

---

# **ANNUAL REPORT**

of the

**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

**1993**

---

# **INFORME ANUAL**

de la

**Comisión Interamericana del Atún Tropical**

---

La Jolla, California  
1994

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

	Page
INTRODUCTION .....	5
COMMISSION MEETINGS .....	6
ADMINISTRATION .....	12
Budget.....	12
Financial statement.....	12
INTER-AGENCY COOPERATION .....	12
VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS .....	14
FIELD STATIONS .....	14
PUBLICATIONS .....	15
THE FISHERY .....	15
Statistics of catches and landings .....	15
The eastern Pacific tuna fleet.....	17
REGULATION OF THE FISHERY .....	19
RESEARCH .....	19
Tuna-billfish program.....	19
Tuna-dolphin program.....	48
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1992 AND OUTLOOK FOR 1993.....	63
Yellowfin.....	63
Skipjack .....	77
Northern bluefin .....	82
Bigeye .....	89
Black skipjack .....	92
<hr/>	
<b>FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS.....</b>	<b>94</b>

**VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION**

	Página
INTRODUCCION.....	195
REUNIONES DE LA COMISION.....	196
ADMINISTRACION.....	202
Presupuesto.....	202
Informe financiero.....	202
COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES.....	202
CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA.....	204
OFICINAS REGIONALES.....	205
PUBLICACIONES.....	205
LA PESQUERIA.....	206
Estadísticas de capturas y desembarcos.....	206
La flota atunera del Pacífico oriental.....	208
REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA.....	209
LA INVESTIGACION.....	210
Programa atún-picudo.....	210
Programa atún-delfin.....	241
CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1992 Y PERSPECTIVAS PARA 1993.....	256
Aleta amarilla.....	256
Barrilete.....	272
Aleta azul del norte.....	277
Patudo.....	284
Barrilete negro.....	288
<hr style="width: 30%; margin: 10px auto;"/>	
<b>APPENDIX 1—ANEXO</b>	
STAFF—PERSONAL.....	290
<b>APPENDIX 2—ANEXO 2</b>	
RESOLUTIONS AND DECLARATION PASSED AT INTERGOVERNMENTAL MEETING OF JUNE 9-10, 1993— RESOLUCIONES Y DECLARACION APROBADAS EN LA REUNION INTERGUBERNAMENTAL DEL 9-10 DE JUNIO DE 1993.....	295
<b>APPENDIX 3—ANEXO 3</b>	
RESOLUTIONS PASSED AT INTERGOVERNMENTAL MEETING OF OCTOBER 26-27, 1993—RESOLUCIONES APROBADAS EN LA REUNION INTERGUBERNAMENTAL DEL 26-27 DE OCTUBRE DE 1993.....	309
<b>APPENDIX 4—ANEXO 4</b>	
FINANCIAL STATEMENT—DECLARACION FINANCIERA.....	311
<b>APPENDIX 5—ANEXO 5</b>	
CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1993—CONTRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADAS DURANTE 1993.....	315

**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1993**

**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 1993**

**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 Nanni Echandi.....	1990

**UNITED STATES OF AMERICA**

Lee F. Payne.....	1950-1961 <sup>1</sup>
Milton C. James.....	1950-1951
Gordon W. Sloan.....	1951-1957
John L. Kask.....	1952
John L. Farley.....	1953-1956
Arnie J. Suomela.....	1957-1959
Robert L. Jones.....	1958-1965 <sup>2</sup>
Eugene D. Bennett.....	1950-1968 <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>
Steven E. Schanes.....	1973-1974
Robert C. Macdonald.....	1973
Wilvan G. Van Campen.....	1974-1976
Jack Gorby.....	1975-1992
Glen H. Copeland.....	1976-1977
Wymberley Coerr.....	1977-1988
Henry R. Beasley.....	1986
Mary L. Walker.....	1988
Jack Bowland.....	1992

**PANAMA**

Miguel A. Corro.....	1953-1957
Domingo A. Diaz.....	1953-1957
Walter Myers, Jr.....	1953-1957
Juan L. de Obarrio.....	1958-1980
Richard Eisenmann.....	1958-1960
Gabriel Galindo.....	1958-1960
Harmodio Arias, Jr.....	1961-1962
Roberto Novoy.....	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.....	1984-1988
Carlos E. Icaza E.....	1985-1988
Dalva H. Arosemena M.....	1988-1990
Jesus A. Correa G.....	1989
Jorge Lymberopulos.....	1989
Carlos E. Icaza E.....	1990-1991
José Antonio Icaza.....	1990-1991
Roy E. Cardoze.....	1990
Jorge Lymberopulos.....	1991
Juan Antonio Varela.....	1991

**ECUADOR**

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

**MEXICO**

Rodolfo Ramírez G.....	1964-1966
Mauro Cárdenas F.....	1964-1968
Hector Chapa Saldaña.....	1964-1968
Maria Emilia Téllez B.....	1964-1971
Juan Luis Cifuentes L.....	1967-1970
Alejandro Cervantes D.....	1960-1978
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
G. Ernest Waring.....	1970-1976
S. Noel Tibbo.....	1970-1977
James S. Beckett.....	1977-1984
Michael Hunter.....	1981-1984

**JAPAN**

Tomonari Matsushita.....	1971-1973
Shoichi Masuda.....	1971-1985
Fumihiko Suzuki.....	1971-1972
Seiya Nishida.....	1972-1974
Kunio Yonezawa.....	1973-1979
Harunori Kaya.....	1974-1976
Michio Mizoguchi.....	1976-1977
Michihiko Junhiro.....	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
Shigenobu Kato.....	1989-1991
Kouji Imamura.....	1989-1992
Koichiro Seki.....	1991
Masahiro Ishikawa.....	1992

**FRANCE**

Serge Garache.....	1973-1983
Robert Letaconnoux.....	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

**NICARAGUA**

Gilberto Bergman Padilla.....	1973-1980
Antonio Flores Arana.....	1973-1978
José B. Godoy.....	1976-1980
Octavio Gutiérrez D.....	1977-1980
Jamil Urroz E.....	1977-1985
Abelino Aróstegui Valladares.....	1985-1988
Sergio Martínez Casco.....	1988

**VANUATU**

Richard Carpenter.....	1991
Doroday Kenneth.....	1991

**VENEZUELA**

Francisco Herrera Terán.....	1992
------------------------------	------

<sup>1</sup> Deceased in service April 10, 1961

<sup>2</sup> Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

<sup>3</sup> Deceased in service April 26, 1965

<sup>4</sup> Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

<sup>5</sup> Deceased in service December 18, 1965

<sup>6</sup> Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1965

<sup>7</sup> Deceased in service May 5, 1973

<sup>8</sup> Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

<sup>9</sup> Deceased in service October 16, 1975

<sup>10</sup> Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975

**ANNUAL REPORT OF THE  
INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION, 1993**

**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, Costa Rica in 1979, and Canada in 1984. Costa Rica re-adhered to the convention in 1989.

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 with a view to determining the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (2) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches. 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, and (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.

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

The scientific program is now in its 43rd 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, 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 intergovernmental meeting held in conjunction with the 50th meeting of the IATTC, which took place on June 16-18, 1992. (That agreement is reproduced as Appendix 2 of the IATTC Annual Report for 1992.) The proceedings of the IATTC, IRP, and SAB meetings, but not the intergovernmental meetings, are summarized in this section.

#### FIFTY-FIRST MEETING OF THE IATTC

The Commission held its 51st meeting in Port Vila, Vanuatu, on June 8-10, 1993. Mr. Richard Carpenter of Vanuatu served as Chairman. Representatives of seven member governments attended the meeting, as did observers from Colombia, Mexico, the Republic of China, the Russian Federation, the Seychelles, Spain, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the Forum Fisheries Agency, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, the South Pacific Commission, the Association Robin de Bois, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza, Greenpeace International, and the Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Adoption of agenda
3. Review of current tuna research
4. The 1992 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 for 1993
9. Recommended research program and budget for FY 1994-1995
10. Place and date of next meeting
11. Election of officers
12. Other business
13. Adjournment

At the request of one of the Commissioners, after completing Agenda items 1 through 7, Agenda item 9 was discussed, and the following action was taken:

(1) The Commission agreed to a proposed budget of \$4,865,250 for the 1994-1995 fiscal year.

The Commission meeting was recessed on June 9, 1993, and an intergovernmental meeting, involving all the national representatives at the Commission meeting, as either participants or observers, was convened. Two resolutions and one declaration (Appendix 2) were adopted at this meeting. (The declaration was not supported by the U.S. delegation.)

After the intergovernmental meeting was adjourned on June 10, the Commission meeting was reconvened, and the following actions were taken:

(2) A resolution regarding the release of data collected by observers aboard tuna vessels to the governments concerned was passed. This resolution reads as follows:

*The Inter-American Tropical Tuna Commission*, at its 51st Meeting, held in Port Vila, Vanuatu, on June 8-10, 1993:

*Recognizing that* data concerning the individual activities of a fishing vessel collected by observers of national and international programs aboard purse-seine vessels of greater than 400 short tons carrying capacity operating in the eastern Pacific Ocean must be available to governments and national and international programs in order to achieve the objectives of the International Dolphin Conservation Program, and

*Noting that* such data cannot be released without the written consent of the owner and captain of the vessel in question,

*Therefore recommends* that observers not be placed aboard the vessels mentioned above without first receiving a signed release from the owner and fishing captain of said vessels.

(3) The IATTC staff recommended a catch quota of 250,000 short tons for yellowfin tuna in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) during 1993, with the option to increase this limit by up to four increments of 25,000 tons each due to uncertainty regarding the size composition of the fish in the catch during the remainder of the year. The rationale for this recommendation is given in Background Paper 2 prepared for the meeting, which is available from the IATTC on request. The Commission adopted the following resolution regarding a yellowfin conservation program for 1993:

*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 1992, 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 1993.

*The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends to the High Contracting Parties* that a quota of 250,000 short tons be established for the 1993 calendar year on the total catch of yellowfin tuna from the CYRA (as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962), and that the Director should be authorized to increase this limit by no more than four successive increments of 25,000 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 1993.

(4) The Commission agreed that its next meeting would be held in Caracas, Venezuela, on June 7-9, 1994.

(5) The Commission elected Dr. Francisco Herrera Terán of Venezuela and Mr. Juan Varela of Panama as Chairman and Secretary, respectively, of the next meeting of the IATTC.

#### **FIFTY-SECOND MEETING OF THE IATTC**

The IATTC held its 52nd meeting in La Jolla, California, on October 26 and 27, 1993. Dr. Francisco Herrera Terán of Venezuela served as Chairman. Representatives of six member governments attended the meeting, as did observers from Colombia, Mexico, Spain, the European Economic Community, the Fishermen's Coalition, and the Fundación para la Defensa de la Naturaleza.

The following agenda was adopted:

1. Opening of the meeting
2. Adoption of agenda
3. A review of the 1993 fishing year to date
4. Review of International Dolphin Conservation Program to date
5. Other business
6. Adjournment

The principal purpose of the IATTC meeting was to provide the latest information on the International Dolphin Conservation Program to the representatives of the member and observer nations to enable them to make a rational decision regarding reduction of the overall Dolphin Mortality Limit for 1994 at the intergovernmental meeting which was to follow.

The IATTC meeting was recessed on October 26, 1993, and an intergovernmental meeting, involving all the national representatives at the IATTC meeting, either as participants or observers, was convened. Three resolutions (Appendix 3) were adopted at this meeting. (The U.S. delegation abstained during the voting for the second resolution.)

After the intergovernmental meeting was adjourned on October 27, the IATTC meeting was reconvened. Some miscellaneous business matters were discussed at the IATTC meeting, and then it was adjourned on October 27.

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

The second meeting of the International Review Panel (IRP) was held in La Jolla, California, USA, on January 27-29, 1993. Representatives of Colombia, Mexico, the United States, Vanuatu, Venezuela, the American Tunaboat Association, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera of Mexico, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA), and Greenpeace International participated in the meeting. Mr. Héctor López Rojas of FUDENA served as the Presider.

The agenda consisted of the following items:

1. Opening
2. Election of a Presider
3. Approval of Agenda
4. Approval of Minutes of October Meeting
5. Dolphin Mortality Limits (DMLs)
  - a) Review of 1993 assignments
  - b) Adjustment of 1993 DMLs
  - c) Standardized criteria to judge whether DMLs will be utilized

- d) Disposition of DMLs when vessels change status
- 6. Infractions and Sanctions
  - a) Circulation of recommended Infractions and Sanctions to governments
  - b) Report of working group on International Sanctions
- 7. Means to monitor compliance with dolphin conservation program
  - a) Handling of observer data
  - b) Reporting to governments
  - c) Matters of confidentiality
- 8. Rules of Procedure
- 9. Place and date of next meeting
- 10. Other business
- 11. Adjournment

The IRP agreed that the minutes for each meeting would be made public, but that the proceedings of the meetings would not be made public and that confidential information would not be included in the minutes.

Dolphin Mortality Limits (DMLs) were discussed at length. (Each vessel which announces to its government its intention to fish for tunas associated with dolphins in the eastern Pacific Ocean during a particular year can be assigned a DML, approximately equal to the limit for all vessels for that year divided by the number of vessels awarded DMLs. The overall limit for 1993, set in the Agreement for the Conservation of Dolphins, was 19,500 animals.) Among the items discussed were confidentiality of information on DMLs for individual vessels, adjustment of DMLs (Item 3 of the Agreement for the Conservation of Dolphins), a bond system for vessels applying for DMLs (to discourage frivolous applications for DMLs), criteria for qualification for being issued DMLs, limited entry into the fishery, allocation of unutilized DMLs, and procedures to be followed if a vessel with a DML changes its flag at a time other than the end of a year. The IRP agreed that if a vessel with a DML changed its flag during the year it would take its DML with it, so that the two countries involved would not have to reallocate the DMLs for their fleets. It was agreed that a group of experts would meet prior to the next IRP meeting to study options for criteria for issuing DMLs and report its findings to the IRP.

The next major item of discussion was infractions of guidelines for minimizing the mortalities of dolphins during fishing operations and sanctions for such infractions. A list of infractions and sanctions which was prepared during the first meeting of the IRP, which took place on October 15-16, 1992, was discussed, and it was agreed that the list would be distributed to all governments party to the Agreement. Prior to the second meeting of the IRP, a working group of legal and economic experts had met to discuss options to ensure compliance with the International Dolphin Conservation Program by the nations involved in the fishery, regardless of whether they were party to the Agreement. A report prepared by that working group was submitted to the IRP. The IRP prepared a "Recommendation of the Review Panel with Respect to the Report of the Group of Experts," and its members agreed to submit this recommendation and the report of the working group, through the Secretariat, to all governments party to the Agreement for their consideration.

The third major item of discussion was means to monitor compliance with the International Dolphin Conservation Program. It was agreed that data gathered by observers for trips of individual vessels would be confidential, but there was disagreement concerning the confidentiality of combined data for all trips of vessels of individual countries.

It was agreed that the next meeting of the IRP would be held in La Jolla, California, USA, on May 31-June 2, 1993.

### THIRD MEETING OF THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL

The third meeting of the International Review Panel (IRP) of the IATTC was held in La Jolla, California, USA, on May 31-June 2, 1993. Representatives of the governments of Colombia, Mexico, the United States, and Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza, and Greenpeace International attended the meeting. Dr. Francisco Herrera Terán of Venezuela was elected as Presider for the meeting.

The agenda consisted of the following items:

1. Opening
2. Election of a Presider
3. Approval of Agenda
4. Approval of Minutes of January 1993 Meeting
5. Dolphin Mortality Limits
  - a) Review of 1993 assignments
  - b) Allocation of 1993 second semester assignments
  - c) Progress to date
  - d) Standard criteria for issuing DMLs
    - i) Report of the Working Group
    - ii) Recommendations of the Panel
6. Review of Dolphin Conservation Program
  - a) Examination of observed trip summary reports
  - b) Report to governments
7. Infractions and Sanctions
  - a) Current and future status of infractions circulated to governments
  - b) Current and future status of Report of IRP on international sanctions and recommendations
8. Place and date of next meeting
9. Other business
10. Adjournment

It was announced that eight vessels which did not have dolphin-mortality limits (DMLs) during the first half of 1993 had been granted DMLs of 91 animals each for the second half of 1993.

IATTC staff members presented preliminary data indicating that the mortalities of dolphins due to the fishery had been considerably less than anticipated during the first five months of 1993. It was suggested by Greenpeace International that the overall annual limits for dolphin mortalities, beginning with that for 1994, might be reduced. A report was prepared as the basis for discussion of this matter at the IATTC meeting of June 8-10, 1993.

It was noted that many vessels which had been granted DMLs had not used them so far in 1993, which prompted a discussion of the criteria for awarding DMLs. It was agreed that the criteria need revision and/or clarification, and a working group prepared a revised list of criteria which was approved by the attendees.

Infractions of rules regarding equipment and fishing practices were discussed. It was reported that a list of infractions and possible sanctions had been distributed to the governments of the nations with vessels participating in the fishery, but that not all of these nations had passed laws regarding penalties for infractions. A draft of a protocol on enforcement of the Agreement for the Conservation of Dolphins passed at the intergovernmental meeting held in conjunction with the 50th meeting of the IATTC was prepared, and it was agreed that it would be discussed further at the next meeting of the IRP in October 1993.

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

The fourth meeting of the International Review Panel (IRP) was held in La Jolla, California, USA, on October 28-29, 1993. Dr. Francisco Herrera Terán of Venezuela presided at the meeting, which was attended by representatives of Colombia, Mexico, Panama, the United States, Vanuatu, Venezuela, the Cámara Nacional de la Industria Pesquera) of Mexico, the Fundación para la Defensa de la Naturaleza of Venezuela, and the U.S. Tuna Foundation.

The agenda consisted of the following items:

1. Opening of the meeting
2. Election of the Presider
3. Approval of the Agenda
4. Approval of the minutes of the June 1993 meeting
5. Dolphin Mortality Limits
6. Review of compliance with the International Dolphin Conservation Program
7. Infractions and sanctions
8. Possible expansion of the IRP and its Rules of Procedure
9. Labelling
10. Place and date of next meeting
11. Other business
12. Adjournment

Most of the meeting was devoted to discussion of the many problems associated with imposing sanctions on vessels which fail to comply with the International Dolphin Conservation Program. (It should be noted that the number of violations was less than expected, and most of the violations were not serious.) Among the other subjects discussed was modification of the Rules of Procedure of the IRP to permit membership of representatives of all governments with vessels participating in the fishery. (The current Rules of Procedure state that the membership of the review panel will include representatives of five governments.)

It was agreed that the next meeting of the IRP would be held in Ensenada, Baja California, Mexico, on January 26-28, 1994.

#### **FIRST MEETING OF THE SCIENTIFIC ADVISORY BOARD**

The first meeting of the Scientific Advisory Board (SAB) was held in San Diego, California, USA, on April 14-15, 1993. The SAB's functions are to review proposals, plans, and programs of the IATTC directed toward (1) progressively reducing mortality of dolphins in the tuna fishery of the eastern Pacific Ocean (EPO) to levels approaching zero and (2) seeking means of capturing large yellowfin tuna not associated with dolphins, while maintaining the population of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches of that species. Thirty-nine people attended all or parts of the meeting. The participants included fishermen and biologists from Mexico and the United States, gear experts from Israel, Norway, and the United States, and IATTC staff members. The following topics were discussed at the meeting: review of the current fishery; tuna and dolphin behavior; proposed changes to purse seines and to auxiliary gear used during purse-seining operations; systems for detecting the presence of fish; and alternate fishing methods not involving the use of purse seines. It was agreed that before the next meeting about eight to ten individuals, representing a broad spectrum of expertise, would be appointed to the SAB.

## ADMINISTRATION

### BUDGET

At its 49th meeting, held in Tokyo, Japan, on June 18-20, 1991, the Commission unanimously approved the budget for the 1992-1993 fiscal year, submitted by the Director, in the amount of \$4,423,824. However, the final amount received from the member nations during the 1992-1993 fiscal year was \$3,016,731 a shortfall of \$1,407,093 relative to the amount which was recommended and approved. As a consequence, some planned research had to be curtailed.

### FINANCIAL STATEMENT

The Commission's financial accounts for fiscal year 1992-1993 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 1993, 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 ancillary 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 supervised the research of some students at that institution during 1993. Mr. Michael G. Hinton and Ms. Cleridy E. Lennert were registered as graduate students at SIO during 1993.

Drs. Joseph and Deriso also serve as members of the faculty of the University of Washington, Seattle, Washington, USA, and Dr. Joseph serves as a member of the faculty of the Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, Mexico. Drs. Deriso, Pablo R. Arenas, Daniel Margulies, and Robert J. Olson served on committees which supervised the research of graduate students at various universities during 1993.

The cordial and productive relationships which the IATTC has enjoyed with the Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), the Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), the South Pacific Commission (SPC), and other international organizations have continued for many years. For example, Drs. Richard B. Deriso, William H. Bayliff, and Alexander Wild served as members of the FAO Expert Consultation on Interactions of Pacific Ocean Tuna Fisheries, sponsored by FAO, during 1993. Dr. Deriso served as Chairman of the working group on eastern Pacific yellowfin and Co-chairman of the working group on skipjack, and Dr. Bayliff served as Chairman of the working group on northern bluefin. To help achieve the objectives of this program, FAO has provided funding for two computer simulation studies which are being conducted by the IATTC staff and for publication of the IATTC Special Report on tagging of tunas and billfishes listed in Appendix

5. Dr. Ashley J. Mullen was granted a 2 1/2-month leave of absence, beginning in mid-November 1993, to carry out a project for FAO. He spent most of that period in Indonesia and the Philippines, where he gathered data on the tuna fisheries of those countries so that the feasibility of studying interactions among the various fisheries for tunas could be assessed. Dr. James Joseph and Mr. Michael G. Hinton participated in an *Ad-Hoc* Consultation on the Role of Regional Fishery Agencies in Relation to High Seas Fishery Statistics, convened by FAO, in La Jolla, California, USA, on December 13-16, 1993. Dr. Joseph served as Chairman of the meeting. Staff members of the IATTC, the Southwest Fisheries Science Center (SWFSC) of the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), the Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines of Mexico, the University of Hawaii, and the University of Costa Rica conducted experiments involving simultaneous release of dolphins with radio transmitters and yellowfin tuna with sonic tags. These experiments are described in the section of this report entitled ***Tracking of dolphins and tunas***. Dr. Pablo R. Arenas assisted with the coordination of a research program involving the U.S. NMFS, the California Department of Fish and Game, and several research and management agencies in Mexico. The object of the program is to determine the population size and reproductive status of the California sardine, which inhabits waters off California and Baja California.

Also during 1993, 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. For example, Dr. James Joseph is a member of the Committee on Fisheries of the Ocean Studies Board of the U.S. National Academy of Sciences, and Dr. Richard B. Deriso is a member of the Scientific and Statistical Committee of the Western Pacific Fishery Management Council of the United States and the Review Committee for California Sea Grant. Staff members of the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., Mexico, the SWFSC of the U.S. NMFS, and the IATTC are currently conducting a joint study of the trophic interactions of yellowfin tuna, dolphins, and associated predators in the eastern Pacific Ocean. This work is described in the subsection of this report entitled ***Trophic interactions of tuna, dolphins, and associated predators***.

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 samples of gonads 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 are furnished to the IATTC staff for analysis.

Late in 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 five-year project, funded mostly by the OFCF, at the IATTC's Achotines Laboratory in Panama. The project encompasses research on: (1) the feasibility of culturing adult yellowfin tuna to supply larvae; (2) the production of food organisms for larval and juvenile tunas; and (3) the culture of broodstock snappers (Lutjanidae) and corvina-like fishes (Sciaenidae) and production of food organisms for their larvae and juveniles.

