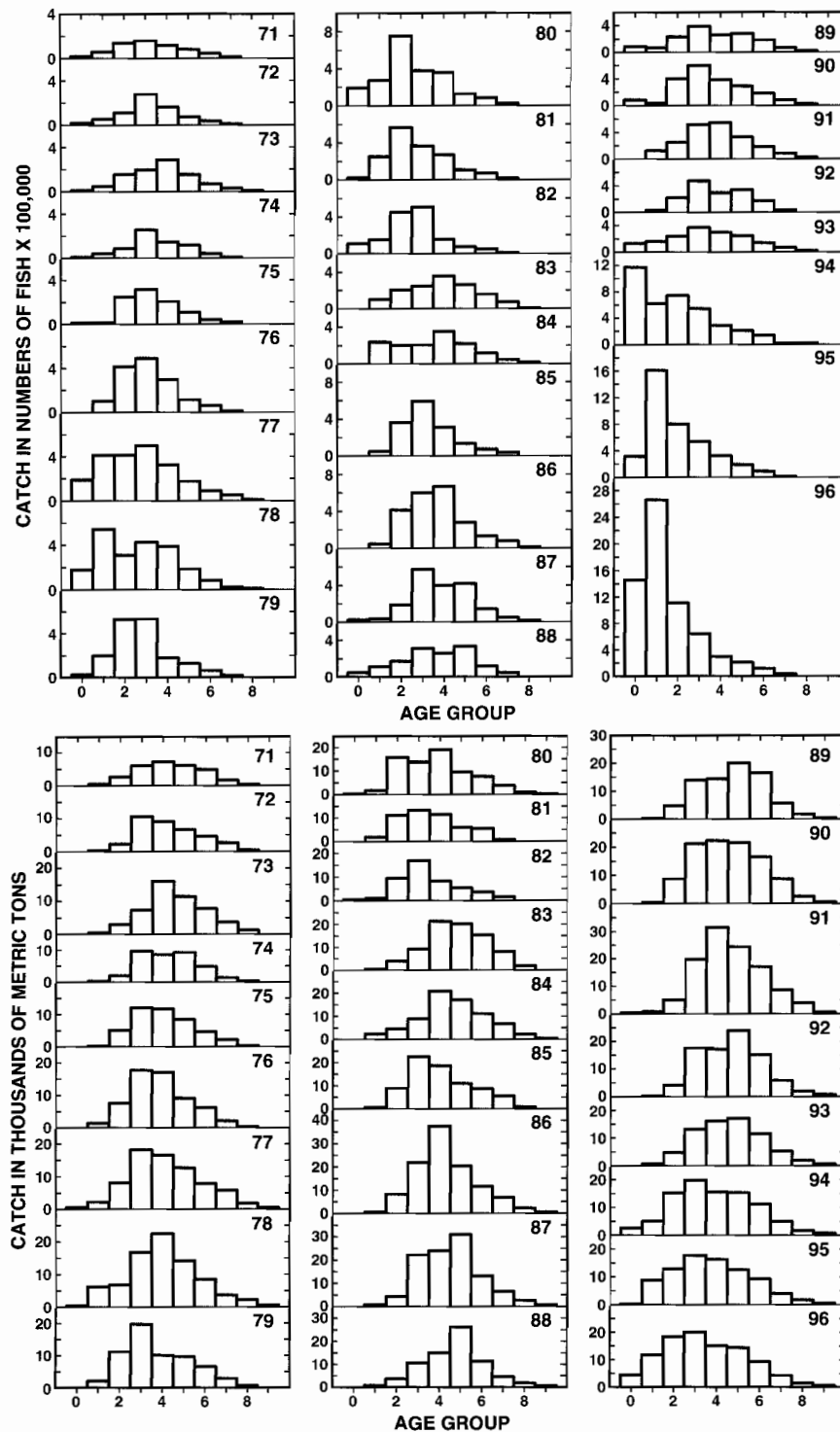
**FIGURA 60.** Estimaciones de las CPUE estandarizadas de patudo en el OPO.



**FIGURE 61.** Areas used for stratification of catches and length frequencies of longline-caught bigeye tuna in the EPO.