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.

The establishment by the IATTC of a research facility in Panama, described in the section entitled **FIELD STATIONS**, is giving the staff the opportunity to work more closely with Panamanian fisheries personnel. The presence of IATTC scientists at the Achotines Laboratory has made it possible to provide assistance to local scientists in the implementation of research projects on species other than tunas, *e.g.* snappers. Considerable progress has been made in the snapper program; this subject is discussed in the section entitled *Snapper resource studies*.

### VISITING SCIENTISTS AND STUDENTS

Mr. Felipe Galván-Magaña, a permanent employee of the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., Mexico, spent all of 1993 at the IATTC headquarters in La Jolla, California, where he worked with Dr. Robert J. Olson of the IATTC staff on trophic relationships of pelagic predators in the eastern Pacific Ocean.

Dr. Kathryn Dickson, a member of the faculty of California State University at Fullerton and a specialist in fish physiology, and three undergraduate student assistants, Andrew Clark, Michael Hansen, and Gary Hunt, spent approximately 3 weeks at the Achotines Laboratory during January 1993, testing a recently-constructed swimming-tunnel respirometer for use on young tunas. Dr. Dickson is preparing for a research project to be conducted at the Achotines Laboratory to measure metabolic rates of juvenile tunas swimming at speeds up to the maximal aerobic speed or critical speed, the maximum speed a fish is able to sustain for a prescribed period of time.

Dr. Bernard Stequert of the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) spent the period of February 15- April 16, 1993, in La Jolla, where he worked with Dr. Alexander Wild on techniques used for preparation and analysis of otoliths for determination of the age of yellowfin tuna and with Mr. Kurt M. Schaefer on methods for studying the reproductive biology of tunas.

Mr. Robert W. Thacker, a graduate student at the University of Michigan, spent the period of February 3-March 16, 1993, at the Achotines Laboratory, where he studied the behavior of land hermit crabs, *Coenobita compressus*.

Two graduate students at the Universidad Nacional Autónoma de México, Ms. Sofia Ortega García and Ms. Ivonne Ortiz, spent time in La Jolla with Dr. Pablo R. Arenas of the IATTC staff, who participated in the supervision of their research.

Two IATTC staff members, Dr. Daniel Margulies and Mr. Kevin T. Bentler, spent time at the Japan Sea Farming Association's (JASFA) Yaeyama Station on Ishigaki Island during 1993, where they participated with JASFA personnel in studies of the culture and development of eggs and larvae of yellowfin and bluefin tunas and culture of food organisms for larval fish.

### FIELD STATIONS

The IATTC maintains field offices in Manta, Ecuador; Ensenada, Baja California, and Mazatlán, Sinaloa, Mexico; Panama, Republic of Panama; Mayaguez, Puerto Rico, USA; and Cumaná, Venezuela. The scientists and technicians stationed at these offices collect landings

statistics, abstract the logbooks of tuna vessels to obtain catch and effort data, measure fish and collect other biological data, and assist with the training and placement of observers aboard vessels participating in the 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 eliminate much of the uncertainty which currently exists in the staff's assessments of the condition of the various stocks of tunas. The IATTC plans to enlarge the laboratory facilities to accommodate the previously-described project involving the Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan, the government of Panama, and the IATTC. When that is completed, there will be more space for investigators from other agencies, such as Panama's Dirección General de Recursos Marinos and the University of Panama.

## 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 1993 the IATTC staff had published 137 Bulletins, 42 Annual Reports, 8 Special Reports, 6 books, and 407 chapters, papers, and articles in books and outside journals. The contributions by staff members published during 1993 are listed in Appendix 5 of this report.

## THE FISHERY

### STATISTICS OF CATCHES AND LANDINGS

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

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

Annual estimates of the catches of the various species of tunas and other fishes landed by vessels of the EPO fleet which fish for tunas with surface gear (see next section) are shown in Table 1. The sub-surface (longline) catches of yellowfin (*Thunnus albacares*), bluefin (*T. thynnus*), and bigeye (*T. obesus*) in the EPO are shown in Tables 29, 31, and 35, respectively. The catch data for skipjack (*Katsuwonus pelamis*) are essentially complete except for insignificant catches made by the longline, sport, and artisanal fisheries. The western Pacific and Atlantic Ocean catch data in Table 1 are not total catch estimates for those waters because data for vessels which had not fished in the EPO during the year in question are not included.

There were no restrictions on fishing for tunas in the EPO during the 1979-1992 period, so the statistics for 1993 are compared to those of 1979-1992. During this period, there was a major El Niño event that began in mid-1982 and persisted until late 1983. The catch rates in the EPO were low during the El Niño, which caused a shift of fishing effort from the eastern to the western Pacific, and the fishing effort remained relatively low during 1984-1986.

The average annual yellowfin catch in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA; Figure 1) during the 1979-1992 period was 207.6 thousand short tons (range: 91.4 to 294.7). The preliminary estimate of the 1993 yellowfin catch in the CYRA is 229.2 thousand tons. During the 1979-1992 period, the annual yellowfin catch from the area between the CYRA boundary and 150°W averaged 27.5 thousand tons (range: 13.5 to 51.9). The preliminary estimate of the yellowfin catch from this area for 1993 is 20.0 thousand tons. The estimated 1993 yellowfin catch from the EPO, 249.2 thousand tons, is well below the maximum of 319.2 thousand tons taken in 1989, although it is slightly greater than the 1979-1992 average, 235.1 thousand tons.

The average annual distribution of logged catches of yellowfin by purse seiners in the EPO during the 1979-1992 period is shown in Figure 2, and a preliminary estimate for 1993 is shown in Figure 3. As fishing conditions change throughout the year, the areas of greatest catches vary. The catch of yellowfin during the first quarter of 1993 was generally restricted to regions inside the CYRA, primarily in nearshore areas and along the Inter-Tropical Convergence Zone. Additionally, good fishing occurred offshore at about 10°S to 18°S between 80°W and 90°W. During the second quarter, catches continued to be made nearshore, with areas of high catch occurring between about 10°N and 23°N. The area of high catches evident in the southern Gulf of California during the first quarter extended well into the Gulf during the second quarter. The catches increased in the offshore area between about 5°N and 15°N from 120°W to 140°W during the second quarter. During the third quarter, the catches were centered in three regions: (1) the area off Baja California from about 22°N to 27°N and in the southern part of the Gulf of California, (2) the area off Ecuador and northern Peru and offshore to the region of the Galapagos Islands, and (3) the offshore region from 8°N to 14°N between about 120°W and 130°W. During the fourth quarter, fishing continued throughout most of the EPO, with areas of high catches occurring between about 3°S and 7°S at about 80°W to 85°W, and at about 100°W to 115°W. The fishing remained good around the tip of Baja California, but the catches dropped off in the northern part of the Gulf of California.

During the 1979-1992 period, the skipjack catch in the EPO averaged 92.5 thousand tons (range: 54.5 to 145.5). The preliminary estimate of the skipjack catch in the EPO in 1993 was about average, at 92.1 thousand tons.

The average annual distribution of logged catches of skipjack by purse seiners in the EPO during the 1979-1992 period is shown in Figure 4, and a preliminary estimate for 1993 is shown in Figure 5. The skipjack catches in 1993 were distributed throughout the region between about 18°S and the Panama Bight and between about 80°W and 90°W. In the northern portion of this area the catches were high in the nearshore region, while the colder waters off Peru kept catches offshore in the southern portion of the area. Good catches of skipjack also were made between the equator and 5°N from about 90°W to 110°W, and off Baja California.

While yellowfin and skipjack comprise the most significant portion of the catch made in the EPO, bluefin, bigeye, albacore (*Thunnus alalunga*), black skipjack (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis*), and other species contribute to the overall harvest in this area. The total catch of these other species in the EPO was about 9.5 thousand tons in 1993, as compared to the 1979-1992 average of 16.9 thousand tons (range: 8.2 to 32.7). The estimated catch of all species in the EPO in 1993 was about 350.8 thousand tons.

Tuna vessels fishing in the EPO occasionally fish in other areas in the same year. In 1993, various vessels which were part of the EPO tuna fleet also fished in the western Pacific and/or in the Atlantic and Caribbean. The 1979-1992 median catch by these vessels in the western Pacific was about 6.4 thousand tons (range: 0.1 to 83.6), and in the Atlantic and Caribbean about 8.4 thousand tons (range: 0.5 to 17.3). The maximum catches made in other areas by vessels of the EPO tuna fleet were made in 1983, the year of the lowest total catch in the EPO (180.4 thousand tons) since 1960 (173.6 thousand tons). Preliminary estimates indicate that the 1993 total catches in these areas by vessels of the EPO tuna fleet were about 0.2 thousand tons in the western Pacific and 7.8 thousand tons in the Atlantic and Caribbean.

The 1992 and preliminary 1993 catches in the EPO, by flag, and landings of fish caught in the EPO, by country, are given in Tables 2 and 3. The landings are fish unloaded during a calendar year, regardless of the year of catch. The country of landing is that in which the fish were unloaded from the fishing vessel or, in the case of transshipments, the country which received the transshipped fish for processing and/or consumption. In 1993, 92 percent of the EPO yellowfin catch of 229.2 thousand tons was made in the CYRA. Mexican-, Venezuelan-, and Ecuadorian-flag vessels harvested 37, 16, and 13 percent, respectively, of the total EPO catch.

Preliminary landings data indicate that, of the 357.5 thousand tons landed in 1993, 103.8 thousand tons (29 percent) were landed in Mexico. The landings in Ecuador (98.9 thousand tons; 28 percent) and Venezuela (49.7 thousand tons; 14 percent) were next in terms of magnitude. Other countries with significant landings of tunas caught in the EPO included Colombia, Costa Rica, and the United States, each of which accounted for approximately 9 percent of the landings. It is important to note that when final information is available the landings currently assigned to various countries may change due to exports from storage facilities to processors in other nations.

Under the terms of the convention which established the 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 1992, the most recent year for which data are available, are presented in Figures 6 and 7. Statistics of the catches of the principal market species of tunas during 1975-1992, by oceans, appear in Table 4 and Figure 8. Most of these statistics were obtained from annual yearbooks of fisheries statistics published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

## **THE EASTERN PACIFIC TUNA FLEET**

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

The owner's or builder's estimates of the vessel carrying capacities are used until landing records indicate that revision of these is appropriate. The vessels are grouped, by carrying capacity, into the following size classes for reporting purposes: class 1, less than 51 tons; class 2, 51-100 tons; class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; and class 6, more than 400 tons. (These are not to be confused with the eight size groups used for calculation of the catch

per ton of carrying capacity in the section entitled *Catch per ton of carrying capacity*.) Except for longliners and miscellaneous small vessels mentioned in the previous paragraph, all vessels which fished in the EPO during the year are included in the annual estimates of the size of the surface fleet.

Until about 1960, fishing for tunas in the EPO was dominated by baitboats operating in the more coastal regions and in the vicinity of offshore islands. During the late 1950s and early 1960s most of the larger baitboats were converted to purse seiners, and by 1961 the EPO surface fleet was dominated by these vessels. During the 1961-1993 period the number of baitboats decreased from about 95 to about 15, and the capacity decreased from about 10.5 thousand to about 1.5 thousand tons. During the same period, the number of purse seiners increased from about 125 to about 150, and the capacity increased from about 30 thousand to about 110 thousand tons. The peak in numbers and capacity of purse seiners occurred during the 1978-1981 period, when the number of these vessels ranged from 248 to 268 and the capacity from 181 to 185 thousand tons (Table 5).

The construction of new and larger purse seiners, which began during the mid-1960s, resulted in an increase in the fleet capacity from 46.3 thousand tons in 1966 to 184.6 thousand tons in 1976. During the 1977-1981 period the fleet capacity remained fairly stable, increasing by only about 2.9 thousand tons. During this period the construction of new vessels continued, but the new capacity was offset by losses due to sinkings and vessels leaving the fishery. In 1982 the fleet capacity declined by 17.5 thousand tons as vessels were deactivated or left the EPO to fish in other areas, primarily the western Pacific. This trend continued through 1983 as the catch rates in the EPO declined, due primarily to anomalous ocean conditions during 1982-1983. The fleet capacity declined by 26.3 thousand tons during 1983, and in 1984 it declined an additional 26.8 thousand tons. The fleet capacity in 1984, about 117.6 thousand tons, was the lowest it had been since 1971. In 1985, however, due primarily to the return of vessels from the western Pacific, the capacity increased to about 132.2 thousand tons, but in 1986 it decreased slightly to about 126.1 thousand 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 145.7 thousand tons. This trend continued in 1988, resulting in a fleet capacity of 151.5 thousand tons. This was the greatest fleet capacity observed since 1982. The fleet capacity dropped to about 136.6 thousand tons in 1989, and in 1990 it remained at about the same level, 137.6 thousand tons. This fleet capacity was not present in the EPO through the entire year, however. In the spring of 1990, the U.S. tuna canning industry adopted a policy of not purchasing tunas caught on 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. cannery industry has 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 111.3 thousand tons and 112.8 thousand tons in 1992 and 1993, respectively.

The 1992 and preliminary 1993 data for numbers and carrying capacities of surface-gear vessels of the EPO tuna fleet are shown in Table 6. The EPO tuna fleet was dominated by vessels operating under the Mexican and Venezuelan flags during 1992 and 1993, with about 60 percent of the total capacity of the fleet flying the flags of those nations. The Mexican fleet has been the largest fleet since 1987, with about 40 to 45 percent of the total capacity during 1992 and 1993, while Venezuelan-flag vessels comprised about 15 to 20 percent of the total capacity during those years. In 1990 the U.S. fleet included 29 large purse seiners, but following adoption of the U.S. cannery industry's dolphin-safe policy, this number decreased to 13 in 1991 and to 8 in 1992, where it remained at the end of 1993. That policy has apparently not had a significant effect on the sizes

of the other fleets operating in the EPO, though it may have affected the numbers of sets made on dolphin-associated fish, as there were 35 percent less such sets in 1993 than in 1992 (Table 30).

The majority of the total capacity of the EPO tuna fleet consists of purse seiners with capacities of over 400 tons. This group of vessels comprised about 90 percent of the total fishing capacity operating in the EPO in both 1992 and 1993.

The average, minimum, and maximum tons of fleet capacity at sea (CAS) by month for the EPO during 1979-1992, and the 1993 values, are shown in Figure 9. These monthly values are the averages of the CAS estimates given in weekly reports prepared by the IATTC staff. The values for the 1979-1992 period were chosen for comparison with those of 1993 because the earlier years, when regulations were in effect, had somewhat different temporal distributions of effort due to restriction of yellowfin fishing in the CYRA. Overall, the 1993 CAS values are significantly less than the 1979-1992 averages. This reduction is attributed to the reduction in the number and capacity of U.S.-flag vessels participating in the fishery, which has resulted from the U.S. canners' dolphin-safe policy previously discussed.

## REGULATION OF THE FISHERY

During past years, catch quotas for yellowfin tuna for the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA, Figure 1) have been recommended by the IATTC staff and variously adopted in Commission resolutions and implemented by the countries participating in the fishery. Quotas for 1966 through 1979 were adopted and implemented. Agreement on a quota for 1979 was reached so late that it was ineffective, however. At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; it subsequently agreed to a quota of 165,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director, but the quota was not implemented. At the 38th through 43rd meetings the IATTC staff recommended quotas of 160,000 tons for 1981 and 1982, 170,000 tons for 1983, 162,000 tons for 1984, 174,000 tons for 1985, and 175,000 tons for 1986, with provisions for increases by the Director based on findings of the staff regarding the status of the stock. These quotas were adopted, but not implemented. At the 44th meeting, due to special circumstances which resulted in unusually great abundance of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, the IATTC staff did not recommend a quota for 1987, but emphasized that catch quotas would almost certainly be necessary in the future. At its 45th through 47th meetings and its 49th and 50th meetings, the staff recommended quotas of 190,000 tons for 1988, 220,000 tons for 1989, 200,000 tons for 1990, and 210,000 tons each for 1991 and 1992, with provisions for increases by the Director based on findings of the staff regarding the status of the stock. These quotas were adopted, but not implemented. At its 51st meeting, held in June 1993, the staff recommended a quota of 250,000 tons, with the option to increase the limit by up to four increments of 25,000 tons each. The quota was again adopted (see resolution on page 7), but not implemented.

## RESEARCH

### TUNA-BILLFISH PROGRAM

#### *Annual trends in catch per unit of effort (CPUE)*

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

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

CPUE data for 1959-1993 for yellowfin and skipjack combined are shown in the top panel of Figure 10. The data for 1968-1993 are CPDF data for Class-6 purse seiners. Those for 1959-1967 are CPSDF data for Class-4 baitboats, multiplied by 2.82 to adjust for the fact that Class-6 purse seiners are about 2.82 times as efficient as Class-4 baitboats. The adjustment factor of 2.82 was calculated from CPDF data for yellowfin and skipjack combined for Class-6 purse seiners and Class-4 baitboats fishing in the same area-time strata during the 1965-1974 period, when there were sufficient numbers of both types of vessels in the fishery. Because the 1968-1993 data are CPDF data for Class-6 vessels and those for 1959-1967 are adjusted to the equivalent of CPDF for Class-6 vessels, they will henceforth be referred to as CPDF data.

The total catches of yellowfin and skipjack taken by all surface gear east of 150°W combined for each year were divided by the CPDF for both species for unregulated trips to estimate the total effort in Class-6 purse-seine days. These estimates of total effort were divided into the total catch of yellowfin and the total catch of skipjack to obtain the CPDF for each species separately. These are shown in the middle and bottom panels of Figure 10.

### ***Yellowfin***

The preliminary CPDF value of 14.1 tons per day for 1993 is within the range of CPDFs for the 1985-1992 period (12.7 to 16.3 tons per day). During the 1959-1972 period the CPDF ranged from about 9 to 14 tons per day, with lows in 1959, 1962, and 1971 and highs in 1960, 1968, and 1969. Beginning in 1973, the CPDF began to decline, reaching a low of 4.9 tons in 1982. Since then there has been a remarkable recovery. The fishery has changed considerably since the 1960s, however, so caution should be used in comparing the data for the earlier years with those for the more recent ones. The principal problem is caused by the fact that the baitboat fishery operates relatively near shore and almost entirely north of 15°N, whereas the purse-seine fishery operates also far offshore and as far south as about 20°S. The values in Figure 10 differ somewhat from those in Table 29 because the values in the figure were obtained by a procedure involving the total catches of yellowfin and skipjack by the surface fishery, as explained above, whereas those in the table were obtained by dividing the logged yellowfin catch by purse seiners by the logged effort by purse seiners.

### ***Skipjack***

During the 1959-1968 period the CPDF for skipjack averaged about 10 tons per day, with a high of 16.0 tons in 1967 and a low of 5.5 tons in 1960 (Figure 10). During the late 1960s many

small purse seiners were replaced by larger ones which found it more profitable to fish in areas where yellowfin were more abundant and skipjack less so, which resulted in lower CPDF values for skipjack. During the 1969-1993 period the average CPDF has been about 4 tons per day, with a high of 7.5 tons in 1971 and lows of 2.4 tons in 1972 and 1973. The 1993 value of 5.2 tons per day is the highest since 1978. As is the case for yellowfin, caution should be used in comparing the data for earlier and later years. In addition to the probable bias caused by the fact that the effort was directed more toward yellowfin and less toward skipjack during the more recent years, there is the problem caused by the restricted range of the baitboat fishery mentioned in the yellowfin section above.

### ***Bluefin***

Various indices of abundance of bluefin were discussed on pages 40-42 of the IATTC Annual Report for 1992, and it was concluded that the "habitat index" is the best of these indices. Data on the catches, and on the effort and CPUEs calculated by the habitat-index method, are shown in Figure 11. Although the catch for 1992 was less than 2 thousand tons, the CPUE, 5.2 tons per day, has been exceeded only by those of 1966 and 1986. The CPUE for 1993, 0.5 tons per day, was less than those of all but two years, 1983 and 1984. The fishing effort in the spatiotemporal strata in which bluefin are most likely to be found has decreased considerably in recent years, and this probably has an adverse effect on the reliability of the estimates.

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

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

CPTCC estimates for 1983-1993 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 CPTCC for the larger vessels, while other species, which include other tunas as well as miscellaneous fishes, make up an important part of the CPTCC of the smaller vessels in many years. In earlier years, and in years when the majority of the EPO tuna fleet exerts most of its fishing effort in the EPO, the CPTCCs for the EPO and all ocean fishing areas are nearly the same. During the 1983-1992 period the CPTCC in the EPO for all vessels and all species averaged 2.8 tons of fish per ton of carrying capacity, with a range of 1.9 to 3.3; for yellowfin it averaged 2.0 tons, with a range of 1.0 to 2.4; and for skipjack it averaged 0.7 tons, with a range of 0.5 to 0.9. The preliminary estimates for 1993 are 3.1, 2.2, and 0.8 tons for all species, yellowfin, and skipjack, respectively.

### ***Standardization of yellowfin catch rates***

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

linear model is used to estimate the annual variation in the catch rates independent of trends in vessel efficiency, environmental conditions, and modes of fishing.

Data exist for many factors which could conceivably influence the yellowfin catch rates. The following factors were investigated, using data for 1970-1985: vessel speed and capacity, whether the vessel had a helicopter, whether it had sonar, net length and depth, fishing captain, sea-surface temperature, wind speed and direction, location and time of fishing, set type (fish in free-swimming schools, fish associated with dolphins, or fish associated with floating objects), and whether skipjack were also caught. After the factors which did not have important effects were eliminated, the model included the effects of year, vessel speed, search classification, season-area, and the interaction between search classification and season-area. Search classification (Table 8) is based on set type and whether skipjack were caught. Season-area is described in Figure 12. The year effects are the annual differences in catch rates not attributable to the other variables in the model. They serve as indices of abundance standardized by the other variables.

As shown in Figure 13, the trend of the indices has both differences from and similarities to the trend for CPDF. The indices from the linear model do not have the large fluctuations during 1970-1974 that CPDF has; however, they both show a sharp decline in 1975 and a sharp recovery in 1976. Both the decline in 1976-1982 and the increase during 1983-1986 are more gradual for the indices from the linear model. It appears that when the fishery switches from fishing for dolphin-associated fish to fishing for fish associated with floating objects, as it did during 1974-1982, CPDF provides a lower estimate of yellowfin abundance than does the searching method, and that when the fishery switches back to dolphin-set fishing, as it did during 1985-1993, CPDF provides a higher estimate of yellowfin abundance.

### ***Studies of the influence of environmental conditions on the vulnerability to capture and abundance of yellowfin tuna***

#### ***Effects of thermal structure on the vulnerability to capture of medium to large yellowfin tuna***

Environmental data for the eastern Pacific Ocean (EPO) during 1980-1990, stratified by 2-by 2-degree quadrangles and months, are currently being analyzed for correlations with catch rates, by purse seiners, of yellowfin tuna weighing more than 16.5 pounds (7.5 kg). The environmental data were provided by Dr. Paul Fiedler, U.S. National Marine Fisheries Service, La Jolla, California, USA. They include four measures related to the vertical stratification of sea temperatures and seven measures related to wind (Table 9). The three pseudostress variables are indices of vertical mixing, and the wind-stress curl is an index of upwelling. The means of each environmental variable have been calculated for the following conditions:

1. quadrangle-months with effort directed at yellowfin;
2. quadrangle-months with no effort directed at yellowfin;
3. quadrangle-months with catches of one-half ton or more of yellowfin weighing more than 16.5 pounds;
4. quadrangle-months with effort directed at yellowfin, but no catches of one-half ton or more of yellowfin weighing more than 16.5 pounds;
5. quadrangle-months with catches of yellowfin weighing more than 16.5 pounds not associated with dolphins;
6. quadrangle-months with effort directed at yellowfin not associated with dolphins, but no catches of yellowfin weighing more than 16.5 pounds;
7. quadrangle-months with catches of yellowfin weighing more than 16.5 pounds associated with dolphins; and

8. quadrangle-months with effort directed at yellowfin associated with dolphins, but no catches of yellowfin weighing more than 16.5 pounds.

The results are summarized in Table 9.

There are marked differences between the means of most of the environmental variables for the quadrangle-month strata with purse-seine effort and the quadrangle-month strata without purse-seine effort. For example, the 14° and 20° isotherms for the strata with purse-seine effort were much shallower than the 14° and 20° isotherms for the strata without purse-seine effort (Table 9, Columns 2-3 and Rows 1-4). Also, most of the ratios for the absolute values of the wind indices (Table 9, Column 4 and Rows 5-11) were less than 1, the exceptions being the latitudinal components of wind speed and pseudostress.

Smaller differences were found between the means of the environmental variables in the quadrangle-month strata with fishing effort and with and without catches (Table 9, Columns 5-7). The 14° isotherms were shallower in the quadrangle-month strata in which yellowfin were caught than in the quadrangle-month strata in which yellowfin were not caught. The longitudinal components of wind speed and pseudostress for the strata with catches were about three times those for the strata without catches. The mean wind-stress curl was positive for the strata with catches and negative for the strata without catches.

For the quadrangle-month strata in which sets on yellowfin not associated with dolphins were made, there were only slight differences in the means of the environmental variables of the quadrangle-month strata with catches and the quadrangle-month strata without catches (Table 9, Columns 8-10). The greatest difference was for the mean wind-stress curl, which was 0 for the strata with catches and negative for those without catches.

For the quadrangle-month strata in which sets on yellowfin associated with dolphins were made, several differences which might be significant were found (Table 9, Columns 11-13). The absolute values of the mean longitudinal components of wind speed and pseudostress were 67 percent greater in the quadrangle-month strata with catches of yellowfin in dolphin-associated schools. The latitudinal components of wind speed and pseudostress were positive in the strata with catches and negative in those without catches. The mean wind-stress curl was positive in the strata with catches, indicating upwelling, and negative in those without catches, indicating downwelling (Table 9).

#### ***Estimation of abundance of yellowfin tuna, by age groups and regions***

Monthly estimates of the abundance of yellowfin tuna, by age groups and regions within the EPO, during the 1970-1988 period, were calculated, using data on purse-seine catch rates and length frequencies of purse seine-caught fish and results from cohort analyses. The numbers of individuals of each age group caught in each logged purse-seine set were estimated, using the weight of yellowfin caught in that set and the length-frequency distribution(s) of the fish from the "nearest" set(s) from which (a) length-frequency sample(s) was (were) obtained. "Nearest" refers to the length-frequency sample(s) obtained from fish caught in the set(s) closest to the set in question in time, distance, and set type (dolphin associated, floating object associated, skipjack associated, none of these, and some combinations), as judged by the criteria established in an earlier study (IATTC Bull., 20 (2)). The catch rates were initially calculated as the estimated numbers of individuals of the age group in question caught per hour of searching. Then, to remove the effects of set type, vessel characteristics, and environmental factors affecting vulnerability, they were standardized, using separate weighted generalized linear models (GLMs) for each age group. The standardized catch rates at the center of each 2.5-degree quadrangle-month were estimated, using locally-weighted least-squares regressions on latitude, longitude, and date. The catch rates

within these regions were converted to numbers of yellowfin, using the mean age composition obtained from the cohort analyses. These abundance estimates, by age and area, can be used as input to an age-specific movement model.

The age-specific catch rates were standardized by several non-spatiotemporal factors, using GLMs. The resulting standardized catch rates are useful for investigating spatiotemporal variations in catch rates which are not attributable to the standardization factors. The standardization factors for set type ( $S$ ), vessel capacity ( $C$ ), possession of a helicopter ( $H$ ), vessel speed ( $V$ ), net length ( $NL$ ), net depth ( $ND$ ), thermocline depth ( $T$ ), depth of the 14° and 20° isotherms ( $D14$  and  $D20$ ), sea-surface temperature squared ( $SST^2$ ), depth of the bottom ( $D$ ), the east-west ( $XP$ ), north-south ( $YP$ ), and scalar ( $SP$ ) components of pseudostress, and wind speed ( $W$ ) were estimated for each semi-annual age group, using separate GLMs of the form:

$$\ln(X_{ijklm}) = \mu + Y_i + S_j + C_k + R_l + B_m + aH + bV + cNL + dND + eT + fD14 + gD20 + hSST^2 + pD + qXP + rYP + sSP + tW + (YR)_{il} + (YB)_{im} + (RB)_{lm} + \xi_{ijklm}$$

where

$X$	= number of yellowfin of a semi-annual age group caught in a purse-seine set divided by the hours of searching preceding the set,
$\mu$	= intercept,
$Y_i$	= effect of year $i$ ,
$S_j$	= effect of set type $j$ ,
$C_k$	= effect of vessel capacity $k$ ,
$R_l$	= effect of region $l$ (Figure 12),
$B_m$	= effect of bimonthly period $m$ ,
$aH$	= effect of possession of a helicopter, where $a$ is the regression coefficient,
$bV$	= effect of vessel speed, where $b$ is the regression coefficient,
$cNL$	= effect of net length, where $c$ is the regression coefficient,
$dND$	= effect of net depth, where $d$ is the regression coefficient,
$eT$	= effect of thermocline depth, where $e$ is the regression coefficient,
$fD14$	= effect of the depth of the 14° isotherm, where $f$ is the regression coefficient,
$gD20$	= effect of the depth of the 20° isotherm, where $g$ is the regression coefficient,
$hSST^2$	= effect of sea-surface temperature squared, where $h$ is the regression coefficient,
$pD$	= effect of depth of the bottom, where $p$ is the regression coefficient,
$qXP$	= effect of the east-west component of pseudostress, where $q$ is the regression coefficient,
$rYP$	= effect of the north-south component of pseudostress, where $r$ is the regression coefficient,
$sSP$	= effect of the scalar pseudostress, where $s$ is the regression coefficient,
$tW$	= effect of wind speed, where $t$ is the regression coefficient,
$(YR)_{il}$	= effect of the year-region interaction,
$(YB)_{im}$	= effect of the year-bimonthly period interaction,
$(RB)_{lm}$	= effect of region-bimonthly period interaction, and
$\xi_{ijklm}$	= error term.

Three factors, year, region, and bimonthly period, and their interactions, were included in the GLMs, but not used as standardization factors; therefore, the "standardization factors" were standardized by these spatiotemporal factors. The independent variables are described further in Table 10. The resulting models, regression coefficients, and *R*-squared values obtained from the GLM procedure are shown in Table 11. The significant interactions (Table 12) among vessel characteristics and environmental conditions were then added to the models as additional standardization factors. Then the catch rates were standardized by subtracting from them the sum of the regression coefficients for all of the standardization factors.

Other factors examined for standardization which did not have significant effects on the catch rates of any of the semi-annual age groups included the presence or absence of skipjack in the set, sea-surface temperature, an index of upwelling, depth of the mixed layer, and presence of bird radar or sonar on the vessel. Factors and interactions which were not significant at a probability level of  $\alpha = 0.001$  were excluded from the model to avoid overparameterization, which can dilute the other effects.

In order to reduce the bias introduced by the fishery concentrating on the greatest concentrations of fish, the observations were weighted so that each hour of searching received equal weight within each 5-degree quadrangle-month and each 5-degree quadrangle-month received a weight proportional to the amount of ocean surface area in it.

The weighting scheme used produced at least one artifactual result. The smallest vessels (<500 tons carrying capacity) had the greatest mean weighted catch rates for most of the semi-annual age groups (Table 11). This happened because (1) searching time is measured as the interval between sets on fish of the same semi-annual age groups and (2) the smaller vessels make shorter trips, and thus make either shorter searches or incomplete (unsuccessful) searches for the rarest semi-annual age groups, whereas the larger vessels make longer trips and are thus more likely to complete long searches for the rarest semi-annual age groups. Consequently, there are fewer extremely long searches (which are weighted heavily) between schools of rare semi-annual age groups for the smallest boats.

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

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

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, northern bluefin, bigeye, and black skipjack from the purse-seine and baitboat catches made in the eastern Pacific Ocean (EPO) are collected by IATTC personnel at ports of landing in Ecuador, Mexico, Panama, 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 630 yellowfin, 314 skipjack, 39 northern bluefin, 37 bigeye, and 4 black skipjack samples from the 1993 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 (Figure 14), month, and gear. Sampling within each stratum is done in two stages, with a boat "unit" (usually a well or pair of wells) as the first stage and individual fish as the second stage. The units within strata are sampled randomly, and fish selected randomly

from each sampled unit are individually measured. The total number of fish in each length group in a sampled unit is estimated by dividing the total catch, in weight, in the unit by the average weight of sampled fish in the unit and then multiplying this quotient by the fraction of the sampled fish in that length group. The stratum totals, in numbers of fish, for each length group are obtained by summing the totals for each sampling unit and multiplying this total by the ratio of the weight of the total catch (estimated from the logged catch) of the stratum to the sum of the weight of the sampled units. The monthly, quarterly, or annual totals are obtained by summing the data for all sampled strata for the month, quarter, or year in question. The monthly, quarterly, or annual average weights are obtained by dividing the sum of the weights of the fish by the sum of the numbers of fish, where the sums are for all lengths of fish and all sampled strata. These procedures are explained in more detail in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 6.

Figure 15 consists of histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, in the market measurement areas of the CYRA (all except Areas 10 and 11 in Figure 14) in 1993. The areas are arranged approximately from north (top) to south (bottom) in the figure. The distributions differ considerably from area to area. In Areas 1, 8, 6, and 13, more than 50 percent of the catch, by weight, was less than 100 cm in length. In the other areas the opposite was the case. The average weights range from a low of 13.9 pounds (6.3 kg) in Area 1 to a high of 57.1 pounds (25.9 kg) in Area 2.

Histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, in the CYRA for each year of the 1988-1993 period appear in Figure 16. In 1993 the average weight of yellowfin caught in the CYRA was 25.2 pounds (11.4 kg). This is very close to the values for 1989-1992, which range from 23.7 pounds (10.8 kg) in 1990 to 25.7 pounds (11.7 kg) in 1991.

Figure 17 consists of histograms showing the estimated tons of yellowfin caught, by 2-cm intervals, in the area between the CYRA boundary and 150°W for each year of the 1988-1993 period. The average weight for 1993, 35.9 pounds (16.3 kg), is the lowest in the 1988-1993 series.

Histograms showing the estimated tons of skipjack caught, by 1-cm intervals, in the market measurement areas of the EPO in 1993 appear in Figure 18. The data for the four northern areas (1, 2, 4, and 8) have been combined due to low catches in all of them. The greatest catches occurred in Areas 6 and 13, which together accounted for nearly 80 percent of the total. Both of these areas have prominent modes between 45 and 50 cm and smaller modes between 55 and 60 cm.

Figure 19 consists of histograms showing the estimated tons of skipjack caught, by 1-cm intervals, in the entire EPO for each year of the 1988-1993 period. In 1993 the average weight of skipjack caught in the EPO was 5.5 pounds (2.5 kg). This is only slightly less than the average weight for 1992, 5.7 pounds (2.6 kg), but it is the lowest in the six-year series.

Northern bluefin are caught off California and Baja California from about 23°N to 35°N, with most of the catch occurring during May through October. In 1993 bluefin were caught between 28°N and 34°N, and nearly all of the catch was taken during July through September. Histograms showing the estimated catches of bluefin, by 2-cm intervals, for each year of the 1988-1993 period appear in Figure 20. In 1993, in contrast to previous years, most of the length-frequency samples came from the sport catch. The size distribution for 1993, therefore, may not be directly comparable with those of previous years.

The surface catch of bigeye is incidental to that of yellowfin and skipjack, and the total catches (Table 1) and numbers of length-frequency samples are much less than those for yellowfin and skipjack. Histograms showing the estimated catch of bigeye, by 2-cm intervals, for each year of the 1988-1993 period appear in Figure 21.

The annual length-frequency distributions of black skipjack measured during 1988-1993 are shown in Figure 22. The catch of black skipjack is incidental to the catches of yellowfin and

skipjack, and most of it is discarded or not sold through the usual processors, so no attempt has been made to estimate the catches by size intervals.

### ***Computer simulation studies***

The studies concerning the geographical expansion of the fishery for yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean described in the IATTC Annual Report for 1992 were extended during 1993. The results are described in a paper, "Effects of Movement on Stock Assessment in a Restricted-Range Fishery," which has been accepted for publication in 1994 by an outside journal. It considers exploitation of yellowfin when the range of the fishery was less than that of the population of fish.

A simple diffusive spatial model is proposed for yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean for the period prior to the late 1960s, when the fishery was confined to a relatively narrow coastal belt and a few offshore islands and banks. Yellowfin are highly mobile, but their movement is characterized as diffusive, rather than directed, in the above-mentioned paper. (Variable diffusivity, analyzed in a previous paper (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 87 (2): 353-362), was not incorporated into the model.)

The model, using rates of dispersion provided by tagging experiments, suggests that the effect of the fishery can extend far beyond the range of the fleet. Within this context, the concept of a "stock" is not well defined. It appears that the catches of the coastal fishery were largely sustained by immigration from the offshore region, which constituted a refuge. The net movement of fish from offshore increases as the fishing depresses the inshore abundance. The equilibrium yield-effort curve is distorted from the symmetrical parabola which it would normally have assumed, given the form of the growth of the model population.

It can be seen that the range and mobility of fish would affect the development of a fishery, as there would be less incentive to travel great distances if fish from outside the zone in which fishing takes place tend to move into that zone, replacing the fish that are caught. On the other hand, unless the replacements arrive instantly, which is not possible, fishing within one zone will create a gradient in the abundance of fish. This gradient will provide an incentive for individual boats to extend the range of the fishery. The incentive will tend to be balanced by the tendency of fish from outside the exploited zone to immigrate into that zone and by the increased costs associated with operating further from port. The limit of the range of a fishery is likely to be the point where the expected increase in revenue from going further from port equal the extra costs involved in doing so. It will vary with population size, mobility of the fish, and prices paid for the fish, as well as with the costs of fishing. Those costs are dependent upon technology and are subject to innovation. Thus the expansion of the fishery in the 1960s and early 1970s may be interpreted as the result of a reduction in the relative costs of operating far from port for the larger boats that were constructed during that period.

### ***Studies of yellowfin otoliths***

#### ***Surface structure***

Yellowfin otoliths grow by the addition of concentric, daily increments around a core, or nuclear, region. During the first six months of life, growth toward the rostrum (anterior end) and postrostrum (posterior end) accelerates relative to that along the dorso-ventral axis, enabling the sagitta to achieve its arrowhead-like shape. As the otolith grows, a layer of aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ) of variable thickness is deposited on its surface. This surface aragonite must be removed by etching with hydrochloric acid (HCl) to expose the increments so they can be counted, but care must be taken not to destroy the increments by over-etching. Unfortunately, the locations at which the

aragonite is thickest appear to be inconsistent for otoliths collected during different time periods. This inconsistency has made it more difficult and time-consuming to expose the increments, because most of the etching must be done by hand, using a fine-tipped brush dipped in HCl, and the progress of the etching must be monitored under a dissecting microscope after each application of acid.

For otoliths collected from fish caught in the eastern Pacific Ocean (EPO) during 1977-1979, a total etching time of about 14 seconds in 2N HCl was often necessary to remove the surface material surrounding the core, and to expose fully the primordial increments. Progressively less time was necessary to expose the subsurface increments along the path toward the postrostrum tip. A small area immediately behind the tip that was particularly resistant to etching usually required spot etching with 3N HCl on a fine-tipped brush. However, for otoliths collected during 1992, the increments at the core were cleared in about 5 seconds or less, whereas the surface material over the remainder of the otolith appeared to be barely etched. To avoid the risk of over-etching the core increments, only the postrostrum tip was immersed more than 5 seconds in acid. When the increments in this region were exposed, it was then necessary to brush-etch the remaining surface between the core and the tip. Since the degree of etching is difficult to control when the acid is applied by brush, it is possible to over-etch the otolith and lose the details of closely-spaced increments.

Inconsistency in location of the thickest aragonite on yellowfin otoliths is not restricted to the EPO. Otoliths collected by French scientists near the Seychelles in the western Indian Ocean also exhibit this characteristic, so modifications to the etching technique may be required. In addition, otoliths collected by the South Pacific Commission (SPC) in the western Pacific Ocean (WPO) during 1992 and examined by an IATTC staff member demonstrated some unusual features which are reported separately below.

The cause of the change in depth and location of the surface material on the otoliths is unknown. Although both food and sea water act as sources of calcium for deposition of aragonite in the otolith, the conditions that would alter the deposition site and quantity are more problematic than the simple availability of calcium. The purpose of this section, therefore, is to record the observation that there is variability in surface deposition, rather than to speculate on its probable causes.

One way to circumvent the problems of the surface-etching procedure is to expose the increments from the primordium to the postrostrum tip by a frontal section along that axis. Methods to section the otolith accurately, polish the surface to the desired depth, and etch and replicate the increments uniformly would have to be developed. In addition, the total number of increments on the original surface preparation and the new section would have to be compared to determine if the estimates of numbers of increments are in agreement.

#### ***Rate of deposition of increments***

It was mentioned in the IATTC Annual Report for 1992 that there was some indication that yellowfin in the WPO may not deposit increments daily. The otoliths of three fish which had previously been tagged and injected with tetracycline as part of a mark-recapture experiment conducted by the SPC and for which the dates of recapture were known were re-examined. The increments between the mark and the edge of the otolith differed in several respects from those of otoliths from fish caught in the EPO during 1977-1979. First, the increments were irregularly spaced and often split, and both conditions made consistent interpretation difficult. In many cases, the bipartite structure of the increments was not well defined, so identification of the incre-

ments was difficult. In addition, even light brush-etching quickly removed the overly-thin aragonite at the surface and over-etched the otoliths. The question of whether yellowfin in the WPO deposit increments at daily intervals cannot be answered at this time because over-etching may have destroyed some of the increments, and some of the increments which were not destroyed were poorly defined.

### ***Reproductive biology of yellowfin tuna***

#### ***Spatiotemporal patterns in spawning***

Knowledge of the reproductive biology of yellowfin tuna is necessary for an adequate understanding of the population dynamics of this species. Important aspects of the reproductive biology of yellowfin, including spatial and temporal variability in spawning, sexual maturity, fecundity, and spawning frequency, have not been adequately elucidated. Research on the reproductive biology of yellowfin should contribute to an understanding of the relationship between spawning and recruitment, and make it possible to evaluate the effect of fishing on the reproductive potential of the population. This appears to be particularly important, considering the possible shift in fishing mode from that on large, mature yellowfin associated with dolphins to smaller, immature yellowfin not associated with dolphins (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 92 (1): 132-143).

In 1987 a large-scale research program was initiated to obtain information on size-specific reproductive characteristics of yellowfin throughout the eastern Pacific Ocean (EPO). The objectives of this research, the experimental design, and the samples collected are described in the IATTC Annual Report for 1989. During 1993 the primary emphasis was on histological classification, with light microscopy, of the 15,000 slides of ovarian and testicular tissues made from samples taken from fish at sea. Also, preliminary analyses of the spatial and temporal distribution of spawning of yellowfin were conducted that year. The task of examining and interpreting the slides and analyzing the data will be completed during 1995.

The reproductive activity of female yellowfin can best be assessed by examining ovarian histology and/or data on the diameters of the oocytes. It was determined, from examination of histological material and measurements of oocyte diameters from the same ovaries, that individuals with active ovaries can be accurately classified by the presence of advanced yolked oocytes, identified as oocytes with diameters equal to or greater than 0.55 mm. Developing and resting ovaries contain oocytes with diameters equal to or greater than 0.1 mm. Twenty of the largest oocytes from the ovaries of each fish with active, developing, or resting ovaries were measured to estimate the mean diameter of the most advanced modal group of oocytes. The data from 4,701 females meeting these criteria were utilized in the analyses described below.

Sea-surface temperature (SST) data collected by observers aboard purse-seine vessels on which sampling of yellowfin was conducted, and SST data from the IATTC logbook data base for sets of vessels from which yellowfin were sampled at canneries, were classified by the spatial and temporal strata used with the reproductive data.

The spawning distribution for October 1987 through September 1989 is shown in Figure 23. Spawning was widespread from 26°N to 15°S and from the coast to 140°W. Exploratory spatial analyses of these data indicate that for yellowfin of the same length intervals between 5°N and 15°N the proportion reproductively active is greater west of 100°W than east of 100°W. Further analyses of these data by length classes (<110 cm fork length (FL), 110-130 cm FL, and >130 cm FL) indicate that the amount of reproductive activity increases with increasing size between 0° and 20°N.

The quarterly spawning distributions for the two years of data combined are shown in Figure 24. These data indicate that spawning occurs throughout the year between 0° and 20°N. The monthly mean SSTs between 0° and 10°N show little variability, fluctuating between about 27° and 29°C (80.6° and 84.2°F). The monthly mean SSTs between 10°N and 20°N fluctuated between about 25° and 29°C (77.0° and 84.2°F). For the area north of 20°N, the data indicate that spawning takes place primarily during July through November. In addition, some fish were reproductively active during March through June. The most northerly location where reproductively-active yellowfin were captured was 26°11'N-113°09'W, where the SST was 25.6°C (78.1°F). Although the seasonal trends in SSTs appear quite variable in this region, the primary period of yellowfin spawning corresponds with the highest mean SSTs of 25° to 26°C (77.0° to 78.8°F). However, spawning also occurred during months during which the mean SSTs were as low as 22° to 23°C (71.6° to 73.4°F). The data are limited for the area south of 0° because of the paucity of fishing effort in this region during several months. There appears to have been considerable spawning activity during January and February, and some females collected during November and December of 1988 were reproductively active. The seasonal peaks in spawning appear to correspond with the periods of greatest mean SSTs, 24° to 26°C (75.2° to 78.8°F). The most southerly location where reproductively-active yellowfin were captured was 13°45'S-83°04'W, with an SST of 23.6°C (74.5°F). The primary area where reproductively-active yellowfin were captured south of the equator is the area between 10°S and 14°S and 82°W and 90°W.

The temperatures at which yellowfin spawning occurs, as determined from 822 females collected throughout the EPO which were ready to spawn within several hours, ranged from 23° to 30.5°C (73.4° to 86.9°F), with the majority of the spawning taking place between 26° and 29°C (78.8° and 84.2°F) (Figure 25).

In summary, the results of these analyses indicate that the spatial and temporal distributions of spawning of yellowfin are subject to change within their habitat.

#### ***Reproductive condition of purse seine- and longline-caught yellowfin***

Previous investigations (IATTC Bull., 17 (5); Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 26: 153-164) have indicated differences in the reproductive condition of similar-sized yellowfin tuna captured by the purse-seine and longline fisheries of both the eastern and western Pacific Ocean. An evaluation of the reproductive condition of yellowfin caught by purse-seine and longline gear in the EPO was conducted during 1993. This study was based on data collected from yellowfin captured during the 1987-1989 period by purse-seine vessels and Japanese longline training-research vessels. The purse seine-caught fish were sampled by observers who were aboard those vessels mainly to collect data on mortalities and abundance of dolphins. The longline data were kindly made available to the IATTC staff by the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan. During the 1987-1989 period, and subsequently, few Japanese training-research vessels have operated in the EPO. In addition, longline and purse-seine vessels do not usually fish in the same areas. The only location from which reproductive data from yellowfin caught in close proximity to one another by purse-seine and longline gear east of 150°W were obtained during this time period is shown in Figure 26. The purse-seine data are from fish caught during May through September and the longline data from fish caught during March through December.