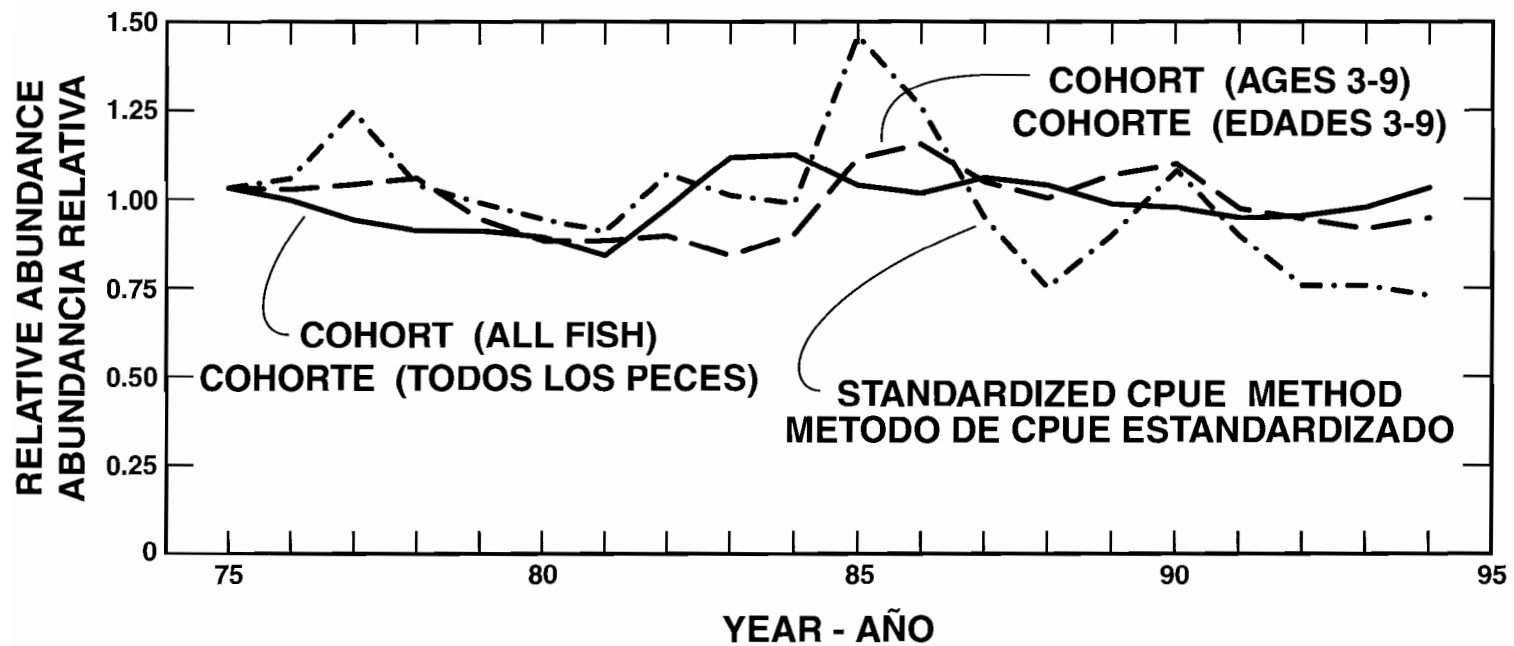
**FIGURA 61.** Areas usadas para la estratificación de las capturas y frecuencias de longitud de atunes patudo capturados con palangre en el OPO.





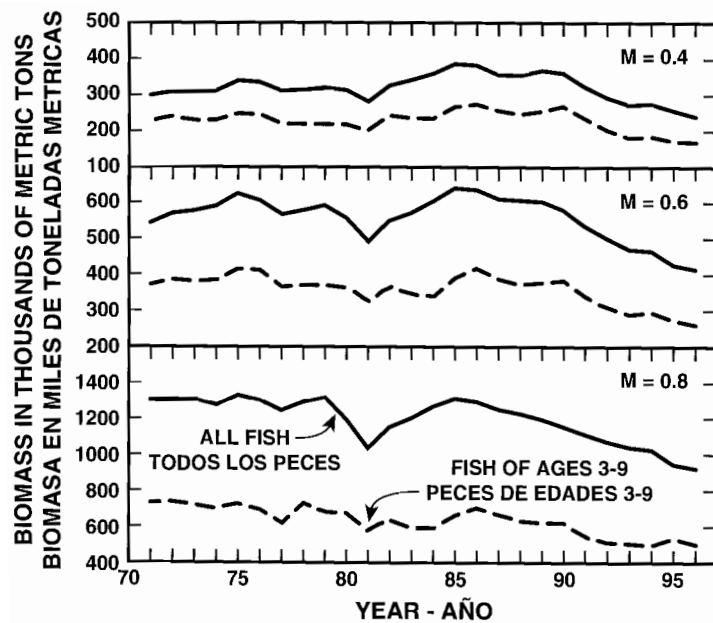
**FIGURE 62.** Estimated catches of bigeye tuna of ages 0 through 9 in the EPO.

**FIGURA 62.** Capturas estimadas de atunes patudo de 0 a 9 años de edad en el OPO.



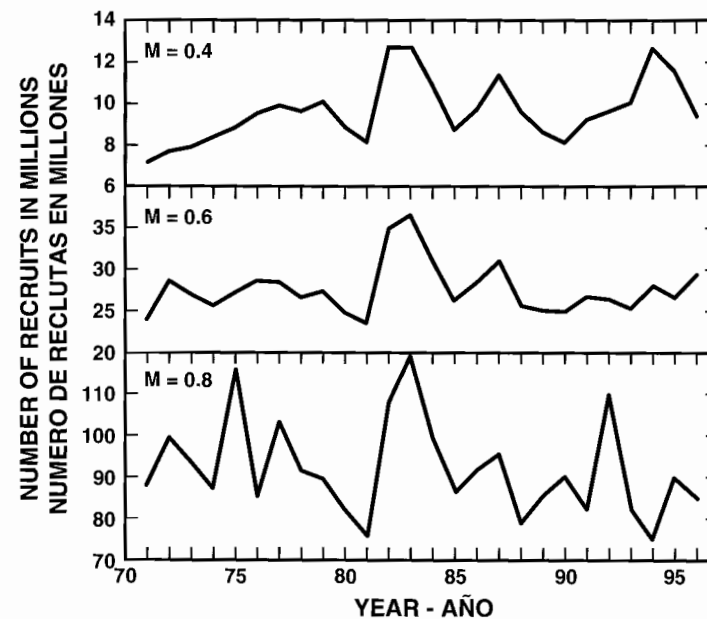
**FIGURE 63.** Comparison of two estimates of the relative abundance of bigeye tuna in the EPO, in numbers of fish, obtained by cohort analyses with  $M = 0.6$ , to data for standardized CPUEs. All three indices were adjusted to averages of 1.0.

**FIGURA 63.** Comparación de dos estimaciones de la abundancia relativa del atún patudo en el OPO, en número de pescados, obtenido de análisis de cohortes con  $M = 0,6$ , con datos de CPUE estandarizadas. Se ajustaron los tres índices a un promedio de 1,0.