First, it was necessary to determine the relationship between gonosomatic indices and reproductive activity. The gonosomatic index is the ovary weight, expressed as a percentage of the estimated body weight. Since data on oocyte diameters are also available for the samples collected from the purse-seine fishery, and the oocyte diameters provide a more precise means by which to

assess the reproductive condition of individual fish, the relationship between oocyte diameters and gonosomatic indices was explored. It was determined that a gonosomatic index equal to or greater than 0.6 percent indicated that the fish was reproductively active.

The comparison of the reproductive condition of yellowfin caught by purse-seine and longline gear was based upon similar-sized fish. The purse-seine data consisted of 103 fish, ranging from 120 to 149 cm FL, with a mean of 131.9 cm. The longline data consisted of 207 fish, ranging from 120 to 147 cm, and a mean of 131.2 cm. All of the purse-seine fish were classified as reproductively active, whereas only 132, or 63.8 percent, of the longline-caught fish were so classified.

These results are similar to those reported in previous investigations, indicating that a significantly greater proportion of the fish captured by the purse-seine fishery are reproductively active. In this study, however, as in the previous investigations, there are spatial and temporal differences in the available data from the purse-seine and longline fisheries. Although this is difficult to substantiate, most studies suggest that the longline and purse-seine fisheries operate on the same stock. The results of the present study may be an artifact of the spatiotemporal differences in the available data, although it seems more likely that they reflect behavioral differences in reproductively-active and -inactive yellowfin tuna. These differences suggest that mature, but reproductively-inactive, yellowfin seldom inhabit the near-surface warmer waters of the mixed layer, where they would be vulnerable to capture by purse-seine gear.

#### ***Trophic interactions of tuna, dolphins, and associated predators***

During 1993, the IATTC, in cooperation with the U.S. National Marine Fisheries Service, initiated a study of the food habits and trophic dynamics of co-occurring yellowfin tuna, dolphins, and other large predators caught in inter-specific aggregations by tuna purse-seine vessels in the eastern Pacific Ocean (EPO). The purpose of the study is to contribute to the understanding of the nature of the tuna-dolphin bond. The project was funded through a special appropriation by the U.S. Congress for research into new methods of locating and capturing yellowfin tuna without the incidental capture of dolphins.

It has been suggested that the association between tunas and dolphins in the EPO may be food-based, *i.e.* tunas and dolphins may follow one another in search of the same prey. A small-scale study conducted in 1968 (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 71 (4): 1077-1092) revealed that yellowfin tuna and spotted (*Stenella attenuata*) and spinner (*S. longirostris*) dolphins that were caught in the same sets by purse seiners had consumed some of the same food items. Although the stomach contents of yellowfin tuna and spotted dolphins were similar, it was not determined whether this was because the tuna and dolphins preferred the same prey or because they were caught in the same place at the same time. In this study, the stomach contents of yellowfin and dolphins caught together in the same purse-seine sets will be compared with those of yellowfin and other predators caught when not associated with dolphins, *i.e.* those caught while associated with floating objects ("log sets") and those caught while associated only with other fish ("schoolfish sets") in the same areas and at the same times.

It is not feasible to collect samples of the stomach contents of dolphins not associated with tunas or samples of the stomach contents of yellowfin or dolphins caught at night. For these reasons, and also to provide a second indicator of diet similarity, analyses of stable carbon and nitrogen isotopes in the animals' tissues will be conducted. The magnitude of  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  ratios are known to vary in relation to an animal's trophic position in the food web; the animals occupying the highest position (apex predators) have the greatest stable isotope ratios. Stable carbon and nitrogen isotopes will provide a means of measuring trophic overlap that is integrated over a longer period of time than that indicated by the stomach contents. Joint analyses of stom-

ach contents and isotope abundance in certain tissues from the same predators can provide an indication of both long- and short-term trophic interactions.

Information is also being obtained on community-level trophic interactions in the EPO, in an effort to determine if other large predators, such as sharks, billfishes, dolphinfishes (*Coryphaena* spp.), wahoo (*Acanthocybium solandri*), and other tunas that occur with yellowfin and dolphins might have an effect on the tuna-dolphin association. This sort of research may lead to a better understanding of the effect, if any, of indirect interactions among competitor species via shared resources on the production of exploited populations of apex predators, such as tunas and billfishes.

Observers from the IATTC Tuna-Dolphin Program began sampling stomach contents and tissues of yellowfin, dolphins, and other large predators at sea during the fourth quarter of 1992, and continued to do so throughout 1993. For sets in which 3 or more dolphins were killed, samples were taken from as many dolphins as possible, 25 yellowfin tuna, and up to 25 each of the other large predators that are captured. The same numbers of yellowfin and other large predators caught in log sets and schoolfish sets were sampled. Each animal was measured, the sex was determined, the stomach and a piece of liver were excised, and a core of muscle was removed from the loin area near the dorsal fin. All samples are stored frozen.

Of the 254 trips during which observers were prepared to sample and which ended before the end of the first quarter of 1994, samples were collected during 143 (56 percent) of them. Sixty-five sets have yielded paired samples from yellowfin and dolphins. Stomach and tissue samples have been obtained from approximately 8,200 individuals, including approximately 500 dolphins, 5,100 yellowfin, 1,250 skipjack, 380 sharks, 90 billfishes (including striped marlin (*Tetrapturus audax*), black marlin (*Makaira indica*), blue marlin (*M. mazara*), and sailfish (*Istiophorus platypterus*)), 450 dolphinfish, 125 wahoo, 100 black skipjack (*Euthynnus lineatus*), 40 frigate and/or bullet tuna (*Auxis* spp.), and 170 specimens of several miscellaneous species.

#### ***Stock structure of skipjack***

In this section a stock is considered to be "a subdivision of a population that is vulnerable to a fishery" (Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Year Program: 243).

#### ***Chemical composition of hard parts***

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

During the late 1980s and early 1990s the IATTC supported research into the use of an energy-dispersive x-ray detector (EDS) attached to a scanning electron microscope to measure the chemical composition of the otoliths of skipjack tuna. This research, which was conducted by Mr. James N. Ianelli, a former IATTC employee, at the University of Washington, was completed dur-

ing 1993. The results indicate that use of the EDS has potential for stock identification purposes. There was considerable variation among otoliths of fish from the same area, however, so it is not possible to classify the fish with 100-percent accuracy.

Most of the research was conducted with otoliths collected from skipjack caught off Baja California, Hawaii, and Fiji. Some of the otoliths of fish from Baja California and Hawaii were temporarily stored in alcohol after they were removed from the fish and others were not. Transverse sections were made of the otoliths, and readings were made for calcium, chlorine, potassium, strontium, sulfur, magnesium, phosphorus, sodium, and aluminum. Three readings, representing areas of early, mid-life, and recent growth, were recorded from each transverse section of otolith. Multivariate analyses of variance showed significant differences for the zones of the otoliths and the methods of handling the otoliths (preserved or not preserved in alcohol). Univariate analyses of variance showed that the chlorine readings were mainly responsible for the differences due to method of handling, and when these readings were removed before conducting multivariate analyses of variance significant differences were obtained only for the zones of the otoliths. The early, mid-life, and recent growth zones were different for fish from Hawaii and Fiji, indicating that they did not inhabit the same ocean areas during any of these periods. For fish from Hawaii and Baja California, the early and mid-life zones were similar, but the recent growth zones were different. This seems to indicate that they inhabited the same area during the early and mid-life periods, but acquired different characteristics during the recent period when they were in different areas. This corresponds with findings from early life history and tagging studies, which indicate that the great majority of skipjack which inhabit the eastern Pacific Ocean (EPO) were hatched in the central Pacific Ocean (CPO) and return to that area after a brief sojourn in the EPO. Eventually it may be feasible to take otoliths from samples of large skipjack caught in the CPO and determine which fish had made visits to the EPO and which had not.

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

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

Details as to how the analyses were carried out are given in the IATTC Annual Report for 1991, pages 33-34. It was concluded that skipjack are recruited into the fishery of Hawaii mostly during April and May and into the fishery of the EPO mostly during December, January, and February. These fish almost certainly result from spawning at different times of the year, but this does not preclude the possibility that the recruits to the two areas are members of the same stock.

### ***Bluefin studies***

The catches of bluefin in the eastern Pacific Ocean are much less than those of yellowfin and skipjack, but they are still of considerable importance to fishermen who operate off Southern California and northern Baja California. The IATTC staff has carried out research on bluefin, as time has permitted, since 1973. An informal workshop on northern bluefin tuna, involving scientists from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) of Japan and the IATTC, took place in La Jolla, California, on April 12-13, 1993. A list of 14 studies which should be conducted was prepared at that meeting. Six of these would be conducted by the IATTC staff and eight by the NRIFSF staff. This workshop, hopefully, marks the start of a period of increased research on bluefin tuna. Progress made on some of the studies to be carried out by the IATTC staff is described below.

#### ***Catches of northern bluefin by the Japanese high-seas longline fishery***

This study is based on data for the Japanese high-seas longline fishery for tunas kindly made available to the IATTC staff by the NRIFSF. 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 revealed that the fish are distributed furthest to the west during the spring and furthest to the east during the fall (Figure 27). 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 eastern Pacific during November and December of 1988 (Calif. Fish Game, 76 (3): 181-186). These fish may have appeared in the eastern Pacific because they were distributed further to the east during the fall of 1988 than is usually the case.

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

Cohort analyses for northern bluefin tuna in the Pacific Ocean are described in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 9. Yield-per-recruit analyses based upon estimates of the annual coefficient of fishing mortality ( $F$ ) obtained from these analyses are described in the IATTC Annual Report for 1992, even though the cohort analyses were performed during early 1993.

Yield-per-recruit analyses based upon estimates of  $F$  not obtained from cohort analyses were carried out during 1993, using the data on growth in Table 13 and the data on mortality in Table 14. Annual coefficients of natural mortality ( $M$ ) which are constant at 0.2 and 0.3 (natural mortality vectors 1 and 4 in Table 14) and which are initially greater than those values (natural mortality vectors 2, 3, 5, and 6 in Table 14) were used. It was assumed that the fish either remain in the western Pacific Ocean throughout their lives (Option 0), begin a west-east migration during their first year of life and then begin an east-west migration during their third year of life (Option 1), or begin a west-east migration during their second year of life and then begin an east-west migration during their third year of life (Option 2). The corresponding values of  $F$  were set at 0.4 for periods of substantial catches, 0.0 for periods of zero or very low catches, and 0.2 for periods of transition. Graphs showing the yields per recruit obtainable with different ages of entry into the fishery, different vectors of natural mortality, and three multipliers of the vectors of fishing effort are shown in Figure 28. Because the values of the natural and fishing mortality, especially the latter, are little more than guesses, the results of these analyses should not be taken literally. In every case the data show that the maximum yields per recruit are obtainable with ages at entry of 3 to 5 years (lengths of about 108 to 159 cm (43 to 63 inches); weights of

about 26 to 78 kg (57 to 172 pounds)). These results, as expected, are close to those obtained from the yield-per-recruit analyses based on data for  $F$  obtained from the cohort analyses (IATTC Annual Report for 1992, Figure 72). With natural mortality rates of 0.6, 0.5, 0.4, and 0.3 for age-0, age-1, age-2, and older fish, respectively ( $M$  vector 6 in Figure 28), the curves are relatively flat, especially for the lowest level of fishing effort. If such is the case, not much increase in the catch would be expected if the age at entry were increased. This vector and  $M$  vector 3 were selected to illustrate extreme cases;  $M$  vectors 2 and 5 are probably more realistic, assuming that the natural mortality decreases with age.

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

Exploitation of a stock of fish reduces the population size, and consequently the numbers of spawners and of eggs produced. If the number of eggs produced is sufficiently reduced, the numbers of recruits to the fishery will also be reduced. When that happens, recruitment overfishing is said to occur. Fortunately, reduction of the numbers of eggs produced does not always reduce the numbers of recruits because, in general, the survival rates of larval and early-juvenile fish are greater when their numbers are reduced. One of the goals of stock assessment is to determine the point at which reduction of the number of spawners is sufficient to reduce the numbers of recruits to the fishery. If and when this point is determined, the fishery can be managed so as to maintain the number of spawners at or above that critical level. (This is not the only goal of stock assessment and management. For example, even if the number of spawners is sufficient, it may be necessary to manage the fishery so as to minimize the capture of small fish, as greater yields per recruit can usually be obtained if the smaller fish are allowed to grow larger before they are harvested.)

Spawner-recruit analyses involve comparison of the numbers of recruits produced at various levels of spawning to attempt to determine, among other things, the level at which a stock should be maintained to avoid recruitment overfishing. Recruit-spawner analyses involve comparison of the numbers of eggs produced by a stock of fish under exploited and unexploited conditions to attempt to determine schemes for exploiting the stock without causing recruitment overfishing.

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

Good estimates of the numbers or densities of spawners and recruits of northern bluefin tuna in the Pacific Ocean are not available. The best available substitute for the latter is the catches of age-0 bluefin, in numbers of fish, in the western Pacific (IATTC Bulletin, 20 (9): Table 5). These data are reproduced in Table 15. They provide a valid index of the recruitment if the fishing effort and vulnerability of the fish to capture did not change during the period in question. No information about these is available, however. If they provide an adequate index of recruitment of bluefin, there does not seem to be a relationship between spawning and recruitment *within the range of abundance of spawners observed*.

#### ***Recruit-spawner relationship***

The reduction in spawning potential when a stock of fish is exploited can be expressed as the ratio between the number of eggs produced when the stock is exploited and the number of eggs produced in the absence of exploitation. This ratio, called the spawning potential ratio (SPR) by scientists who have studied the recruit-spawner relationships of other species of fish, can be estimated by estimating the relative numbers of eggs produced from estimates of the relative weights of the stock of mature fish in the population under exploited and unexploited conditions and calculating the ratio of the former to the latter. The following requirements must be satisfied:

1. The growth of the fish is not affected by the population density.
2. The ratio of males to females is not affected by exploitation which changes the age composition of the stock.
3. The numbers of eggs produced per year by the females are proportional to their weights.
4. The quality of the germ cells (eggs and spermatozoa) does not differ for fish of different ages.

This method was applied to northern bluefin tuna in the Pacific Ocean, using growth and mortality data listed in Tables 13 and 14. In the absence of information to the contrary, it was assumed that the four requirements listed above are satisfied. It was assumed that the fish either remain in the western Pacific Ocean (WPO) throughout their lives (Option 0), begin a west-east migration to the eastern Pacific Ocean (EPO) during their first year of life and then begin an east-west migration to the WPO during their third year of life (Option 1), or begin a west-east migration during their second year of life and then begin an east-west migration during their third year of life (Option 2). The annual coefficients of fishing mortality were set at 0.4 for periods of substantial catches, 0.0 for periods of zero or very low catches, and 0.2 for periods of transition. The two principal values of natural mortality, 0.2 and 0.3, were selected to bracket the estimate of 0.276 calculated in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, pages 16-17. In addition, because it seems likely that the natural mortality decreases with age, somewhat higher values were substituted for 0.2 and 0.3 for the early years of life. It was also assumed that the fish reach maturity at 5 years of age. Finally, it was assumed that the fish remaining alive through their 14th year of life die on their 14th birthday.

The relative weights of the stock of mature northern bluefin tuna under exploited and unexploited conditions and the corresponding SPRs are shown in Table 16. It can be seen that relative weights of the stock of exploited mature fish are much less than those of the stock of unexploited mature fish, and that the SPRs are low, ranging from 0.05 to 0.23. It can also be seen that the SPRs are considerably greater for Options 1 and 2 than for Option 0. This is because it was assumed that the fishing mortality rate is less in the EPO than in the WPO during some quarters and that there is no fishing mortality on fish which are crossing the ocean. It apparently takes a fish about two years to migrate from the EPO to the WPO (IATTC Bulletin, 20 (1): Table 9), so it was assumed that there is no fishing mortality for the migrants (Options 1 and 2) during the period between their third and fifth birthdays (Table 15).

It has been suggested (Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 32 (2): 487-497) that, as a rule of thumb, SPRs should be maintained at levels greater than 0.20. Most of the estimates of the SPRs for northern bluefin tuna calculated above are less than 0.20, but there is no evidence that this has reduced the recruitment.

The analyses discussed above are based upon estimates of growth and natural and fishing mortality. The estimates of growth probably do not differ greatly from the actual values, but those for natural and fishing mortality, particularly the latter, are little more than guesses. The best way to make the assessments more reliable would be to obtain more reliable estimates of natural and fishing mortality. This can be best done by carrying out fundamental research on the life history and exploitation of bluefin.

### ***Billfish research***

Billfishes are important to the tuna longline fisheries and the recreational fisheries of tropical and subtropical waters of the Atlantic, Pacific, and Indian Oceans. In addition, small amounts of billfish are taken incidentally by the purse-seine fisheries for tunas. Basic data on the biology of the billfishes, including information necessary for managing them, is currently lacking. As bill-

fishes share the habitat of tunas and are taken by the surface and subsurface fisheries for tunas, it is appropriate that the IATTC and other organizations involved in tuna research also conduct research on the billfishes.

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

RFLP analysis of mtDNA was applied to samples of 36 to 47 striped marlin, *Tetrapturus audax*, from each of four locations, Mexico, Ecuador, Hawaii, and Australia. The variation among fish from different locations was high, indicating limited gene flow.

There is disagreement among scientists regarding the taxonomic status of blue marlin. Some of them consider that there are two species, *Makaira nigricans* of the Atlantic Ocean and *M. mazara* of the Pacific and Indian Oceans, whereas others consider these to belong to a single species, *M. nigricans*. RFLP analysis of mtDNA was applied to 138 Atlantic and 106 Pacific blue marlin, and considerable variation was found both between and within oceans. It is surprising, in view of the long migrations undertaken by many blue marlin, that there would be so much diversity within oceans. One possible explanation is that a fish hatched in a particular area will return to that area when it is ready to spawn.

There is also disagreement among biologists regarding the taxonomy of sailfish. Some of them consider that there are two species, *Istiophorus platypterus* of the Pacific and Indian Oceans and *I. albicans* of the Atlantic Ocean, whereas others consider these to belong to a single species, *I. platypterus*. RFLP analysis of mtDNA was applied to 56 Atlantic and 33 Pacific sailfish, and again considerable variation was found both between and within oceans.

In contrast to the tunas, most billfishes demonstrate considerable genetic variation within oceans. Such being the case, severe overfishing in a portion of the Pacific Ocean could result in the loss of unique genetic characteristics. Accordingly, it is essential that the various stocks be defined, and then managed individually.

### **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. In the eastern Pacific Ocean fishermen seldom catch tunas less than about 30 cm in length, so pre-recruit tunas are not readily available for study. 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 29). The continental shelf is quite narrow at this location, with the 200-m (109-fathom) depth contour occurring only 6 to 10 km (3 to 5 nm) from shore. This provides the scientists working 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, salinity, and local circulation, 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, a recruitment research program should address the interaction between the biological system and the physical environment. This section describes the IATTC's early life history research program. Studies and experiments conducted in a laboratory setting are described first, followed by an account of the field studies.

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.) To date, 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.) Research at the Achotines Laboratory has focused on black skipjack, *Auxis* spp., and sierra, the most abundant scombrids in nearshore waters south of the Azuero Peninsula.

#### ***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 five-year project, funded mostly by the OFCF, at the Achotines Laboratory. The project encompasses research on: (1) the feasibility of culturing adult yellowfin tuna to supply larvae; (2) the production of food organisms for larval and juvenile tunas; and (3) the culturing of broodstock snappers (Lutjanidae) and/or corvina-like fishes (Sciaenidae) and production of food organisms for their larvae and juveniles.

Pre-construction engineering studies for expansion of and improvements to the infrastructure of the Achotines Laboratory were initiated late in 1993, and the construction will be carried out during 1994 and early 1995. Large tanks will be built to maintain adult yellowfin and snappers and/or corvina-like fishes. The existing seawater system and electrical power-generating plant will be improved and enlarged to accommodate the increased water requirements. The culture facilities at the Achotines Laboratory will be enlarged and upgraded to provide sufficient quantities of initial food organisms for the larvae spawned by the broodstock fishes. The capture and culture of broodstock fishes will begin as soon as the holding facilities are operational.

#### ***Propagation of scombrids in the laboratory***

Efforts to obtain fertilized eggs from adult scombrids to supply newly-hatched larvae for laboratory experiments continued during 1993. Adult black skipjack tuna caught at sea reached

sexual maturity and spawned during 1993 in tanks at the Achotines Laboratory. The fish, which ranged in length from 43 to 52 cm (17 to 20 inches), were caught by hook and line from a 4.5-m (15-ft) boat near the laboratory. They were placed in large plastic bags containing oxygenated seawater and 10 ppm of the anesthetic MS-222 (tricaine methane sulfonate) and transported to the laboratory within 5 to 20 minutes. They were then placed in a 4.5 m (15-ft) diameter, 18,000-L (4,800-gallon) acclimation and treatment pool and kept there for several weeks or months. Then the healthiest fish were moved to the broodstock tank. In the acclimation and treatment pool and the broodstock tank the fish were fed about 12 percent of their body weights per day of beef liver and fish. During the first quarter of 1993, it was noted that agonistic behavior among fish of different sizes and/or species held in the same tank appeared to cause mortalities. Therefore, only similar-sized black skipjack were held together thereafter.

During August 1993, five black skipjack measuring about 50 cm (20 inches) in length, which had been held since the second quarter of that year, spawned on four occasions. Spawning ceased after one of the fish, a 50-cm male, jumped out of the tank. About 33,000 to 113,000 eggs were collected from the broodstock tank on August 13, 15, 19, and 25. Spawning occurred during the evening of August 24 between 6:00 and 9:00 p.m. The temperatures in the broodstock tank ranged from 27° to 28°C (80.6° to 82.4°F) and the salinities from about 28 to 29 ‰ during the 12-day period encompassing the spawning events. Eggs from the August 24 spawning were examined at 9:30 p.m., at which time they were in the early Stage III of development (between the morula blastula and gastrulation stages). The eggs were 0.87 to 0.92 mm in diameter. More than 50 percent of the eggs hatched within 23 to 26 hours after spawning. When the eyes of the larvae were completely pigmented (approximately 37 to 39 hours after hatching), the larvae were offered wild-caught zooplankton collected with plankton nets of 100- and 40- $\mu$ m mesh and size graded between 35 and 200  $\mu$ m. The zooplankton consisted primarily of copepod nauplii, copepodids, and small adult copepods. Striking behavior was observed in the tanks after introduction of the food organisms, and preliminary examination of the guts of the larvae indicated that some had been feeding on copepod nauplii. However, none of the larvae survived more than 4 days after hatching. The mortalities may be due to inadequate levels of food or light in the tank during the first-feeding stage. Developmental series of eggs and larvae were preserved in 5-percent formalin, in 95-percent ethanol, and by freezing. Two starvation experiments were conducted, and specimens were fixed in Bouin's solution for histological analysis. The otoliths from the specimens that were preserved in ethanol will be examined to determine the periodicity and timing of formation of the first increment.