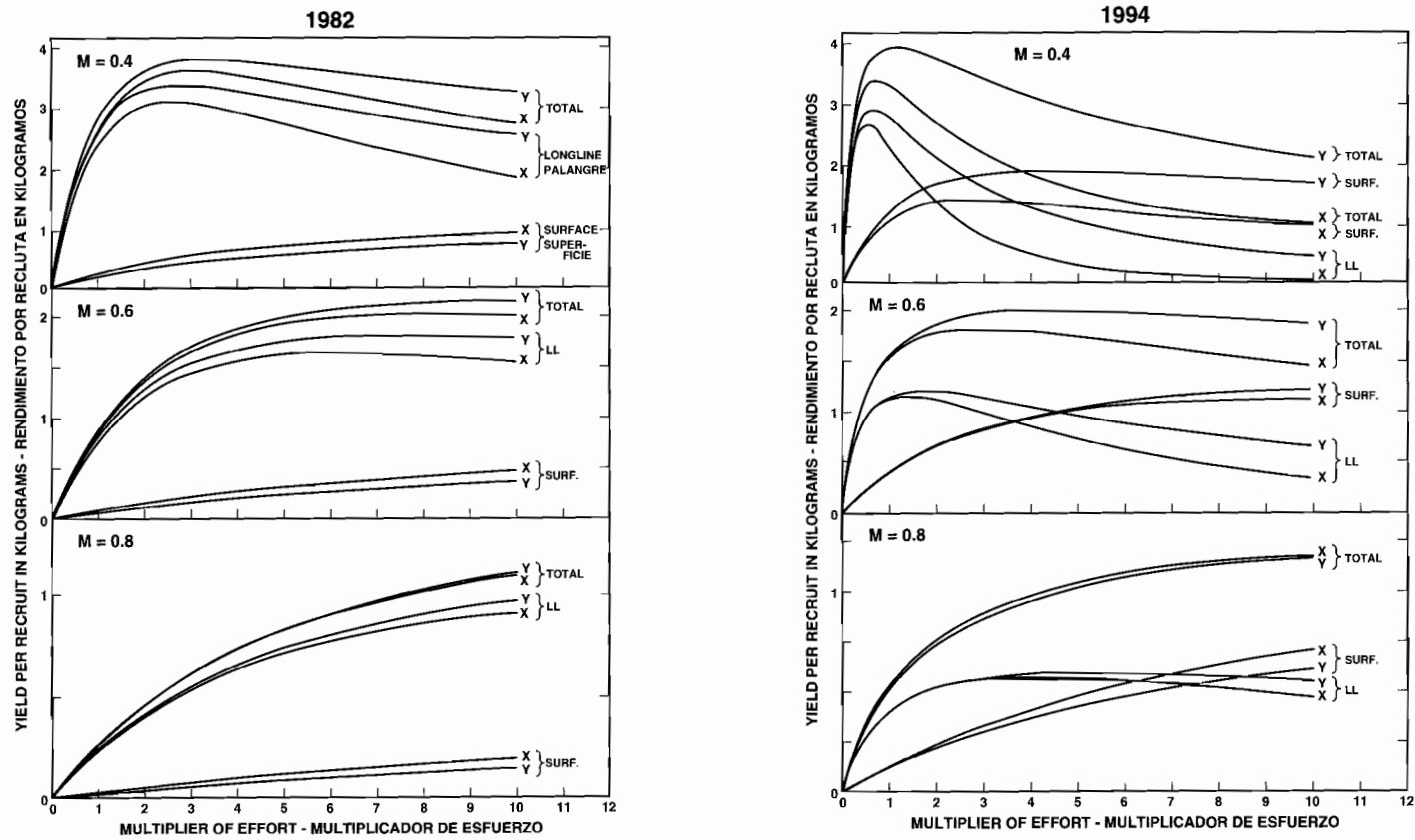
**FIGURE 64.** Estimates, obtained from cohort analyses, of average biomasses of bigeye tuna.