In October 1993, four black skipjack measuring about 45 cm in length were added to the broodstock tank, bringing the total number of fish in the tank to eight. These fish had been captured during September, and were moved to the broodstock tank after several weeks in the acclimation and treatment pool. Natural spawning resumed about one month later. From November 7 through the end of 1993, the fish spawned on 14 occasions, each time yielding from 17,000 to 230,000 fertilized eggs. The spawning intervals ranged from 3 to 11 days in November and early December. From mid-December to the end of 1993, the numbers of eggs spawned per day increased, and spawning occurred more frequently, at intervals of 1 to 5 days. The temperature in the broodstock tank ranged from 27° to 28°C (80.6° to 82.4°F), and the salinity was about 30 ‰.

The larvae that were hatched in captivity toward the end of 1993 were offered wild-caught zooplankton collected as described above and cultured rotifers. Several species of algae, *Isochrysis galbana*, *Thalassiosira* sp., *Rhodomonas* sp., and *Tetraselmis chuii*, were added to the tanks to "condition" the water and to provide more visual contrast for feeding. Different concentrations

and combinations of food were offered to the larvae in a variety of different-sized rearing tanks. At the end of 1993, none of the larvae produced in captivity had survived more than 5 days after hatching. Work will continue in 1994 on methods to increase the survival of these larvae.

Two yellowfin tuna about 60 cm in length were captured and transferred to tanks in the Achotines Laboratory in early March for broodstock purposes. They spent a total of 44 days in captivity and were feeding well when they died during a trial treatment for external parasites.

#### ***Joint Japanese-IATTC studies of larvae***

During 1992, staff members of the IATTC and the Japan Sea Farming Association (JASFA) carried out joint experiments to examine the growth, survival, nutritional condition, and feeding habits of larval yellowfin tuna. These studies took place at JASFA's Yaeyama Station on Ishigaki Island, Okinawa Prefecture. Yellowfin broodstock are held in anchored sea pens in waters adjacent to the Yaeyama Station. Some of the preserved samples taken from the experiments were analyzed during 1993 at IATTC's La Jolla laboratory.

One of the studies was designed to determine if first-feeding yellowfin larvae exhibited selectivity for certain types of prey when provided a choice from a prey assemblage. This information is necessary for determining the optimum diets for yellowfin larvae under culture conditions. Fertilized yellowfin eggs were collected from the sea pens in mid-October at a water temperature of 26.5°C (79.7°F). The eggs were hatched in the laboratory, and yolk-sac larvae were distributed randomly in circular tanks containing 300 L of filtered sea water. After yolk absorption (about 2.5 days after hatching), food was introduced into the tanks. The food consisted of equal mixtures of two types of zooplankton: (1) size-graded, wild zooplankton collected from local waters, and (2) cultured rotifers. The wild zooplankton consisted mainly of copepod nauplii, juvenile and adult copepods, and nauplii of other invertebrates. Samples of yellowfin larvae were removed from each tank at 12- to 24-hour intervals over a 4-day period, and the larvae were fixed in 10-percent formalin for gut-content analysis. Concurrently, whole-water aliquots were taken from each tank to measure the concentrations of prey for calculation of indices of food selectivity. Preliminary results from an analysis of the gut contents of 121 fish indicated that the larvae had fed almost exclusively on copepod nauplii and juvenile and adult copepods. Copepod nauplii were the dominant food type by number, constituting more than 90 percent of all prey consumed. Over the 4-day study period, juvenile and adult copepods increased in percentage occurrence from 1.5 percent (Day 1) to over 6.0 percent (Day 4) of the total number of prey consumed. Rotifers, although comprising 30 to 50 percent of the available forage, were consumed in low numbers (<2.0 percent of all prey consumed). The mean number of prey consumed per larva during each of the 4 days of feeding ranged from 14 to 22. (The absolute range was 1 to 49 prey per larva.) The mean breadth of prey selected by first-feeding yellowfin ranged from approximately 60 to 70 µm. (The range of prey breadth for most first-feeding marine fish larvae is 50 to 100 µm.)

Another experiment was conducted in September 1992 by JASFA and IATTC staff members at the Yaeyama Station to determine the timing and periodicity of increment formation in the otoliths of yellowfin tuna larvae and the relationship between somatic and otolith growth, as knowledge of these is necessary for back-calculating stage- and age-specific growth rates from measurements of increment widths. The rearing was conducted at two different temperatures to determine whether temperature has an effect on somatic or otolith growth. Spawning by the yellowfin broodstock occurred at approximately 10:00 p.m., after which approximately 370,000 fertilized eggs were collected at the surface of one of the sea pens. The sea-surface temperature was 28.4°C (83.1°F). In the laboratory, the eggs were placed in two 100-L (26-gallon) tanks at densities of 31 and 32 eggs per L, respectively. The water temperatures in the tanks were maintained

at 26° and 29°C (78.8° and 84.2°F). These temperatures were selected because yellowfin are known to spawn at sea-surface temperatures in this range. The following morning, the eggs were distributed among six 30-L (8-gallon) tanks, three at each temperature, at densities of 13 eggs per L. The larvae were sampled at hatching, and thereafter at 12-hour intervals for 4 days, and preserved in ethanol. The experiment was terminated after 4 days because the larvae survived poorly at the higher temperature. The JASFA staff members also reared a large number of the larvae in a 5,000-L (1,320-gallon) rectangular tank at the ambient water temperatures of the bay adjacent to the Yaeyama Station. Some of these larvae survived up to 24 days, and 10 specimens were preserved for validation purposes.

The sagittae and lapilli otoliths were present in the yellowfin larvae prior to hatching. Because most otoliths were only 8 to 12  $\mu\text{m}$  in diameter at hatching, handling and preparation of the otoliths for examination with the light microscope (LM) and scanning electron microscope (SEM) were difficult. It was possible to see the increments on the otoliths of 0.5- to 1-day-old larvae with the LM. The increments on the otoliths of the older larvae could not be seen with either the LM or SEM until they were imbedded in resin, polished in frontal or transverse sections, and etched with 0.05N hydrochloric acid. After etching, the increments were counted using either the highest magnification possible with the LM (1440x) or the SEM at magnifications up to 6000x. The increments in the otoliths from larvae more than 16 days old could be counted only with the SEM because the increments were, on average, only 0.3  $\mu\text{m}$  in width near the core (initial center of growth). The number of increments counted indicates that the first increment is formed within 12 hours after hatching and that thereafter increments are formed daily during the first 16 days after hatching (Table 17). The relationship between increments and time after hatching was calculated to be  $I = 0.06 + 0.98d$ , where  $I$  = number of increments and  $d$  = number of days. The regression coefficient of  $0.98 \pm 0.01$  standard deviations (SD) was not significantly different from 1 ( $t_{0.05(24)} = 1.96, P > 0.05$ ). Use of the number of increments counted in the otoliths of larvae that were 24 days old to estimate their ages, however, produced estimates of the age which were 1 to 4 days less than the actual ages (Table 17). The relationship becomes  $I = 0.33 + 0.92d$  when 24-day-old larvae were included in the regression analysis. The deposition rate of  $0.92 \pm 0.02$  SD increments per day is significantly less than 1 ( $t_{0.05(27)} = 5.41, P < 0.001$ ). Daily deposition may have been interrupted, but it seems more likely that some increments were not detected in the core region of the otoliths. Over-polishing and over-etching can easily destroy increments in this poorly-defined region of the otolith. Otoliths from laboratory-reared larvae are often much more difficult to prepare and interpret, compared to otoliths from field-collected specimens. Laboratory conditions appear to affect the otoliths of these larvae adversely, resulting in poorly-defined increments. The results of the experiment to determine the effects of temperature on otolith and somatic growth will be analyzed during 1994.

During 1993, joint experiments were initiated by IATTC and JASFA staff members at the Yaeyama Station to study the early life history of bluefin tuna. The purpose of the laboratory experiments was to determine the optimum conditions (*e.g.* temperature, light, food type, and food concentration) for culture of bluefin larvae. Newly-hatched bluefin larvae were obtained from a private company in Japan, and the hatchlings were shipped by air to the Yaeyama Station. A 10-day larval growth experiment was completed, as was an analysis of starvation rates. Samples of 1- to 10-day-old larvae were preserved in ethanol for analyses of formation of increments in the otoliths and of otolith morphology. Two food-selectivity experiments were completed. The first experiment examined the selectivity of first-feeding larvae that were provided a choice between wild copepod nauplii and cultured rotifers, and the second tested the selectivity of larger larvae that were provided a choice between wild copepods and cultured brine shrimp. These joint experiments represent the first experimental studies ever undertaken of bluefin tuna larvae.

### ***Growth and survival of late-larval and early-juvenile black skipjack***

The results of an experiment carried out in late 1992 at the Achotines Laboratory to measure the effects of water temperature and food concentration on the growth and survival of late-larval and early-juvenile black skipjack tuna were analyzed during 1993. The black skipjack were captured by nightlighting 8 to 11 km (4 to 6 nm) off the southern Azuero Peninsula, Panama, and transferred alive to the laboratory. After acclimation in holding tanks for 48 to 60 hours, the fish, which measured about 15 mm standard length, were transferred to six 330-L (87-gallon) fiberglass tanks containing seawater at 23°C (73.4°F) and six similar tanks containing seawater at 28°C (82.4°F). Food concentrations of 10, 40, and 80 wild-caught zooplankters per liter each were maintained in duplicate tanks at each temperature. Subsamples of fish were removed from each tank at the start of the experiment to estimate the initial lengths and weights of the fish, and feeding trials were initiated with nine fish in each tank. After 8 days, the surviving fish were sacrificed and measured to the nearest 0.1 mm, dried for 72 hours at 60°C (140°F), and weighed to the nearest milligram.

There are two seasons in the study area off the Pacific coast of Panama. The rainy season is a period of reduced upwelling, with sea-surface temperatures (SSTs) of about 27° to 29°C (81° to 84°F) and relatively low zooplankton abundance. The dry season is a period of wind-driven upwelling, with SSTs of about 22° to 25°C (72° to 77°F) and relatively abundant zooplankton. In the laboratory experiments, the temperatures of the rainy and dry seasons were simulated by the higher and lower temperatures, respectively, in the tanks.

The survival of the black skipjack ranged from 44 to 100 percent in the different tanks, and was not affected by temperature. The survival was significantly less at low food concentrations than at medium and high food concentrations. The growth of the fish ranged from 0.71 to 2.44 mm per day. The maximum growth in length and weight occurred at 28°C (82.4°F) and at the greatest concentration of food. The growth in the laboratory was up to 60 percent greater during the simulated rainy season than during the simulated dry season. Accordingly, the growth in nature may, at times, be temperature-limited during the dry season and food-limited during the rainy season.

### ***Respirometry***

The tunas are unique among bony fishes in possessing countercurrent heat exchangers (*retia mirabilia*) in the circulatory system which enable the fish to conserve metabolic heat and maintain body temperatures greater than those of the surrounding water (endothermy). Dr. Kathryn Dickson, a member of the faculty of California State University at Fullerton (CSUF) and a specialist in fish physiology and biochemistry, is conducting studies to determine if elevated muscle temperatures allow tunas to swim faster. Dr. Dickson and three undergraduate student assistants spent approximately 3 weeks at the Achotines Laboratory during January 1993, testing a recently-constructed swimming-tunnel respirometer for use on young tunas. Dr. Dickson is preparing for a research project to be conducted at the Achotines Laboratory to measure metabolic rates of juvenile tunas swimming at speeds up to the maximal aerobic speed or critical speed, the maximum speed a fish is able to sustain for a prescribed period of time.

The respirometer was first tested with green jacks (*Caranx caballus*) which were caught by hook and line within about 20 km (10 nm) of the Achotines Laboratory. They had been maintained in the laboratory for up to 4 days before being placed in the respirometer. Oxygen consumption rates over a range of speeds were measured for two individuals, and the critical speed was determined for one individual. A black skipjack measuring 195 mm (8 inches) fork length (FL), which had been caught by nightlighting about 4 months before, was also tested in the

respirometer. It swam in the respirometer for 18 hours, during which its oxygen consumption rates were measured at three swimming speeds. Its critical speed was not determined, however, because it was in poor condition before being placed in the respirometer. Three sierra, measuring 100 to 120 mm (4 to 5 inches) FL, which had been collected with a beach seine and raised for up to 18 days at the Achotines Laboratory, were also tested in the respirometer, but no valid data were obtained because the fish were too small for the respirometer. An insert for the respirometer swimming chamber will be fabricated to accommodate smaller fish.

In addition to the respirometer trials, muscle temperatures ( $T_m$ ) of three black skipjack juveniles measuring 55, 62, and 84 mm, which had been collected by nightlighting on January 7, 1993, were measured after having been reared in the laboratory for about 2 weeks. The  $T_m$  values were elevated by 0.6°C, 0.6°C, and 1.0°C, respectively, over the ambient water temperature. These values agree with data that Dr. Dickson collected previously at the Achotines Laboratory. Samples of black skipjack, yellowfin, and sierra collected in Panama were transported to Dr. Dickson's laboratory at CSUF for analysis of factors which may limit the ability to elevate muscle temperature, including the amount of red muscle, heat exchanger characteristics, body dimensions, and muscle heat production capacity (enzymic indices of aerobic capacity).

#### ***Ichthyoplankton and oceanographic studies***

Sampling for larval scombrids and measurement of physical parameters of the ocean was continued during 1993. The purpose of the sampling program is to obtain information on the day-night and seasonal patterns of vertical distribution, age and growth, diet, and nutritional condition of scombrid larvae in relation to the characteristics of the physical environment (temperature, salinity, oxygen, and light intensity) and the availability of forage organisms in the water column. The sampling was conducted at Station MSB (Figure 29). All the collections were made with a small Tucker trawl, an opening-closing sampling device capable of catching larvae at discrete depth strata, aboard a small research boat, the *Achotines III*. The Tucker trawl had a 75- x 83-cm (30- x 33-inch) mouth opening and a 335- $\mu$ m mesh net. Microzooplankton, which serve as forage for the larvae, were collected simultaneously with a smaller net (12- x 12-cm (5- x 5-inch) mouth opening) with finer (73- $\mu$ m) mesh nested inside the Tucker trawl. The trawl was also equipped with a data logger for recording time, water temperature, and depth of the net during the tow.

Three Tucker-trawl surveys were attempted each month, one during the daytime, one at night, and one during a consecutive day-night period. During the sampling surveys, two replicate oblique tows were made at five nominal depth strata: 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, and 60-80 m (0-3, 3-11, 11-22, 22-33, and 33-44 fathoms). The three shallow strata were sampled during each survey trip, while the two deeper strata were sampled once per quarter. Immediately before and after a series of tows was made, a CTDO cast was made to depths as great as 100 m (55 fathoms). The CTDO is an instrument which makes simultaneous, continuous measurements of the conductivity (salinity), temperature, depth, dissolved oxygen, and photosynthetically-available radiation (PAR) of the water over the depth of the cast. Observations of the weather, ambient light intensity, water clarity, and sea state were recorded at the time of the casts. The samples from the three shallower strata were split during the tows with a codend splitter, and preserved in a 95-percent ethanol solution for studies of growth and food habits, and in Bouin's solution for studies of nutritional condition. The samples collected at the two deeper strata were not split, and were preserved in a 5-percent formalin solution, as were the microzooplankton samples from all the strata. A water sample from the sea surface was taken during each survey for analysis of toxic phytoplankton.

All ichthyoplankton samples collected aboard the *Achotines III* are initially processed at the Achotines Laboratory. Scombrid larvae are removed from the plankton samples, identified to the lowest taxa possible, and measured. The larvae are then sent to staff scientists at the IATTC's La Jolla laboratory for further study. In addition to these samples, ichthyoplankton samples collected from the Panama Bight by an IATTC staff member aboard the U.S. National Oceanographic and Atmospheric Administration ship *McArthur* (see IATTC Annual Report for 1992) are being sorted by the Achotines Laboratory staff.

The study of the local environment of larval and juvenile tunas is a key element of the IATTC's field program in Panama. During their early life stages, scombrids are sensitive to ocean conditions, as these affect their physiological state, food supply, survival, and retention in areas that favor rapid growth. The objectives of the environmental studies are to describe the ocean environment off the Azuero Peninsula, to monitor long-term variation of key variables, and to determine the responses of small tunas to the physical and biological processes of their environment. Accordingly, in addition to the Tucker-trawl surveys, near-shore oceanographic surveys were attempted at least monthly at 14 stations along 3 transects extending seaward from Punta Mala, Achotines Bay, and Morro Puercos to the 2,000-m (1,094-fathom) isobath (Figure 29). Along each transect, observations were made in waters over the continental shelf, the shelf break, the continental slope, and the abyss. The station observations consisted of a CTDO cast to 100 m or to near-bottom, a Secchi disk cast, and weather observations. Water samples for subsequent analysis of salinity and oxygen content in the laboratory were collected several times during the surveys from near the surface and near the bottom, using Niskin bottles to calibrate the CTDO data.

The Tucker-trawl and oceanographic surveys conducted during 1993 are listed in Table 18. The surveys were severely curtailed during the first quarter due to inclement weather and mechanical problems with the *Achotines III*. Malfunctioning of the CTDO prevented the collection of some of the oceanographic data during August and September. Considerable progress has been made in reducing the backlog of samples to be sorted. In addition, sorting of 49 plankton samples collected in the Straits of Florida (see IATTC Annual Report for 1992) was completed. The ichthyoplankton and oceanographic sampling program was suspended in November until such time as the backlog of existing samples and data are analyzed and further studies are designed.

An experiment was initiated in August and repeated in October to investigate the efficiency of the 335- $\mu$ m mesh net which was used in the Tucker-trawl surveys. During both experiments, eight replicate tows were made with the 335- $\mu$ m mesh net and eight more with a much-finer 150- $\mu$ m mesh net. The density and size distribution of the scombrid larvae captured will be compared for each net in an attempt to quantify the levels of escapement and extrusion of small scombrid larvae through the larger-meshed net.

During the fourth quarter of 1993, an experiment to examine the effects of fixation and preservation on the volumes of plankton collected by net tows was completed. During routine Tucker-trawl sampling off the Achotines Laboratory, most of the ichthyoplankton samples have been split in the field (with the cod-end splitter on the trawl) and placed in different preservatives for different biological analyses. In order to compare the volumes of plankton that have been placed in different preservatives (either Bouin's solution, 95-percent ethanol, or 5-percent formalin), it is necessary to determine the potential changes caused by each preservative on the plankton volumes. During November, plankton was collected with the Tucker trawl at Station ASB (Figure 29). All tows were oblique between depths of 20 and 40 m (11 and 22 fathoms), and the durations of the tows were approximately 8 minutes. All plankton collected was placed in chilled seawater and transported to the laboratory. The plankton was divided equally into 13 aliquots.

The displacement volume of each aliquot was measured to the nearest 1 mL, and aliquots were placed in each of the three preservatives. During the first quarter of 1994, the samples will be re-measured, and adjustment factors for each preservative will be calculated.

### ***Zooplankton sampling***

During August and September 1993, plankton sampling was conducted in coastal waters near the Achotines Laboratory to examine the composition and abundance of wild-caught zooplankton of a size range suitable for first-feeding larvae. The purpose of the sampling was to determine if a sufficient quantity of food organisms (predominantly copepod nauplii) was available to rear and to implement experiments on first-feeding scombrid larvae hatched in the laboratory.

The plankton was sampled with a 0.5-m (20-inch) ring net with 40- $\mu$ m mesh at three locations near Frailes del Norte and Frailes del Sur, approximately 2 to 6 nm (4 to 11 km) offshore of the Achotines Laboratory (Figure 29). Oblique tows of 5 to 7 minutes were made during the day and night at depths between 3 and 11 m (1.6 and 6.0 fathoms). In the laboratory, the plankton from each tow was size-graded by siphoning it into one of three pairs of screens with apertures of 40 and 200  $\mu$ m, 200 and 335  $\mu$ m, or 335 and 500  $\mu$ m. Then several 1-mL aliquots of the plankton retained between the screens were sampled. The live copepod nauplii and other stages of copepods in the aliquots were counted. The mean of the counts was used to estimate the number of live organisms in the tow. When possible, the plankton catches were standardized to the numbers of copepod nauplii under 10 m<sup>2</sup> of sea surface.

The results of the sampling provide preliminary estimates of abundance of copepod nauplii during the rainy season in the vicinity of the Achotines Laboratory. The data indicate that greater numbers of nauplii were associated with particular sampling locations, rather than with particular times or depths of the tows. The abundances of nauplii were less variable and significantly greater in the area of the Rio Oria plume, near Frailes del Norte, than in the more-offshore locations. Small numbers of nauplii (<25,000 per 10 m<sup>2</sup> of sea surface) were retained between the 335- and 500- $\mu$ m screens and much larger numbers (>500,000 per 10 m<sup>2</sup> of sea surface) were retained between the 40- and 200- $\mu$ m and the 200- and 335- $\mu$ m screens. The widths of the nauplii retained between the two smaller pairs of screens were not significantly different. Therefore, it may be most efficient to size-grade the nauplii between 40- and 335- $\mu$ m for first-feeding scombrid larvae. The widths of the other stages of copepods retained between the 200- and 335- $\mu$ m screens were, however, larger than those retained between the 40- and 200- $\mu$ m screens.

Although the number of standardized tows was limited, these preliminary data indicate that sufficient numbers of food organisms were available during the rainy season to provide enough food for first-feeding scombrid larvae during experiments in the laboratory. However, further sampling is necessary to examine the temporal and spatial variation in abundance during both the rainy and the dry seasons.

### ***Snapper resource studies***

Mr. Amado Cano of Panama's Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) and IATTC staff members are conducting studies of some of the commercially-important coastal fishes of the Los Santos province of Panama. The purpose of the project, based at the Achotines Laboratory, is to provide fundamental information on the biology and potential catches of these species. Recent industrialization, principally through improved arrangements for processing and export of the catches, and the possible entry of larger vessels into the fishery make acquisition of estimates of the potential yields desirable. A sampling program was implemented in 1986 to survey and assess

the resources of snappers (family Lutjanidae), and other coastal fishes. Catch, effort, length, and weight data are being collected routinely by DGRM biologists. These basic data will provide information on species composition, size compositions, condition factors, catches per unit of effort by various configurations of gear, and seasonal variability of the above. *Lutjanus peru* is the primary species caught, but smaller quantities of *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, and *Hoplopagrus güntheri* are also taken. The first three species comprise over 90 percent of the catch in the Los Santos province.

Preparations continued in 1993 to establish a tagging program for *Lutjanus peru*, the most common snapper species caught in the fishery. An experiment was initiated in October 1992 at the Achotines Laboratory to assess the feasibility of using visible-implant (VI) tags for the tagging studies, and to measure the rates of tag shedding and growth of the fish. Forty captive snappers 218 to 420 mm in length were anesthetized with benzocaine and tagged with VI tags in two different locations on the body, the base of the pectoral fin and the isthmus. The fish were weighed and measured, and distributed in groups of 10 fish into four 3.7-m (12-ft) diameter tanks. The smaller fish were placed in two of the tanks, and the larger fish in the other two tanks. On six occasions during the 184-day duration of the experiment, the fish were anesthetized, examined for tag retention, measured, and weighed.

The tags were shed most rapidly from both regions of the body during the first 16 days of the experiment, during which time the small and large fish lost 20 and 45 percent, respectively, of the tags attached to the isthmus. The corresponding figures for the tags attached at the base of the pectoral fin were 100 percent for the small fish and 85 percent for the large ones. At the end of the experiment, the tag losses for the fish tagged at the isthmus were 25 and 50 percent for the small and large fish, respectively. In addition to tag losses, the alphanumeric codes on the tags located on the isthmus became illegible after as few as 16 days due to the formation of a thin opaque layer in the skin. All of the tags retained on the base of the pectoral fin were legible each time they were examined. These experiments demonstrated conclusively that VI tags should not be used for tagging *L. peru*, at least in those two regions of the body.