**FIGURA 64.** Estimaciones, obtenidas de análisis de cohortes, de la biomasa promedio del atún patudo.

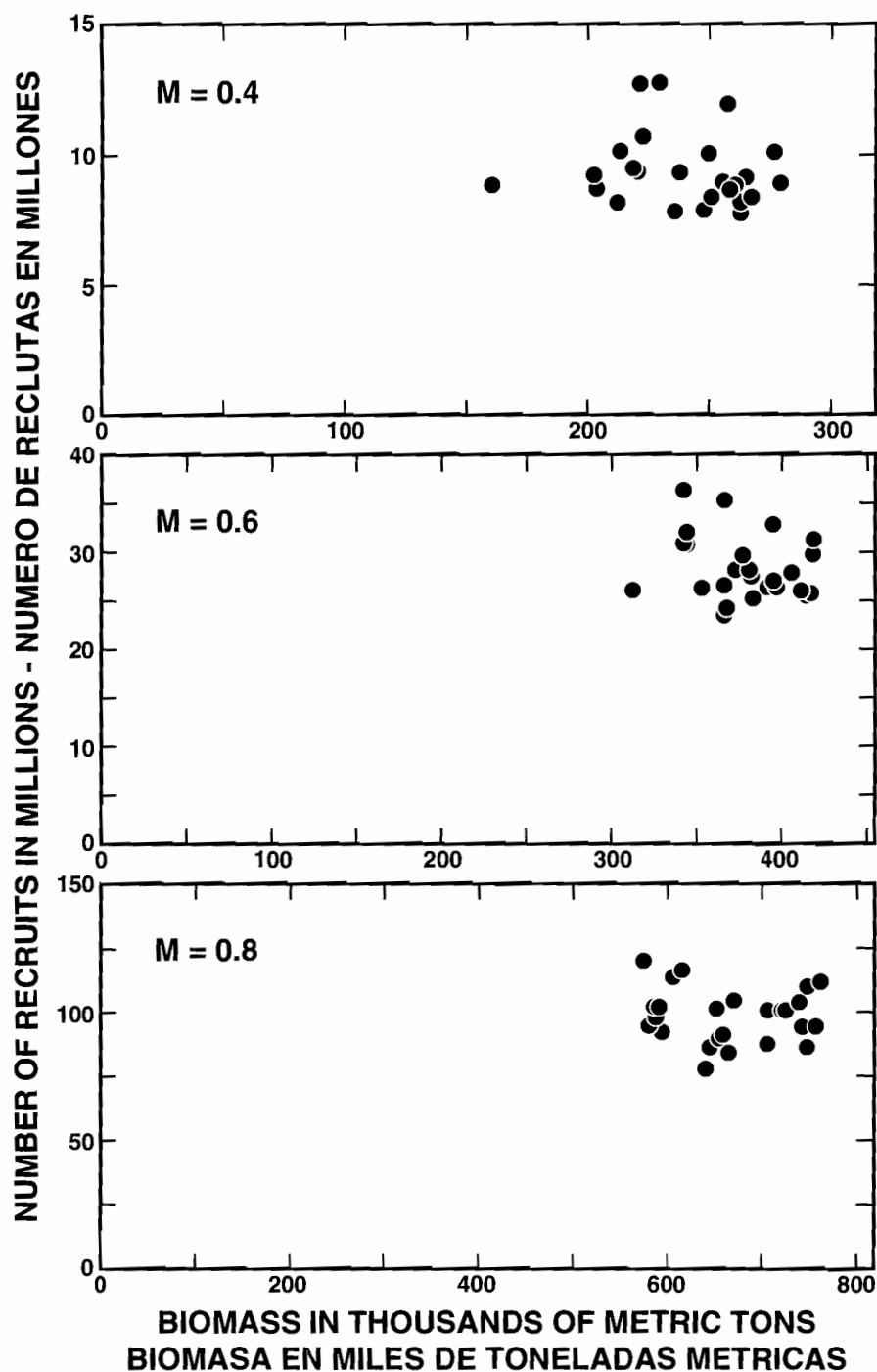


**FIGURE 65.** Estimates, obtained from cohort analyses, of recruitment of bigeye tuna, of the X and Y cohorts combined, in the EPO.

**FIGURA 65.** Estimaciones, obtenidas de análisis de cohortes, del reclutamiento de atún patudo, de las cohortes X e Y combinadas, en el OPO.