A project which includes research on the culturing of broodstock snappers and/or corvina-like fishes (Sciaenidae) and production of food organisms for their larvae and juveniles is described in a previous subsection entitled *Joint OFCF-Panama-IATTC project*.

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

During most of the period since the second quarter of 1990, the easterly winds have remained weaker than normal over the tropical Pacific Ocean east of 150°E. This weakness in the low-level tropical wind circulation is associated with the monthly Southern Oscillation Index (SOI) (the difference between the anomalies in the air pressures at the surface of the sea at Tahiti, French Polynesia, in the eastern South Pacific, and Darwin, Australia), which has been negative during most of this period. This has been one of the longest periods of weak easterly winds and negative SOIs since SOIs based on data from these stations were first recorded by the U.S. National Weather Service in 1966. A long period of predominantly-negative SOIs occurred also between the end of the El Niño of 1975-1976 and the beginning of the strongest El Niño of the 20th century, that of 1982-1983. Apparently there was a period of more than 5 years of weaker-than-normal easterly winds between 1925 and 1931 which ended with the very strong El Niño of 1930-1931. During periods when the SOI is negative, because of less-than-normal surface pressure over the eastern South Pacific and greater-than-normal surface pressure over northern Australia, the low-level atmospheric and oceanic circulations are weak, especially in the eastern tropical Pacific (ETP). This situation usually results in El Niño conditions, characterized by

above-normal sea-surface temperatures (SSTs) and sea levels, deeper-than-normal thermoclines, and abnormal surface ocean currents.

The ocean conditions in the ETP during the first quarter of 1993 were characteristic of the last half of the austral summer of many years in which El Niño conditions appear to be regenerating from an earlier warm-water episode or developing anew. For example, the SSTs along the equator east of 170°W were, on an average, near normal, but there were isolated areas south of the equator and off the coasts of Peru and Chile where the SSTs remained at or became more than 1°C (1.8°F) above normal. In addition, the SSTs remained above normal in a large region southwest of Baja California in which the SSTs had been 1° to 2°C (1.8° to 3.6°F) above normal since the first quarter of 1992. The distributions of the SST anomalies during the first quarter of 1993 and the first quarter of 1992 were markedly different (IATTC Quarterly Reports for January-March 1992 and January-March 1993: Figures 10 and 15, respectively). In contrast to the first quarter of 1993, during 1992 there was a rapid expansion of positive SST anomalies of 1° to 3°C (1.8° to 5.4°F) along the equator and in the coastal areas of Peru and northern Chile as the 1991-1992 El Niño intensified.

The U.S. National Weather Service's *Climate Diagnostics Bulletins* for January and February stated that the SOI was -1.0 during the first quarter of 1993, indicating that the low-level atmospheric circulation remained as weak as it had been during the fourth quarter of 1992. In general, the pressures were below normal over the sea surface along the west coast of South America. In addition, below-normal surface pressures had prevailed along the west coast of the United States during the third and fourth quarters of 1992. Thus, weaker-than-normal surface winds resulted in a decrease in mixing of the ocean surface layer off the west coasts in both hemispheres. The positive SST anomalies along the coastal areas of Baja California and southern Peru (Figure 30) resulted, in part, from the weak eastern Pacific high-pressure systems, which also caused the 1991-1992 El Niño conditions to persist into the first quarter of 1993. During this period the sea level remained slightly above normal, but data in the *Climate Diagnostics Bulletin* for February 1993 indicated that the thermocline along the equator east of 100°W descended to as much as 25 m (14 fathoms) below its normal depth.

During the second quarter of 1993, the conditions in the ETP were similar to those of the latter part of the first quarter. By June, however, there were clear indications that El Niño conditions were not intensifying or regenerating. Most significantly, the SOI increased from -1.6 in April to -0.6 in May. During this period, the easterly surface winds were strengthening in the tropics, especially west of 140°W, but in the eastern part of the ETP the winds remained weak. The weaker circulation in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (Figure 1) was reflected in the abnormally large region with SSTs greater than 29°C (84.2°F). The regions where the SSTs were more than 1°C above normal are shown in Figure 31. There were large areas with light winds and extensive local solar heating of the ocean surface along the central coast of Peru and in the region between 110°W and 135°W from Baja California to the equator during the first half of the second quarter. The sea level and depth of the thermocline had moved closer to their normal values by the end of the second quarter (Figure 30). To the west and south of Baja California the SSTs remained 1° to 2°C (1.8° to 3.6°F) above normal, except along frequent tropical storm paths, for the remainder of 1993. The western Pacific (west of 160°W) experienced near-normal ocean conditions and a normal incidence of tropical storms during the second half of 1993.

Analysis of SST data by the IATTC staff and information in the *Climate Diagnostics Bulletins* for July and August indicate that El Niño conditions almost disappeared during the third quarter of 1993. The ocean areas with positive SST anomalies greater than 1°C (1.8°F) were markedly smaller than during the previous quarter (IATTC Quarterly Reports for April-June and

July-September 1993: Figures 9 and 15, respectively). A similar situation occurred during 1992, but El Niño conditions reappeared during and after the fourth quarter of that year. At the end of the third quarter of 1993 it seemed likely, based upon data for previous years, that anti-El Niño conditions would develop by mid-1994. The changes in atmospheric and oceanic circulations were accompanied by a gradual return toward normal of the sea levels, TSMs, thermocline depths, and surface ocean currents over most of the ETP (Figure 30). During the third quarter this was due, in part, to a strengthening of the easterly surface winds, which was reflected in a positive trend of the SOI (Figure 30). The cooling trend, unlike the one which followed the third quarter of 1992, persisted, and that led to continuation of normal conditions in the ETP during the remainder of 1993.

During the fourth quarter of 1993, the atmospheric and oceanographic circulations continued to return slowly to normal. The evidence to support this is revealed in the SSTs, sea levels, thermocline depths, and SOIs in Figure 30. The SST data for December 1993 (Figure 32), which are representative of the fourth quarter, show that the SSTs had been returning to near-normal values over most of the ETP. In this chart, the ocean areas of the ETP with SSTs more than 1°C (1.8°F) above or below normal are markedly reduced in size relative to August 1993 (IATTC Quarterly Report for July-October 1993: Figure 15). The only remaining areas of significant size in the ETP with SSTs more than 1°C above normal were located southwest of Baja California and west of central Peru. These warmer-than-normal pockets had persisted throughout the year because of light surface winds which caused reduced surface-wind mixing in the upper layer of the ocean. The negative values of the SOI for the October 1992-December 1993 period reflected the weak surface high-pressure systems which have persisted off the west coasts of North and South America during this recent, prolonged El Niño episode. The depth of the thermocline was 5 to 10 m (3 to 6 fathoms) below its normal depth during October and November in the ETP, but it rose to near-normal by the end of the fourth quarter. The sea level continued to fall, and it was actually below normal by the end of the fourth quarter in most coastal areas off South America. The SOI had slowly risen to zero, after a prolonged period of negative values. The recent upward trend in the SOI resulted primarily from the strengthening of the easterly surface winds in both the central and eastern tropical Pacific. There was a possibility that El Niño conditions would return once again during the austral summer of 1993-1994. However, because the ocean environment had become more nearly normal than at any time during the last 24 months, ocean conditions for tuna fishing in the eastern Pacific Ocean, which are poor during El Niño episodes, may improve in 1994, especially in the coastal and offshore areas from Colombia to northern Peru.

#### **TUNA-DOLPHIN PROGRAM**

Yellowfin tuna in the size range of about 25 to 100 pounds (11 to 45 kg) 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 33. 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, and setting their nets around the dolphins and tunas. After retrieving most of the net, the vessel "backs down" to enable the dolphins to escape over the corkline of the net, and then retrieves the rest of the net and brings 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, 1976 meeting, minutes: 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, and (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.

### **Data collection**

#### **Coverage**

In 1993, observers from the IATTC Tuna-Dolphin Program accompanied 325 fishing trips made by purse seiners in the EPO. Twenty-two carryovers (trips which started in late 1992 and were completed in early 1993) brought the total number of such trips for 1993 to 347, all of them aboard Class-6 vessels (capacity >400 short tons) operated under the jurisdictions of Belize, Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

The sampling design for 1993 called for 100-percent coverage of trips of vessels fishing for tunas associated with dolphins in the EPO. Half of the trips of vessels of the Mexican and U.S. fleets were to be sampled by observers of their national programs (Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) of Mexico and the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS)) and the remainder by IATTC observers. All of the trips of vessels of other fleets were to be sampled by IATTC observers.

The Mexican and IATTC programs combined sampled 100 percent of the trips by vessels of the Mexican fleet. The U.S. and IATTC programs sampled approximately 98 percent of the trips by vessels of the U.S. fleet. One U.S. vessel did not carry an observer on its only trip as a Class-6 vessel. This vessel did not have a U.S. government permit to fish for tunas associated with dolphins, and thus was not required to carry an observer on that trip. (Subsequently, after modification of its cargo area, this vessel was reclassified as a Class-5 vessel.) The fleets of Belize, Colombia, Ecuador, Panama, Spain, Vanuatu, and Venezuela all had 100-percent coverage by the IATTC program in 1993.

The sampling coverage of Class-6 seiners of the international fleet by the IATTC international program and Mexican and U.S. national programs is summarized in Table 19. Over 73 percent of the trips were sampled by the IATTC program, and over 99 percent of them were sampled by the three programs combined. Both percentages are the highest for the 15 years in which the IATTC has been involved in this program.

#### **Training**

There were no observer training courses held during 1993, as the pool of IATTC-trained observers remained sufficient throughout the year to sample all the trips made by vessels of the international fleet.

## ***Gear program***

### ***Services***

During 1993 the gear program staff conducted alignments of dolphin safety panels (DSPs) and inspections of dolphin rescue gear aboard 40 vessels, 1 registered in Belize, 37 registered in Mexico, and 2 registered in Vanuatu. The standard DSP consists of two strips of 1 1/4-inch (3.2-cm) mesh, made of 24-thread nylon twine, which replace part of the 4 1/4-inch (10.8-cm) mesh adjacent to the corkline; dolphins are less likely to get their snouts entangled with the finer mesh when being released from the net. In order to check the alignment of the DSP, a trial set is made, during which an IATTC employee observes the performance of the net from an inflatable raft during back-down. He transmits his observations, comments, and suggestions to the fishing captain, and attempts are made to resolve any problems which may arise. Afterward, a report is prepared for the vessel owner or manager. This report contains a summary of the IATTC employee's observations and, if necessary, suggestions for improving the vessel's dolphin safety gear and/or procedures.

The IATTC also offers other services to help 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 performance of the vessels and fishing captains.

### ***Workshops***

Five workshops on reducing dolphin mortality were held during 1993. These workshops are intended not only for fishing 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. The locations where workshops were held and the numbers of participants are shown in Table 20.

### ***Fish-aggregating devices (FADs) project***

In July 1991, the IATTC and the U.S. NMFS deployed 30 drifting FADs in the EPO as part of a joint project funded by Bumble Bee Seafoods, Inc. (IATTC Annual Report for 1991: 30-33). In September 1992, it was decided to discontinue the satellite tracking of remaining FADs, as they had drifted out of the EPO (IATTC Annual Report for 1992: 57).

The buoy from FAD 24, which was deployed on July 23, 1991, at about 10°N- 122°W, was recovered on February 21, 1993, while adrift in the Suriago Strait in the Philippines. The buoy had drifted approximately 6,700 nautical miles (12,400 km) during the 580 days it was at sea. It was originally deployed with subsurface arrays attached that extended to a depth of about 150 feet (46 m). The person who recovered the buoy reported that it did not have any subsurface arrays attached to it, and that there was no associated fauna visible in its immediate vicinity.

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

In 1990, the IATTC began providing "dolphin-safe" certificates to purse-seine vessels which carried IATTC observers whose data verified the fact that no dolphins had been intentionally chased or encircled during that fishing trip. These certificates are issued only at the request of vessel management. In 1993, the IATTC issued 133 of these certificates to vessels under the jurisdictions of Belize, Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela.

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

During 1993, the IATTC issued on request *Statements of Participation* for 75 fishing trips by vessels under the jurisdictions of Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela. This document, which was initially requested by representatives of some nations, verifies that a vessel has been participating in the international observer program at the observer coverage level agreed upon by the nation in which it is registered and the IATTC. It 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.

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

The mortality of dolphins incidental to operations of the international purse-seine fishery for yellowfin tuna continued to decrease in 1993 (Figure 34). The total incidental mortality was 3,601 animals (Table 21), a 77- or 78-percent decrease relative to the 1992 estimates of 15,539 animals (mortality-per-set method) or 16,083 animals (mortality-per-ton method). The estimated mortalities, by species and stock, are shown in Table 21. The number of sets made on yellowfin tuna associated with dolphins decreased by 33 percent, and the number of tons of yellowfin tuna caught in sets on tunas associated with dolphins ("dolphin sets") decreased by 36 percent in 1993, as compared to 1992. The average mortality per set decreased from 1.50 animals per set in 1992 to 0.52 animals per set in 1993, a decrease of 65 percent. Similarly, the average mortality per ton decreased from 0.088 animals in 1992 to 0.031 animals in 1993, a decrease of 65 percent. The decrease in incidental mortality was therefore due to decreases in both the average mortality per set and the number of sets made on yellowfin tuna associated with dolphins.

Because there was complete observer coverage for the international purse-seine fishery in 1993, the total mortality of dolphins incidental to this fishery is known without sampling error. However, because detailed by-set data collected by the PNAAPD are not yet available to the IATTC staff, species and stock identification is not possible for those data. The total mortality, by species and stock, was therefore estimated by a new method which incorporates the information on the total mortality. Because the estimated proportions of mortality by stock for Mexican-flag vessels (IATTC data) differed significantly from that for non-Mexican-flag vessels for several stocks (possibly due to differences in the spatiotemporal distribution of fishing effort between the two fleet categories), an estimator of the mortality by stock with two strata, Mexican and non-Mexican vessels, was used. For the non-Mexican vessels, the mortality by stock was known without sampling error because there was 100-percent sampling coverage (IATTC and NMFS data). For the Mexican vessels, the proportions of the mortality by stock were estimated by using the IATTC data for Mexican-flag vessels to prorate the total mortality for the Mexican fleet (the sum of the mortalities recorded by observers of the PNAAPD and IATTC programs) to stocks. In other words, the mortality for the Mexican fleet by stock was estimated with a ratio estimator, for which the mortality of all stocks was regarded as the auxiliary variable. The estimated total mortalities by stock were computed as the sum of observed mortalities (non-Mexican fleet, IATTC and NMFS data) plus the prorated mortalities (Mexican fleet, IATTC and PNAAPD data). Bootstrap estimates of the standard errors of the mortalities for the stocks were computed with a resampling procedure for sample-survey data.

A dramatic reduction in the level of mortality incidental to this fishery has been made since 1986, the first year with adequate coverage for the international fleet (Figure 34). The estimated number of dolphin sets in 1993 has decreased by 34 percent relative to 1986. If the number of dolphin sets in 1993 had been comparable to that in 1986, the total dolphin mortality would have

been approximately 5,450 animals. The difference between 5,450 animals and the actual mortality for 1993 of 3,601 animals can be attributed to a reduction in the number of dolphin sets.

Improvements in dolphin safety gear and in the performance of fishing captains and crew members have led to a 96-percent reduction in the average mortality per set and a 97-percent reduction in the total mortality since 1986. The improvements in dolphin safety gear include a higher percentage of vessels with dolphin safety panels which meet or exceed the minimum recommended dimensions, increased use of rescue rafts, and use of high-intensity floodlights during dolphin rescue efforts during darkness. Seminars on mortality reduction techniques and gear inspection and net alignment services, provided by the IATTC staff, have improved the response of fishing captains and crew members to situations that could lead to high-mortality sets, thereby reducing the number of such sets. As a result of improvements in performance, the percentage of sets with zero mortality increased from 43 percent in 1986 to 86 percent in 1993, and the average number of live dolphins left in the net after backdown decreased from 5.9 animals per set in 1986 to 0.7 animals per set in 1993. Changes in the percentages of sets involving net collapses and canopies are other indicators of changes in performance of fishing captains and crew members. The percentage of sets involving net collapses decreased from 29 percent in 1986 to 13 percent in 1993 and the percentage of sets involving net canopies decreased from 22 percent in 1986 to less than 6 percent in 1993.

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

To monitor the possible effects of incidental mortality on the sizes of dolphin stocks, estimates of their abundance have been made, usually by applying line-transect methodology to data collected from tuna vessels, research vessels, or both. In recent years, the NMFS has carried out a series of cruises on research vessels for estimating the abundances of the major dolphin stocks. Due to fiscal constraints, however, the sampling has been less than adequate, and hence the confidence limits of the estimates are wide. IATTC staff members have analyzed data gathered by observers placed on board tuna purse seiners. The tuna-vessel data provide a large data base, with regular coverage of a substantial portion of the area occupied by the dolphin stocks. However, due to the nature of the fishery operations, the assumptions necessary for line transect sampling to yield unbiased estimates of absolute abundance are often violated. Procedures have therefore been developed to obtain estimates as insensitive as possible to those violations (see IATTC Annual Report for 1987: 33-35). However, since it is unlikely that these procedures remove all biases, the estimates should be considered as indices of relative abundance of the stocks, rather than estimates of their absolute abundance.

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

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

Smoothed confidence intervals are computed by combining the smoothing and bootstrap procedures. After obtaining a bootstrap estimate for a given stock for each year, the estimates are smoothed across years. This procedure is repeated 79 times, and for each year the 6th-smallest and 6th-largest smoothed estimates provide approximate 85-percent confidence limits. The sequence of medians of the smoothed bootstrap estimates is used as the "best" estimate of the trend. The smoothing procedure does not perform well on the first and last points of the series, so smoothed estimates are not given for the first and last years in the series for each stock. The IATTC staff has recently completed assessments of the smoothing method which indicate that it detects trends better, in most situations, than traditional methods based on linear regression analyses (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish Bull., 91 (2): 183-194).

The numbers of nautical miles of searching effort by tuna vessels with observers on board and the numbers of sightings made during these searching periods during 1993 are shown in Table 22. The relative abundance estimates for 1993 are shown in Table 23. The estimates of the underlying trends for each of the main stocks associated with tunas in the EPO are shown in Figures 35-41.

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

The data in Figure 35 indicate that the northeastern stock declined in abundance during the late 1970s, after which it has remained relatively stable.

For the western and southern offshore stock (Figure 36), the trend suggests that the population has been stable in recent years at a reduced level relative to that of the 1970s, although the early estimates are very imprecise. The apparent declining trend of recent years is not statistically significant.

#### ***Spinner dolphin***

The data for the eastern stock suggest that it has been stable during the last few years (Figure 37). With the exception of the high estimate for 1988, the unsmoothed indices for recent years for this stock are in the same range and similar to the levels estimated for the early 1980s.

The data in Figure 38 indicate that there have been no statistically significant changes in the whitebelly stock during the last decade. The smoothed estimates suggest a possible decline since 1987, although this is not significant.

#### ***Common dolphin***

For the northern stock, after the addition of the 1993 estimate, the 1992 smoothed index is significantly less than the indices for years prior to 1989 (Figure 39). However, as discussed in the IATTC Annual Report for 1991, pages 49-50, the interpretation of the recent trend in the indices is problematic, since the indices represent the abundance in only a fraction of the area of distribution of the stock. Aerial and ship surveys carried out during 1991 and early 1992 off Southern California showed large increases in abundance of common dolphins relative to previous estimates, suggesting that a shift in the distribution toward the northern portion of the range has occurred. Little fishing effort by tuna purse seiners occurs in most the area inhabited by this stock, so the estimates are seriously affected by this apparent change in distribution. In addition, the mortalities due to fishing have been low for this stock, amounting to less than 0.5 percent of the best available estimate of its absolute abundance.

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 40).

Data for the southern stock are very sparse, making trends in abundance difficult to assess (Figure 41).

#### ***Possible changes in bias for recent data***

In recent years, important technological and operational changes in the EPO purse-seine fleet have taken place. In particular, a greater proportion of the trips in 1993 were "dolphin-safe" trips, *i.e.* trips during which no sets were made on tunas associated with dolphins. These developments raise the possibility of changes in the biases affecting the indices of abundance, and there is reason for concern if the changes are likely to persist for a number of years. If that is the case, the data for the earlier and later years may not be comparable, in which case the IATTC staff's interpretations of the trends in the indices would be compromised. The number of sets on tunas associated with dolphins was less in 1993 than in any year of the 1985-1992 period, and the point estimates of the indices for 1993 for the most important stocks of dolphins are lower (although not significantly) than those of the previous years. It seems unlikely that the population sizes decreased, as the incidental mortality rates of recent years are among the lowest recorded. Moreover, there is evidence of a correlation between the indices for some of the stocks and the amount of effort directed toward dolphin-associated tuna schools.

In previous years, the IATTC staff investigated the possibility that changes are induced by the occurrence of high-resolution radar and dolphin-safe trips (see IATTC Annual Report for 1991: 50). The use of high-resolution radar apparently had no effect on the indices. The possible effect of an increasing proportion of dolphin-safe trips is an important concern, however. In most cases, the observer on a tuna vessel must rely on the crew for detecting dolphin herds, and such is always the case when the herds are detected from the helicopter. If the vessel is not searching for tunas associated with dolphins, the likelihood that some sightings are not recorded is greater than it would be on a regular trip, since the crew would be less motivated to report sightings to the observer. This would generate a downward bias in the estimates of the density of herds of dolphins. A related problem might occur with the use of helicopter sightings. Although in the past the staff has used data on herds first detected from the helicopter, it does not use the data for the sightings for which a herd size estimate is available only from the helicopter crew. If the vessel is not fishing for tunas associated with dolphins, it is more likely that herds detected by helicopter would not be investigated by the vessel, in which case the observer and crew of the vessel would not have the opportunity to estimate the size of the herd.

To assess the importance of these problems, the staff has estimated indices for 1990-1993, using different criteria for selecting the data, for the main stocks of dolphins: the northeastern and the western and southern stocks of the offshore spotted dolphin, spinner dolphins (pooled across stocks), and the central stock of common dolphins. Three criteria were considered: (1) excluding data for dolphin-safe trips and data for helicopter sightings for which no observer or vessel crew estimate of herd sizes are available; (2) including data for dolphin-safe trips and data for such helicopter sightings; and (3) excluding data for dolphin-safe trips, but including data for helicopter sightings. The inclusion of data for helicopter sightings required the estimation of an adjustment factor for herd size estimation, to account for differences between observer and crew estimates of herd sizes, similar to the bias adjustments procedures for herd size already in place.

The results indicate that there are no statistically-significant differences between the original estimates and those obtained after excluding data for dolphin-safe trips and data for helicopter sightings for which no observer or vessel crew estimate of herd sizes are available. There is some evidence of a significant difference when the original estimates are compared to the indices estimated after incorporation of the data for dolphin-safe trips and for helicopter sight-

ings. The differences are not significant when the data for dolphin-safe trips are excluded, but those for helicopter sightings are included.

These results must be viewed as preliminary, as further analyses are needed to assess adequately the importance of the recent changes. The staff is currently considering two potential problems. First, to keep incidental mortalities at low levels, purse-seiners might be avoiding dolphin herds associated with small tuna schools and, therefore, some of these herds might go unrecorded. Second, some vessels might begin the trip fishing only for tunas not associated with dolphins, and then switch to fishing for dolphin-associated tunas later during the trip if the fishing success is low. Although such trips would not be classified as dolphin-safe trips, some of the effort would be equivalent to that on such trips.

### ***Statuses of the coastal stock of spotted dolphin and the eastern stock of spinner dolphin***

During the Intergovernmental Meeting held in conjunction with the 52nd meeting of the IATTC at La Jolla, California, USA, on October 26-27, 1993, a discussion took place regarding the status of the stocks of coastal spotted and eastern spinner dolphins and the special regulations of the United States to limit the mortality of these stocks and, in some cases, to prohibit sets on them. The Mexican delegation asked that the IATTC staff prepare a report on the condition of these stocks for distribution to the governments concerned. The information in this section is from a Background Paper prepared in response to that request.

The 1988 amendments of the U.S. Marine Mammal Protection Act (MMPA) list a number of criteria that a nation must meet before its average incidental mortality rate of marine mammals is considered comparable to that of the United States. One of these criteria is that the total incidental mortalities of eastern spinner and coastal spotted dolphins attributed to the harvesting nation during 1989 and subsequent years must not exceed 15 and 2 percent, respectively, of the total incidental mortalities of marine mammals attributed to that nation. Although the reasons for providing an extra level of protection to these two stocks were not, to the IATTC staff's knowledge, explicitly stated at that time, it is believed that they were considered to be more likely to become threatened or endangered than the other stocks. Coastal spotted dolphins are restricted to a narrow coastal band in the EPO. Assessments of eastern spinner dolphins carried out during the early 1980s suggested that the population size had been severely reduced relative to its previous levels. The scientific community's level of knowledge of the statuses of these two stocks has increased since 1988, mostly as a consequence of intensive research conducted to estimate their abundances.

#### ***Coastal spotted dolphin***

##### ***Definition of the stocks***

The coastal spotted dolphin is the smallest of the three stocks of the spotted dolphin (*Stenella attenuata*); it actually represents a separate subspecies, *Stenella attenuata graffmani*. This stock is usually assumed to be restricted to a band 100 nautical miles (nm) wide extending along the west coast of the Americas from 28°N to 8°S (Figure 33). There is not a clear geographic separation between the coastal and the offshore stocks, however, as herds of offshore spotted dolphins are frequently found within the range of the coastal spotted dolphin. The proportions of sightings of each stock as a function of distance from the coast are approximately as follows (data from U.S. NMFS, NOAA Tech. Rep. NMFS 28, Figure 11):

Distance from coast (nm)	Percentage of coastal spotted dolphins	Distance from coast (nm)	Percentage of coastal spotted dolphins
0-10	100.0	50-60	3.4
10-20	86.0	60-70	6.7
20-30	58.2	70-80	6.3
30-40	27.7	80-90	2.8
40-50	17.2	90-100	0.0

It can be seen from these data that at about 20 to 40 nm from the coast approximately half of the sightings of spotted dolphins are assigned to each stock. The morphological differences between the coastal and offshore stocks are small and, as a consequence, the correct identification, to stock, of a herd of spotted dolphins at sea is difficult. This creates some technical problems in the estimation of the abundance and incidental mortality of this stock.

### **Abundance**

The IATTC staff utilizes data collected by observers on tuna boats to calculate indices of abundance for most of the major stocks of dolphins in the EPO. However, the reduced number of confirmed sightings and the difficulties that observers encounter in identifying the two stocks in the field make the use of those data impractical for coastal spotted dolphins.

There are two recent sources of information on the absolute abundance of this stock. First, a series of research cruises, the MOPS (Monitoring Of Porpoise Stocks) surveys, was carried out between 1986 and 1990 by the NMFS. These cruises covered a broad area of the EPO, since they were conducted to obtain data with which to calculate estimates of abundance for all the major species of dolphins. Because the cruises were not specifically designed for the estimation of the abundance of coastal spotted dolphins, however, the data are less than ideal for that purpose. A total of 23 sightings were made, 16 of which were positively identified as herds of coastal spotted dolphins and 7 of which were recorded as herds of unidentified spotted dolphins. The resulting best estimate for the stock is 29,800 dolphins, with a coefficient of variation (the ratio of the standard error of the estimate to the point estimate) of 35 percent and 95-percent confidence limits of 15,100 and 50,800 dolphins.

The second source of information is data collected on the 1992 PODS (Population of *Delphinus* Stocks) research cruise, also carried out by NMFS, for estimating the absolute population size of the central stock of the common dolphin. The preliminary results of the analysis of these data produced an estimate of 23,717 coastal spotted dolphins, with a coefficient of variation of 23 percent. For two reasons, this estimate is likely to be too low. First, the cruise covered an area extending from 14°N to 2°N, so that only a fraction of the total range of coastal spotted dolphins was covered. Second, the estimate does not include an adjustment for the sightings of spotted dolphins which could not be identified to the stock level.

Considering these two estimates and the caveats mentioned, it is concluded that the population size of the coastal spotted dolphins is approximately 30,000 animals. There are no reliable earlier estimates to which this estimate can be compared. An earlier estimate of about 114,000 animals from surveys conducted in 1977 and 1979 is biased upward because it was apparently based on the assumption that all spotted dolphins sighted within the range of the coastal spotted dolphin were coastal spotted dolphins. In addition, the methodology used to analyze the

sightings data was considerably different than that used to obtain the recent estimates, making comparisons problematic.

### ***Incidental mortality***

Mortalities of coastal spotted dolphins due to the fishery have been reported only occasionally. The numbers of mortalities reported by observers have been so low that it is difficult to calculate separate estimates of the total mortalities for this stock. As a consequence, the mortality estimates of the two offshore stocks produced routinely by the staff have included the mortality of coastal spotted dolphins. In recent years, the ability of the observers to identify coastal spotted dolphins has improved, and therefore the IATTC staff was asked to compute preliminary estimates of its incidental mortality during the 1986-1993 period.

These estimates, listed in Table 24, are less than the assumed 2-percent net intrinsic rate of increase of the stock, suggesting that the population size is not being significantly affected by the current levels of mortality. If it is considered that the average current population is about 30,000 animals, it can be seen that the mortality rates have been consistently less than 2 percent of the population estimates during the 1986-1993 period, except during 1990 when the estimated mortality rate was 2.71 percent.

This supports the current perception that the stock is not in danger of declining further, provided that the incidental mortality continues in the future at current or lower levels.

### ***Eastern spinner dolphin***

#### ***Definition of the stocks***

The most recent information available on the stocks of the spinner dolphin indicates the presence of three stocks in the EPO, the eastern stock, the whitebelly stock, and the Central American stock (formerly known as the Costa Rican stock). Of these, the eastern and the Central American stocks have been identified as different subspecies, *Stenella longirostris orientalis* and *Stenella longirostris centroamericana*, respectively. The whitebelly stock is now considered by some scientists to be a hybrid between the eastern spinner and the pantropical spinner dolphin *Stenella longirostris longirostris*. The distributions of the various stocks are shown in Figure 33. There is a large area of overlap in which eastern and the whitebelly spinners are frequently found in the same herds.

#### ***Abundance***

The eastern spinner is one of the principal stocks involved in the purse-seine fishery for tunas. Therefore, there is sufficient information on sightings from the observer data base to produce estimates of its relative abundance. The trends in the abundance indices obtained by the IATTC staff are shown in Figure 37. The data suggest that this stock declined during the late 1970s, after which there was a period of recovery, and then relative stability during recent years.

Estimates of absolute abundance are available for the 1986-1990 period from the MOPS cruises, which covered the entire range of the stock. The best estimate of the population size is 631,800 animals, with a coefficient of variation of 24 percent and 95-percent confidence limits of 389,500 and 938,300 animals.

In 1993, as a consequence of a petition for a listing of the eastern spinner as depleted under the provisions of the MMPA, an assessment of the status of the stock was carried out by the NMFS (U.S. NMFS Fish. Bull., 91 (4): 775-787). This assessment involved estimation of the historical population size, based on a simple population model and the estimates of past mortality and current abundance. According to the MMPA, a stock is considered to be depleted if its current

abundance is less than 60 percent of its level previous to exploitation. The eastern spinner stock was estimated to be at about 45 percent of its original size, so it was listed as depleted. Considerable controversy has surrounded the assessment because of the lack of information regarding the net intrinsic rate of increase of the stock and lack of adequate data on mortality rates for the 1959-1972 period. The assessment of the status of the stock based on this method is most sensitive to the estimate of current abundance. For example, in an earlier assessment (U.S. NMFS Fish. Bull., 81 (1): 1-13) carried out during the early 1980s, the population was estimated to be at about 20 percent of its original size.

### ***Incidental mortality***

Because the eastern spinner has been one of the main stocks involved in the fishery, the incidental mortality of eastern spinners has been an important component of the total mortality of dolphins. However, as can be seen in Table 25, that mortality has greatly diminished in recent years. The current mortality is less than the most conservative estimates of the maximum productivity rate for the stock; therefore, provided that the mortalities remain at the current level or are further reduced, the stock should continue to increase in abundance.

### ***Conclusions***

A review of the most recent information on the statuses of the coastal spotted and eastern spinner dolphin stocks indicates that at the current levels of incidental mortality the abundances of both stocks should be increasing, since the mortality rates are well below the commonly-accepted estimates of the net intrinsic rates of increase of the stocks. This is a change in the perception of the scientific community about the situation relative to that of the late 1980s, which probably prompted the regulations listed in the 1988 amendments to the MMPA. Because more is known about the abundance of the various stocks, it is now possible to establish mortality limits for individual stocks as numbers of animals, rather than as percentages of the mortalities of all stocks combined.

Proportional mortality limits have several disadvantages. First, because they are not related to the actual population sizes, they offer little protection if the total mortality is high. On the other hand, they can create some peculiar situations when the total mortality is low, as is the current situation. As the mortality limit for a given nation is reduced, then it becomes more likely that that nation will exceed its limit by chance, especially in the case of the coastal spotted dolphin, because the mortality of only a few animals can increase its share of the total mortalities to more than 2 percent. If that happened, the only way for the nation to avoid an embargo would be to increase its total incidental mortality without killing any additional coastal spotted dolphins. This problem can be illustrated by a hypothetical example. Consider the case of a nation whose vessels had caused the mortality of 50 dolphins, 2 of which were coastal spotted dolphins, by December 29 of a given year. Coastal spotted dolphins would comprise 4 percent of the mortalities of dolphins attributable to vessels of that nation, and if it was to avoid an embargo by the United States the percentage would have to be decreased to 2 percent by the end of the year. This could be accomplished if a vessel registered in that nation were to cause the mortalities of 50 additional dolphins, none of which were coastal spotted dolphins, by the end of the year. This solution to the problem, however, could be harmful to the stocks of dolphins involved.

### ***Tracking of dolphins and tunas***

During 1992, staff members of the IATTC, in cooperation with staff members of the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) and the University of Hawaii, initiated a study of the

relationship between spotted dolphins and yellowfin tuna by simultaneously releasing dolphins with radio transmitters and tunas with sonic transmitters from the same aggregations. It was believed that the information obtained by simultaneously tracking both species would be valuable in two ways. First, the study of tuna and dolphin movements and interactions, in conjunction with food-habits studies conducted by the IATTC and the NMFS (pages 31-32), would help to establish the dynamics of the tuna-dolphin bond and the extent, if any, to which it is food-based. Second, it could be determined whether the bond loosens or breaks under certain conditions, and, if so, whether the tuna would be vulnerable to capture by purse-seine gear at such times.

During the 1992 cruise (IATTC Annual Report for 1992: 60-63), attempts were made to capture spotted dolphins and yellowfin tuna from the same aggregations, attach transmitters to as many individuals of each species as practical, release them, and monitor their movements. The dolphins and tunas were captured by the U.S.-flag purse seiner, *Nicole K.*, and tracked from the U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ship, *McArthur*, and two of the *McArthur's* launches. Six dolphins were tagged and tracked; three time-depth recorders (TDRs) were deployed on the dolphins, and two of them were recovered when the dolphins were recaptured. Five tunas were tagged, but none could be tracked.

During November and December of 1993, a second cruise was conducted to continue the research. An area off the coast of central Mexico where the seas were likely to be the calmest during the period in question was selected for the operation. The Mexican-flag purse seiner, *Convemar*, was chartered by the IATTC and the Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) during this period to capture tunas and dolphins. As in 1992, the NOAA ship *McArthur* and two launches were used to track the dolphins and tunas. Scientists from the NMFS, the University of Hawaii, the PNAAPD, the Universidad Nacional de Costa Rica, and the IATTC participated in the tracking study. In addition, scientists from the PNAAPD conducted acoustic and bubble-curtain experiments aboard the *Convemar*.

The tunas captured by the purse seiner were tagged by swimmers, who attached sonic transmitters to their dorsal musculature with flat dart heads. Three types of transmitters were used: one type gives only horizontal movement information (V3: range 0.50-0.75 nm (926-1389 m), while the other two transmit the ambient pressure to monitor the animals' swimming depths, in addition to their locations (V7P: range 0.75-1.00 nm (1389-1852 m); V3P: range 0.50-0.75 nm). The transmitters had a nominal longevity of 8 to 13 days.

The dolphins were caught by swimmers inside the net prior to backdown and placed in a raft. They were outfitted with radio transmitters mounted on plastic saddles that were attached to the dorsal fin with two 1/4-inch (6-mm) plastic pins. The plastic pins were secured by magnesium nuts that corrode in sea water, releasing the package after a few weeks. The maximum range of the radio transmitters was about 13 nautical miles (24 km) when tracking from the *McArthur* or the *Convemar*. TDRs were also attached to most of the dolphin transmitter packages. This device recorded the depth of the package every 5 seconds, so the vertical movements of the dolphins could be compared with those of the tunas tagged with depth-sensitive transmitters. In order to recover the data, however, it was necessary to recapture the dolphins and remove the packages.

The entire tuna-dolphin aggregation was to be released from the net together, either by releasing the bow end of the net or by using the backdown method. Two tracking launches deployed by the *McArthur* were positioned along the anticipated escape route of the aggregation prior to the release. Both launches were rigged with sonic- and radio-tracking gear so that they could be used to track both the dolphins and the tunas. When sonic-tracking from the launches, the pulse repetition rate of the sonic transmitter was decoded, and the position of the launch,

time, and depth of the tuna were recorded approximately every 5 seconds. When radio-tracking from any of the vessels, the position, time, heading of the vessel, bearing to the dolphin, and signal strength were recorded every 15 minutes. A SEACAT mini-CTD (for measuring conductivity converted to salinity, temperature, and depth) or an expendable bathythermograph was deployed from the *McArthur* approximately every 4 hours to a depth of at least 200 m (109 fathoms).

Eighteen sets were made during the cruise; five dolphins were released with radio transmitters and six tunas were released with sonic tags. The five dolphins were tracked during the study from 1 to over 4 days, while three of the tunas carrying depth-sensitive transmitters were tracked for 1 hour, 8 hours, and 31 hours. Of the four TDRs deployed, three were recovered after the dolphins had been at liberty for 18.5 hours, 2 days, and over 4 days. These tracking data allow the comparison of the horizontal and vertical movements of the two species. The diving data can be interpreted to determine the times and depths that the dolphins feed and their preferred swimming depths, particularly in relation to the thermocline. The capability for making repetitive sets on the same dolphins and observing them from the helicopter also provided data on the recruitment of tuna to the dolphins. It also allowed the monitoring of changes in size and composition of the dolphin herds.

Analysis of the TDR data from the 1992 and 1993 cruises (five dolphins) indicates that spotted dolphins make deep dives at night (>40 m (22 fathoms)), apparently to feed on organisms associated with the deep-scattering layer as they migrate toward the surface at night. Deep dives are particularly apparent just before dawn and just after sunset. The deepest dive recorded was to 203 m (111 fathoms) during one of the dawn diving bouts of Dolphin D9. During the daytime, the dolphins typically dive to <20 m (11 fathoms).

The tunas showed a different pattern. During the day, they swam in the mixed layer to depths of about 35 to 40 m (19 to 22 fathoms), just below the typical diving depths of the dolphins. After dusk, however, the tunas remained at depths no greater than about 25 m (14 fathoms) at the same time that the dolphins were diving deeper. The deepest swimming depth of the tunas (T1) was 110 m (60 fathoms).

The relationship of the swimming depths of the dolphins and tunas with the depth of the thermocline is of particular interest, and data on this relationship will be scrutinized in 1994.

The simultaneous tracking of dolphins and tunas suggests that the association may not be permanent or obligatory, although the sample size is small and the analyses are as yet preliminary. During the 31-hour track of Tuna T1, the fish followed the dolphins for about 1 hour after they were released from the net, but then separated at 12:15 p.m. The tuna was not observed with dolphins throughout the rest of the track, even though several dolphin sightings were made in the close vicinity of the tuna. Tuna T5 was not released simultaneously with the dolphins (the dolphins were released at backdown, but the tuna had to be released afterward by opening the bow end of the net), but was with a dolphin herd later that evening (7:00 p.m.), as evidenced by the echolocation sounds heard through the tracking hydrophone and the visual observations of dolphins around one of the tracking boats.

### ***The International Dolphin Conservation Program***

#### ***Arrangements***

In 1972, when the U.S. Marine Mammal Protection Act (MMPA) was passed, U.S. vessels made up 77 percent of the carrying capacity of the purse-seine fleet of the EPO. During the following 20 years, many U.S. vessels left the EPO to fish in the western Pacific Ocean (WPO), and many others were re-registered in other nations. (There was a large exodus of U.S. vessels to the WPO during the El Niño episode of 1982-1983, but U.S. vessel owners and fishing captains had

been conducting exploratory fishing in the WPO prior to that. It is commonly assumed that many U.S. vessels remained in the WPO after the El Niño had disappeared and that other vessels transferred their operations to the WPO after that because of the difficulties in complying with the provisions of the MMPA. A NMFS scientist, however, reviewed the pertinent data and concluded that economic factors were primarily responsible for the transfer of U.S. vessels from the EPO to the WPO (North Amer. Jour. Fish. Manag., 11 (3): 241-252.) Also, during this period, many new vessels were built for companies based in nations other than the United States or for individuals who were citizens of those nations. As the fleets of the other nations increased in size, most of those nations passed laws similar to the MMPA.

During the mid-1970s, as the numbers of purse-seine vessels registered in nations other than the United States increased, it became apparent that the tuna-dolphin problem could not be resolved without the participation of fishermen of those nations. Accordingly, the IATTC's responsibilities were broadened in 1976 to address this problem, and it initiated the research program described above.

In 1992, at the 50th meeting of the IATTC, a resolution regarding the conservation of dolphins in the EPO was passed by its member governments. In addition, during a recess of the IATTC meeting, an intergovernmental meeting involving representatives of Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Nicaragua, Panama, Spain, the United States, Vanuatu, and Venezuela was held. At this meeting, the Agreement for the Conservation of Dolphins was passed. This agreement is almost identical to the IATTC resolution, except that the Agreement includes four nations, Colombia, Ecuador, Mexico, and Spain, which are not members of the IATTC, but which participate in the purse-seine fishery for tunas in the EPO. The objectives of the Agreement are "(1) progressively reducing dolphin mortality in the eastern Pacific Ocean (EPO) fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits and (2), with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins while maintaining the populations of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches year after year, and to limit and, if possible, eliminate the mortality of dolphins in the fishery of the EPO." The Agreement called for the following overall limits on the mortalities of dolphins (DMLs) caused by the fishery for tunas in the EPO: 1993, 19,500; 1994, 15,500; 1995, 12,000; 1996, 9,000; 1997, 7,500; 1998, 6,500; 1999, <5,000. Each government agrees to submit annually to the IATTC a list of vessels for "which such government has reasonable cause to believe will set on tunas associated with dolphins in the EPO" during the forthcoming year. The DML for individual vessels is determined by dividing the overall DML for the year by the number of vessels expected to fish for tunas associated with dolphins during that year.

In addition, the Agreement establishes two working groups, the International Review Panel (IRP) and the Scientific Advisory Board (SAB). The principal duties of the IRP are to review the performances of vessels with DMLs, to identify infractions of agreements concerning mortality of dolphins, and to inform the governments in which vessels committing infractions are registered of those infractions. Furthermore, it makes recommendations to the various governments for standardized sanctions for fishing captains, vessel owners, and observers and for minimum standards for fishing gear. The principal duties of the SAB are to provide advice to the Director of the IATTC concerning research directed at reducing or eliminating the mortality of dolphins caused by the fishery for tunas in the EPO.

In 1993, 106 vessels were allocated DMLs, and the average individual DML was 183 dolphins. The total mortality of dolphins caused by the fishery for tunas was 3,601 animals, considerably less than the overall DML of 19,500 dolphins. Because of this, at an intergovernmental

meeting held in late 1993, it was agreed that the overall DML for 1994 would be reduced from 15,500 to 9,300 dolphins and that the overall DMLs for subsequent years would be revised later.

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

The International Review Panel (IRP) held three meetings during 1993, the second, third, and fourth meetings since its formation in 1992. All three meetings were held in La Jolla, California; the second meeting on January 27-29, the third meeting on May 31-June 2, and the fourth meeting on October 28-29.

The IRP follows a general reporting procedure to the governments concerned regarding compliance and non-compliance by vessels with laws and regulations which have been established for minimization of the mortalities of dolphins during fishing operations. Governments receive IRP trip-summary data forms, completed at sea by observers, for vessels under their jurisdictions. These are provided by the Secretariat (IATTC staff members) soon after fishing trips are completed. The IRP reviews the observer data for all completed fleet trips at its meetings, and after each meeting reports of possible infractions are sent to the governments of the nations which are responsible for enforcement of the laws and regulations for the vessels in question. The governments are to report back to the IRP on any action taken on infractions. The IRP then informs all the governments of compliance and non-compliance by means of an annual report presented to the governments at the time of an IATTC meeting.

There was no review of 1993 data at the second IRP meeting in January of 1993, as it was too early in the year for that. Completed trip data were reviewed at the third and fourth meetings. The IRP made decisions and took action on a number of issues at these meetings, including the following:

1. The minutes for each IRP meeting will be made public, but the proceedings of the meetings will not be made public, and confidential information will not be included in the minutes.
2. A vessel with a DML which changes its flag during the year will take its DML with it to its new flag.
3. The list of infractions and sanctions agreed upon by the IRP in 1992 was distributed to all governments party to the Agreement for the Conservation of Dolphins.
4. A report by a working group of legal and economic experts concerning options to ensure compliance to the Agreement, by nations both party and non-party to the Agreement, along with the IRP's recommendations with respect to that report, was submitted to all governments party to the Agreement.
5. Eight vessels were issued DMLs of 91 dolphins each for the last six months of 1993.
6. The IRP recommended to the governments criteria for issuing DMLs for 1994.
7. Seventy-three vessels were issued DMLs of 127 dolphins each for 1994.
8. The IRP agreed that all vessels, including those without DMLs, should have all of the necessary dolphin protection and rescue equipment, and that lack of such equipment would be reported to governments as a possible infraction.

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

The SAB met for the first time on April 14-15, 1993. As no members of the SAB had been appointed, interested persons, including fishermen, gear experts, fishery biologists, and marine mammalogists were invited to attend that meeting. Thirty-nine people, including six IATTC employees, were at the meeting. The meeting was a fruitful one, as there was general agreement as to which approaches to the problem were most likely to produce useful results. It was agreed that the next meeting would be held after about eight members had been appointed to the SAB.

## STATUS OF TUNA STOCKS IN 1993 AND OUTLOOK FOR 1994

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

The world catches of yellowfin have exceeded those of all other species of tuna except skipjack for many years. Yellowfin is the most important species taken by the surface fishery for tunas in the EPO. During the 1970-1974 period, the percentage contributions of the various ocean areas to the world catches of yellowfin were as follows: EPO, 40 to 48; western Pacific, 16 to 24; Atlantic, 24 to 29; Indian, 6 to 13 (Figure 42). The equivalent percentages for the 1988-1992 period were: EPO, 22 to 32; western Pacific, 34 to 45; Atlantic, 14 to 17; Indian, 16 to 20. 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.