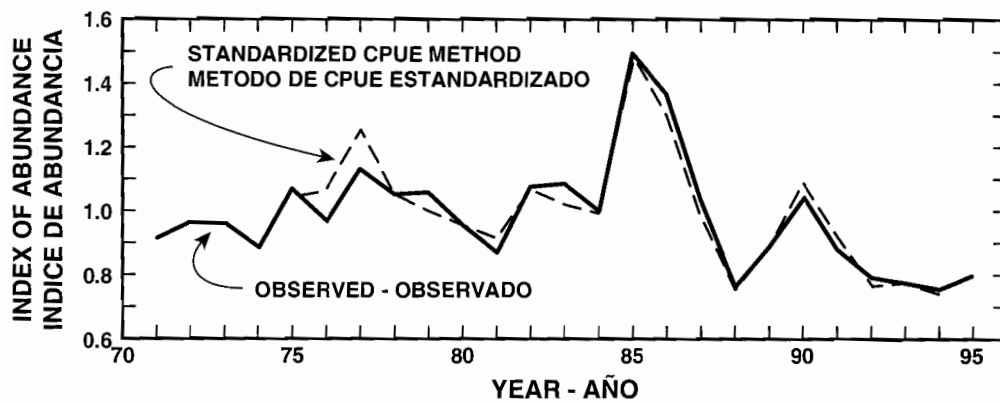


**FIGURE 66.** Yields per recruit for bigeye tuna with various multiples of the fishing effort of 1982 and 1994.  
**FIGURA 66.** Rendimientos por recluta del atún patudo con varios múltiplos del esfuerzo de pesca de 1982 y 1994.



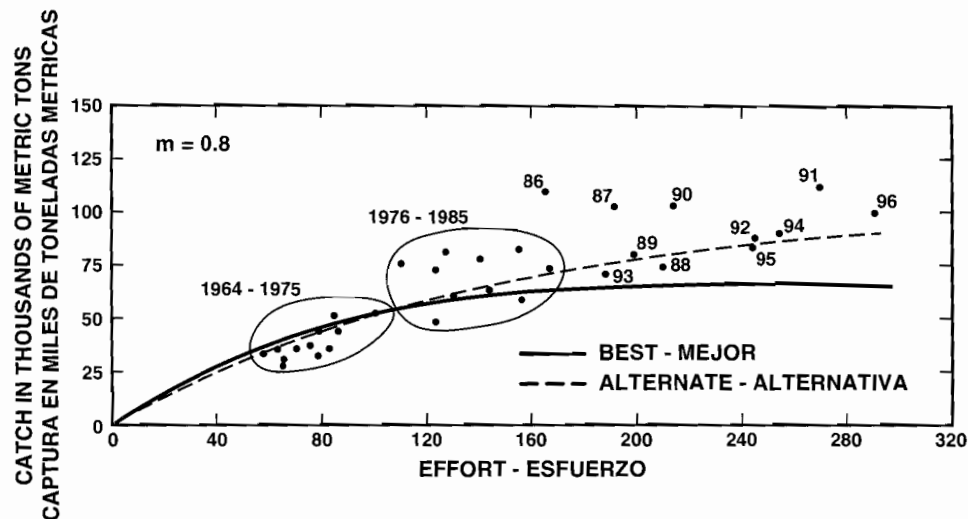
**FIGURE 67.** Relationships between estimates of recruitment and biomass of bigeye tuna of ages 3-9[, in thousands of metric tons,] in the EPO, obtained from cohort analyses, 1971-1995.

**FIGURA 67.** Relaciones entre las estimaciones de reclutamiento y biomasa de atunes patudo de entre 3 y 9 años de edad, en miles de toneladas métricas, en el OPO, obtenidas de análisis de cohortes, 1971-1995.



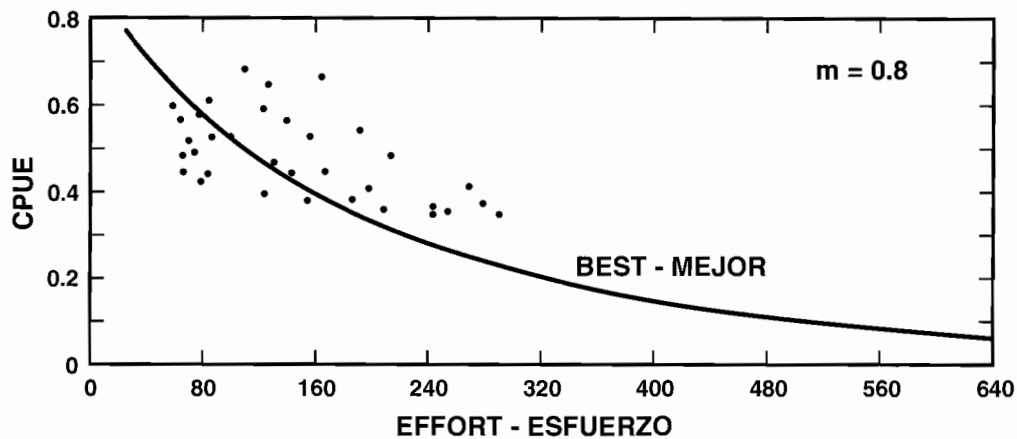
**FIGURE 68.** Indices of abundance of bigeye tuna in the EPO derived from catches per hook and from a generalized linear model. Both sets of values are adjusted to a mean of 1.0.

**FIGURA 68.** Índices de la abundancia del atún patudo en el OPO derivadas de capturas por anzuelo y de un modelo lineal generalizado. Ambos conjuntos de valores están ajustados a un promedio de 1.0.



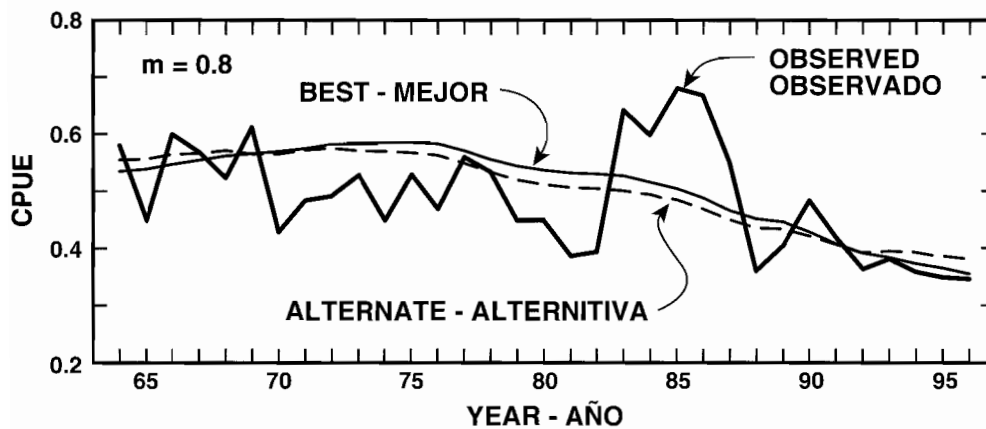
**FIGURE 69.** Estimates, from production modeling, of the relationships between the total catch of bigeye tuna and the total effort, standardized to longline effort in millions of hooks, for two values of optimum effort. The dots indicate observed values, and the curves indicate expected catches under equilibrium conditions.

**FIGURA 69.** Estimaciones, del modelado de producción, de las relaciones entre la captura total de atún patudo y el esfuerzo total, estandarizado al esfuerzo palangrero en millones de anzuelos, correspondientes a dos valores de esfuerzo óptimo. Los puntos indican valores observados, y las curvas las capturas esperadas bajo condiciones de equilibrio.



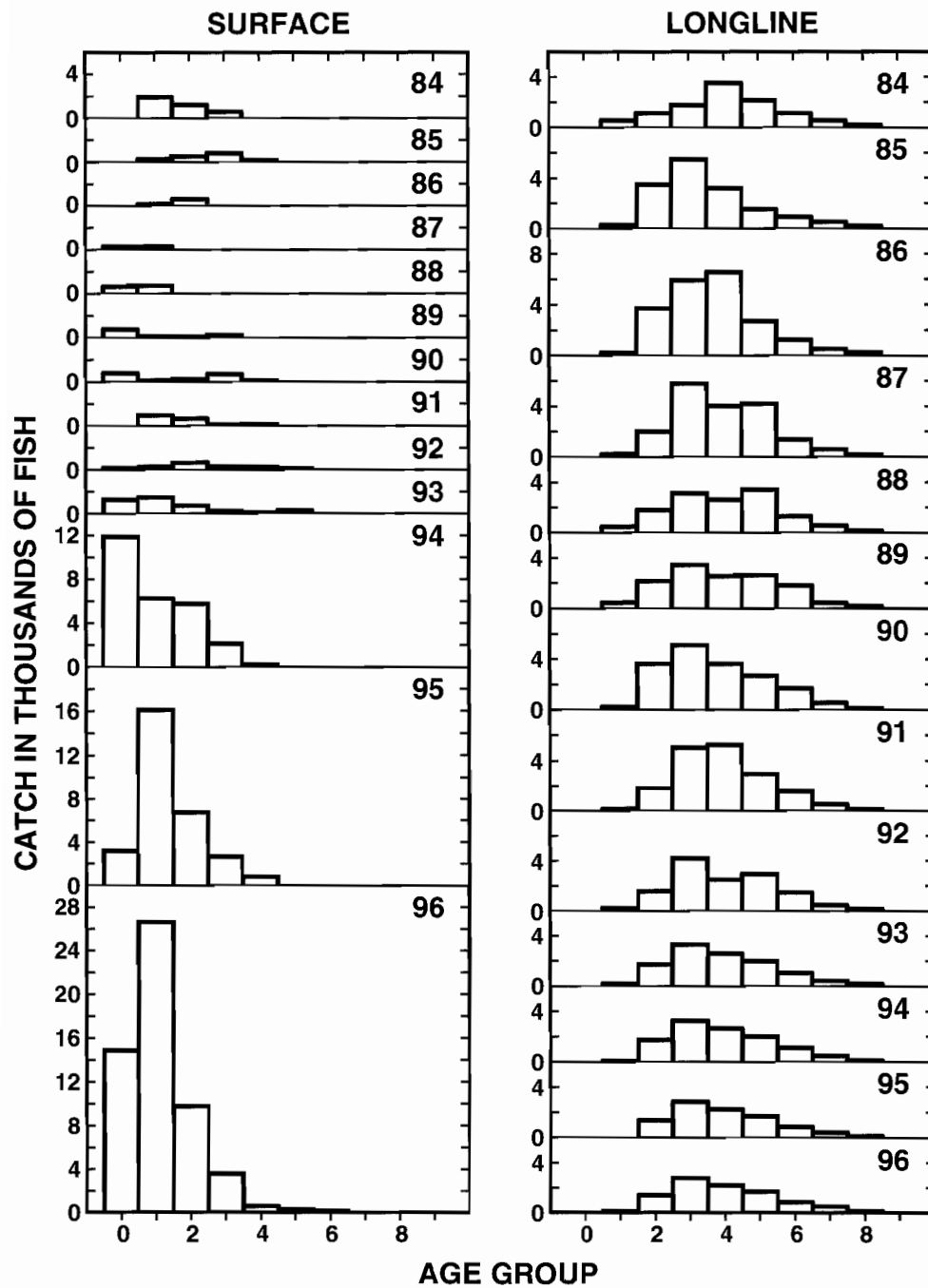
**FIGURE 70.** Estimates, from production modeling, of the relationships between longline CPUE of bigeye tuna, in metric tons per thousand hooks, and total effort, standardized to longline effort in millions of hooks, for the best fit with  $m = 0.8$ . The dots indicate observed values, and the curves indicate expected catches under equilibrium conditions.

**FIGURA 70.** Estimaciones, del modelado de producción, de las relaciones entre la CPUE palangrera de atún patudo, en toneladas métricas por mil anzuelos, y el esfuerzo total, estandarizado al esfuerzo palangrero en millones de anzuelos, correspondientes al mejor ajuste con  $m = 0.8$ . Los puntos indican valores observados, y las curvas las capturas esperadas bajo condiciones de equilibrio.



**FIGURE 71.** Temporal trends for the longline CPUE of bigeye tuna, in metric tons per thousand hooks, in the EPO, and trends predicted with production modeling for the best fit and the alternate fit.

**FIGURA 71.** Tendencias temporales en la CPUE palangrera de atún patudo, en toneladas métricas por mil anzuelos, en el OPO, y tendencias predichas con el modelo de producción correspondientes al mejor ajuste y al ajuste alternativo.



**FIGURE 72.** Estimated catches of bigeye tuna of ages 0 through 9, in thousands of fish, in the EPO by the surface and longline fisheries.

**FIGURA 72.** Capturas estimadas de atunes patudo de edad 0 a 9, en miles de pescados, en el OPO por las pesquerías de superficie y palangrera.