A variety of age-structured and production models has been used by the IATTC staff to assess the effect that fishing has had on the abundance of yellowfin in the EPO and to determine the present condition of the resource.

#### *Age-structured models*

Age-structured models make use of data on recruitment and on the 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 composition 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, and analyses of these data are still in progress.

#### *Cohort analyses*

Cohort analyses performed by the IATTC staff have produced information concerning the abundance and mortality of fish of individual cohorts which has been highly useful for stock assessment. (A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X73 cohort, which reached a length of 30 cm in about November of that year, first entered the fishery in small numbers during the first half of 1974, and contributed to it significantly for the

first time during the second half of that year, and those of the Y73 cohort, which reached a length of 30 cm in about May of 1973, first entered the fishery in small numbers during the second half of that year, and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1974.) As a first step, the fish in the catch must be assigned to cohorts. Then estimates are made of the numbers of fish of each cohort at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the numbers which are caught and which die during each interval. The information needed for these calculations includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval for each cohort. These are called the "initiating" rates of fishing mortality. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency, weight-length, and sex-ratio data. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be easily distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus not only are the estimates of the catches of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the 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. (In practice, it varies somewhat among cohorts.) Also, the catchability of the fish varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, the growth rates vary, and the times of recruitment vary. All of these introduce "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

The estimated average populations of fish of the various cohorts, in numbers of fish, are shown in Table 26. For the X68 cohort, for example, there was an average of 23,667,000 0-year-olds during the last quarter of 1968, and the population of that cohort during the first, second, third, and fourth quarters of 1969 averaged 19.38, 15.76, 12.53, and 9.40 million fish, respectively (1969 rows, I column). In 1970 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 6.30, 3.76, 2.84, and 2.15 million fish, respectively (1970 rows, II column), and so on. The average numbers of 0-, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds of the seven X cohorts (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1963, and 1962) during the last quarter of 1968 were 23.67, 9.18, 2.26, 0.61, 0.13, 0.06, and 0.02 million, respectively (1968, last row). The table is read the same way for the Y cohorts as for the X cohorts, except that the Y cohort first appears during the second quarter of the year.

Estimates of the numbers of recruits for each cohort for 1967-1993 are listed in Table 27. The estimates for 1993 are preliminary and subject to change, however. This is because the recruits have been exposed to the fishery for less than one year, and if their vulnerability to capture was above or below average the recruitment would have been over- or underestimated. The same is true, to a lesser extent, for the estimates for 1991 and 1992. The averages of the initial recruitments (Columns 2-4) are 35 million for the X cohort and 42 million for the Y cohort; the averages of the average populations during the month of recruitment (Columns 5-7) are 34 million for the X cohort and 41 million for the Y cohort. The variability (ratio of the largest to the smallest estimate) among years is nearly the same for the X cohort (3.03) and the Y cohort (3.01), and that for the combined data (2.66) indicates an inverse relationship (not necessarily significant) for the two cohorts. The recruitment has been variable, but the average for 1977-1993 has exceeded that for 1967-1976. There appears to have been an upward trend in recruitment over the last 20 years or so, the initial recruitment averaging about 64, 76, and 92 million fish during the 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1993 periods, respectively (Figure 43). It could be argued,

however, that this is due to chance variation, especially for the 1973-1993 period, when the initial recruitment has averaged about 84 million fish.

The numbers of fish in Table 26 were converted to weights, using data on the average weights of fish of different sizes (Table 28) to calculate the estimated 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. Some tuning of these initiating rates was done to obtain a better comparison of the cohort estimates (Figure 53, bottom panel) to the other estimated trends in abundance (Figure 53, top and middle panels). The estimates of biomass shown in Figure 44 were calculated using monthly values. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the recruitment of X84 and Y84 cohorts combined was about average (Table 27) and their biomass (Figure 44, cross-hatched) was greatest at age 2. These cohorts were not fished heavily until 1987, when they were 2 years old (Figure 45). The initial recruitment of the X72 and Y72 cohorts combined (Figure 44, diagonal lines), on the other hand, was below average (Table 27), and after the Y-cohort fish were fished heavily as age-1 fish in 1973 (Figure 45) their biomass was relatively low (Figure 44) in the succeeding years.

In Figure 46 are shown the average annual biomass estimates for 1967 through 1993 for all fish regardless of age and for "large fish" (all X- and Y-cohort fish which had been in the fishery more than 17 months). During 1967-1971 the total biomass averaged about 360 thousand short tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from recruitment during 1965-1967 which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass of the older fish from 1969 to 1973. The lesser biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish increased in 1974 as a result of an extremely large 1973 year class (Tables 26 and 27). That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in 1975 and 1976. The greatest catch of yellowfin in the history of the fishery prior to 1985 was made during 1976 (Table 29). Below-average recruitment during 1975 and 1976, coupled with heavy exploitation of young fish from 1973 to 1982, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing until 1982, when it reached the lowest level observed in the recent history. Although the 1977 recruitment was well above average, exceeded only by those of 1973 and 1987, so many of these fish (and those of the 1978 recruitment) were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981 or 1982. The recruitment was below average from 1979 through 1982, about average from 1983 through 1985, above average from 1986 through 1991, about average in 1992, and above average in 1993. The biomass increased in 1983, due primarily to lesser fishing effort, and increased greatly in 1984 and 1985, due to increased recruitment and reduced fishing on young fish. Since then, based on cohort analyses, it has remained at about the same level.

The annual catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during 1970-1993 are shown in Figures 45 and 46. In Figure 45 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years, whereas in Figure 47 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year.

Comparison of Figures 44 (annual estimates of the biomass of the X and Y cohorts), 46 (annual estimates of the total biomass and the biomass of large fish), and 47 (catches during each year by age) reveals the changes which have taken place in the age composition of the population and the catch. During the 1970s, when the fishing effort was high, fewer and fewer individuals

survived to reach the larger sizes. The fishing effort was reduced in 1982, 1983, and 1984, which permitted many fish which would have been caught while young to grow larger. The total contributions of the combined X and Y cohorts from 1967 through 1989 (Figure 45) ranged from 148 thousand tons for the 1976 cohort to 392 thousand tons for that of 1987, with an average for the 23 groups of 232 thousand tons. If the Y73 cohort had not been fished so heavily during its first year the catches for that cohort would have been even greater. Division of these combined cohort catches by the corresponding initial estimates of recruitment (Table 27) gives yield-per-recruit estimates for each combined cohort (Figure 48) which varied from 4.8 to 7.5 pounds, (2.2 to 3.4 kg). The initial recruitment for 1967 through 1989 varied from 49 million to 130 million fish (Table 27), averaging 76 million fish, producing an average yield per recruit of 6.1 pounds (2.8 kg).

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

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

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

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

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners would be so reduced that the recruitment in subsequent

years would be reduced. Therefore a fishing strategy designed to produce the maximum yield per recruit will not necessarily produce the maximum yield. If the fishing pattern has an impact on the future recruitment, the maximum yield will be obtained by controlling the fishing to optimize the cohort size and yield per recruit simultaneously. This will be discussed in more detail later. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners would reduce the recruitment in subsequent years, as this does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model, as described here, does not take into account the possibility of changes in recruitment, but this is an integral part of production models, which will be discussed later.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower, or the natural mortality may be greater, when a population of fish is dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lesser natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical size and age will vary according to population density. This is another complication not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is automatically compensated for in production models.

Proceeding now to yellowfin in the EPO, the estimates of growth and natural mortality obtained by the IATTC staff are not as reliable as desired, but the critical size is estimated to be roughly 116 cm (70 pounds or 32 kg). 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 105 thousand tons for 1961-1970, as compared to about 84 thousand tons for 1951-1960. The offshore expansion of the fishery during the mid- and late 1960s was an important factor in these greater catches, but the increase in the average size of the fish caught was also partially responsible for the increased catches.

The objective of management specified by the IATTC convention is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY). Actually, as discussed in the first paragraph of this 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 yield-per-recruit modelling will provide yields which approach the AMSY, provided recruitment is independent of the number of spawners, as discussed above. The estimated yields per recruit produced by different combinations of size at entry and fishing effort for two different time periods are shown in Figure 49. (Fishing effort will be discussed in more detail in the section entitled *Production models*.) Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The calculations are based upon the growth-in-weight data shown in Table 28, coefficients of fishing mortality 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 more or less equally at small, medium, and large fish, whereas during the 1989-1992 period the effort was directed most at large fish and least at small ones. The effects of this shift can be seen in the age-frequency histograms in Figure 47. With an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 70 pounds (32 kg), the critical size, and the yield per recruit would be 9.3 pounds (4.2 kg). The sizes at entry which would produce the maximum yields per recruit for various multiples of fishing effort are shown in Figure 49 as dashed curves. These

are called eumetric fishing curves. For the 1978-1982 case, it can be seen in the upper panel of Figure 49 that if the size at entry were increased to about 42 pounds (19 kg) and the effort increased from 33 thousand days (the 1978-1982 level) to about 46 thousand days, the yield per recruit would increase from about 5.0 pounds (2.3 kg) to about 8.0 pounds (3.6 kg). For the 1989-1992 case (Figure 49, lower panel), changing the size at entry to about 42 pounds (19 kg) and increasing the effort from 21 thousand days (the 1989-1992 level) to about 46 thousand days would increase the yield per recruit from about 6.5 pounds (2.9 kg) to about 8.5 pounds (3.9 kg).

The above description contains the implicit assumption that alteration of the size at entry does not change the areal distribution of the fishing effort. This assumption would be justified if the fishery operated as follows. At first, when the size at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the size at entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is likely that if for any reason the size at entry for yellowfin were increased there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing mostly small fish and more in those containing mostly large fish, so the fishing effort on the large fish would probably increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit more than indicated in Figure 49. It appears that this has happened in recent years.

The total yield is the product of the estimates of the yield per recruit and recruitment. For example, the yield per recruit (determined from the lower edge of Figure 49) for the 1978-1982 period, with fishing effort of 33 thousand class-6 days, is about 5.0 pounds (2.3 kg). For the 1989-1992 period, with fishing effort of about 21 thousand days, the yield per recruit is about 6.5 pounds (2.9 kg). From the cohort analyses (pages 63-66) it was determined that the annual average yield per recruit was 6.3 pounds (2.9 kg) for 1967-1993 (Figure 48, bottom panel). The yields obtainable with these yields per recruit and an initial recruitment of 86 million fish, the average for 1977-1993, are as follows:

Period	Yield per recruit (pounds)	Recruitment (millions of fish)	Yield (thousands of tons)
1978-1982	5.0	86	215
1989-1992	6.5	86	280
1967-1993	6.3	86	271

The yield with the size-specific fishing mortality pattern of 1989-1992 is 30 percent greater than that with the pattern of 1978-1982. It was pointed out in previous Annual Reports of the IATTC that a shift of fishing effort from smaller to larger fish would increase the yields per recruit and catches. Such a shift did occur, and this resulted in increased catches during 1985, 1986, and 1987. The fishery took more smaller fish in 1988, however, due to especially high recruitment during 1987, and then returned to catching larger fish during the 1989-1993 period (Figure 16). As can be seen in Figure 48, bottom panel, the yield per recruit decreased to less than 6 pounds in 1988, and then averaged more than 6.7 pounds during the 1989-1993 period. The yield per recruit within a year (Figure 48, bottom panel) is highly correlated with the average weight caught (Figure 50) within that year (Figure 51).

### ***Production models***

Production models, in contrast to age-structured models, make use of data on the population as a whole, rather than on individual fish. When a population of fish has not been exposed to a fishery it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, *etc.*, prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality the population is said to be in equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than average and years of especially poor environmental conditions when the population is less than average, but these can often be ignored when looking at long-term trends.

If one or more fishing boats began to fish on the population the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still be due to recruitment and growth, but the losses to the population would be due not only to natural mortality, but also to fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

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

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions 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 and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with a greater CPUE. The catches will be less during the period of transition than at the new point of equilibrium.

It is appropriate at this point to examine the applicability and usefulness of production models for the yellowfin resource of the EPO. The previous discussion has dealt with "a population of fish." Production models are not applicable unless the amount of interchange between the fish in the area of study and adjacent areas is relatively low. The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA (Figure 52) has been studied, and the results have been discussed in previous Annual Reports of the IATTC. Prior to 1990, production modelling was done only for the CYRA, but, as mentioned on page 48 of the IATTC Annual Report for 1989, the staff has decided to carry out analyses based on the assumption that the catches made in the EPO (east of 150°W) come from a single stock. Limited data indicate that the mixing of fish between the EPO and the area to the west of 150°W is not extensive.

Assuming that production models are applicable, that fact can be detected only if (1) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including periods of both underfishing and overfishing, and (2) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort. It will be seen below that data are available for a wide range of levels of fishing effort. The effects of environmental conditions have been studied and reviewed in previous Annual Reports of the IATTC. As far as could be determined, these effects usually balanced out over fairly short periods of time, so it was decided that they could be ignored without invalidating the use of the model.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard type can be estimated, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factors. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The IATTC staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort have been measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs have been referred to as catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF). In this section only effort estimated by dividing the total yellowfin catch by the yellowfin CPDF of unregulated Class-6 purse seiners (greater than 400 tons capacity) is used except in the searching-time model (Figure 53, middle panel), which will be discussed in the next paragraph.

The CPDF values for 1967-1993 are shown in the top panel of Figure 53. In the middle panel of that figure is shown an index of abundance for 1970-1993 based on a "searching-time" model (IATTC Bulletin, 19 (3)) which is similar to the CPDF model. Indices of the abundance of yellowfin derived from the cohort analyses described previously are shown in the bottom panel of the figure. The trends for all three indices are similar, although the cohort index indicates greater abundance relative to 1970 than do the other two. Two of the indices show the population increasing from 1985 to 1986, decreasing from 1986 to 1987, and then remaining at about the same level. The other shows it increasing from 1984 to 1985 and then remaining at about the same level from 1985 to 1993, with a maximum in 1988 and a minimum in 1990.

The CPDF data shown in Table 29 and Figure 53, top panel, 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 1984-1993 have been even greater than expected, however. This was probably caused by (1) above-average recruitment, (2) the fact that, due to the lower demand for skipjack and small yellowfin, less of the effort was expended in areas where these are most abundant, and (3) the larger average size of yellowfin taken, which resulted in a greater yield per recruit. With reference to point (2), it should be noted that the searching-time model (Figure 53, middle panel) includes an adjustment for the effect of fishing in areas where skipjack occur.

The symmetrical production model, described below, was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the inshore area (Figure 52) 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 are termed Areas A1, A2, and A3, respectively, in Figure 52. If the interchange 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 interchange the AMSY of the three areas combined would be the sum of the individual AMSYs of the three areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish among the three areas, so the AMSY for A1, A2, and A3 combined is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs for A1, A2, and A3. These studies have been described in more detail in previous Annual Reports of the IATTC.

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

Regression techniques are used to obtain estimates of the parameters in the production models, using observed catch and effort data for a number of years. One of these parameters is an estimate of the population biomass at the beginning of the first year. The population biomass at the beginning of the second year is estimated by using the model, the catch in the first year,

and the other parameter estimates. This process is continued sequentially for the remaining years. Estimates of the average population biomass for each year are obtained similarly.

With production models, it is important to remember that the growth (positive or negative) of a population is determined by three factors, growth (due to growth of individual fish and to recruitment), natural loss, and catch. In any given year the catch is fixed, so whether the population increases or decreases is determined by its size at the beginning of the year. If, for any reason, natural factors cause the population to decrease more than expected from the model, the expected value for the beginning of the next year will be greater than the actual value. This over-estimation will continue until, for some reason, the population grows more rapidly than expected from the model. The opposite would be the case if the population at first grows more rapidly than expected from the model. There is a fundamental difference between underestimation and over-estimation, however. When the population growth is less than expected the catches will be reduced and the model will estimate changes which are less than the real changes. The catches will continue to be less than expected, but a catastrophic outcome will not be forecast. When the population is greater than expected the catches will be greater than expected, and the model will estimate declines in the population which are greater than the actual changes. If large catches occur in several successive years the model may forecast a complete collapse of the population even when it is at a safe level. This phenomenon is the result of the sequential process employed by the IATTC staff, and it probably manifested itself during the 1984-1991 period.

In the years previous to 1987 the estimation had been done without adjustments to compensate for the sequential nature of the estimation process, but by then, as explained in the preceding paragraph, it seemed necessary to make some sort of adjustment. The adjustment used to obtain the 1987 estimates was accomplished by interrupting the sequence of population estimates at 1985, and re-estimating the biomass by dividing the observed CPUE for 1985 by the estimate of the coefficient of catchability. This seemed like a reasonable adjustment, given that all three estimators shown in Figure 53 were high for 1985. The new procedure had minimal impacts on the estimates of the parameters, but a great impact on the estimate of the 1987 population size. In recent years two fits have been estimated, one for the 1968-1983 period and another for the period from 1984 to the most recent year for which data are available.

Two analyses for the CYRA based on production models were discussed in the IATTC Annual Reports for 1986, 1987, and 1988. One of these employed the logistic or symmetrical model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and CPUE is linear. The other employed the generalized stock production model, for which the equilibrium relationship between catch and CPUE need not be linear. For both of these only the effort data, estimated by dividing the total catch by the CPDF for Class-6 vessels, were used. For both of the fits the coefficient of catchability,  $q$ , was set equal to 0.000039, the estimate obtained previously with data for 1968-1982, implying that the catchability of the fish of the various ages has not changed with time. The data for these two curves are as follows:

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

$m$  is a parameter which controls the shape of the curve; 2 makes it symmetrical, values less than 2 make it skewed to the right, and values greater than 2 make it skewed to the left. The sum of

squares is a measure of the goodness of fit of the points to the curve, lower values of the sum of squares indicating better fits and *vice versa*.

Based on production model analyses employing data for 1968-1985, it was stated in the IATTC Annual Report for 1985 that to bring the CYRA stock to its optimum size the catch in the CYRA in 1986 should not exceed 224 thousand tons. However, because some estimates indicated a lesser amount than this, the 1986 maximum quota for the CYRA was set at 205 thousand tons. The catch in the CYRA in 1986 was 253 thousand tons, and yet the indices of abundance did not show a decline during 1986. It was shown previously that this unexpected increase in production was due to increased recruitment and yield per recruitment. Fluctuations in recruitment and changes in age-specific fishing mortality have always created difficulties in applying the results of production model analysis. As has already been stated, the recruitment was above average during 1983-1991, and probably 1993 as well, 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  $AMS_Y$  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 CPUEs in early 1989 were expected from the model. This, obviously, did not happen.

During the three periods mentioned on page 64 and shown in Figure 43, the estimated initial recruitments, average weights, yields per recruit, potential yields, and annual catches for the EPO were as follows:

Period	Initial recruitment (millions of fish)	Average weight in pounds (kilograms)	Yield per recruit (pounds)	Potential yield (EPO) (1000 tons)	Observed catch (1000 tons)
1967-1975	64	24.6 (11.2)	6.8	218	184
1976-1984	76	15.3 (6.9)	5.4	205	196
1985-1993	92	25.2 (11.4)	6.7	308	298

Since the observed catches during the first two periods were about the same (although for different reasons), fitting the production models to catch and effort data for 1968-1984 can be accomplished without complications. As both the recruitment and the yield per recruit increased during the last period, however, it has become impossible to explain the relationship between catch and effort by assuming that the population parameters remain constant. Accordingly, the data for the EPO have been fit with two different sets of parameters, one for the data for 1968-1983 and one for the data for 1984-1993 (Figures 54 and 55, top panels). The results are as follows:

Period	$m$	$q$	Maximum sustainable yield (EPO) in thousands of tons	Sum of squares ( $\times 10^{-9}$ )
1968-1983	2.0	0.000027	211	1.7680
1968-1983	0.8	0.000027	200	1.9000
1984-1993	2.0	0.000039	322	0.4547
1984-1993	0.8	0.000039	328	0.4520

The estimated yields for the 1984-1993 period seem too high, based on the yield-per-recruit modelling, but only 10 years of data are available, and only the last 9 contribute to the fitting. The symmetrical model ( $m = 2.0$ ) seems to give a better fit (Figure 54), but the asymmetrical model with  $m = 0.8$  (Figure 55) gives a lesser sum of squares for the latter period. The yield-per-recruit model indicates that the asymmetrical model should be more appropriate.

In the lower panels of Figures 54 and 55 the observed CPDFs are compared to the expected CPDFs computed from the model itself, using values for  $m$  of 2.0 and 0.8 and data for two different time periods. It can be seen that they correspond fairly well, on the average, over the series of years shown. In specific years there are wide divergences, however, particularly for  $m = 0.8$ . The reason for this is that the production models are essentially regression models which assume average conditions, and cannot reflect the effects of large, short-term changes in recruitment or age-specific mortality.

#### ***Status of the stock during 1993 and considerations for 1994***

Cohort analysis provides estimates of the number and weight of fish of each age group in the fishery at the beginning of 1994, and also provides the basis for estimating the catch in 1994, provided certain assumptions regarding the numbers of fish recruited, the fishing effort, and the age-specific fishing mortality during 1994 are fulfilled. The recruitments during 1993 and 1994 have been assumed to be about average and the fishing effort and age-specific fishing mortality during 1994 to be equal to that for 1993. It should be noted that the effort during 1991-1993 was substantially less than that during 1987-1990 (Figures 54 and 55). The results indicate that the catch during 1994 should be slightly less than that during 1993 unless the effort increases. 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 1994 catch, with effort at the 1993 level, would be somewhat less. If the recruitment during 1993 and 1994 proves to be below average the 1994 catch will be less than expected, of course.

The yield-per-recruit analyses demonstrate that the yield per recruit, at current effort levels, would be about 23 percent greater if in the future the fleet concentrates on larger fish, as during 1989-1992, rather than on smaller fish, as during 1978-1982 (the difference, at 18,000 days, between the solid and dashed curves in Figure 56). The current effort level is about 18 thousand class-6 purse-seine days per year, whereas the effort averaged about 33 thousand days per year during the 1978-1982 period. A reduction from 33 to 18 thousand days during the earlier period would have produced an increase of about 5 percent in the catch and about 93 percent in the catch per day. Therefore, the combination of increased yield per recruit and decreased effort would produce an increase of about 29 percent in the yield per recruit ( $1.05 \times 1.23 = 1.29$ ). The yield-per-recruit estimates for the two different age-specific fishing mortalities patterns are shown in Figure 56.

The effects of two different average levels of recruitment, those for 1989-1992 ("high") and 1967-1992 ("average"), combined with the average age-specific fishing mortality for 1989-1992, are shown in Figure 57. The catch, at the current level of effort, is about 30 percent greater with high recruitment than with average recruitment. The catch with high recruitment and effort at the 1989-1992 level is about 35 percent greater than the catch with average recruitment and effort at the 1978-1982 level.

The combined effects of high recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1989-1992 *versus* average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 are shown in Figure 58. In this instance the catch in the first case exceeds that for the second case by about 60 percent for effort levels between 10 thousand and 35 thousand days.

About half of the increase in the estimated catch would come from increased recruitment and about half from increased yield per recruit.

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 1994. Obviously, these estimates are not representative of conditions in the fishery. As noted above, age-structured analyses demonstrate that major changes in age-specific fishing mortality and recruitment have occurred during recent years, and these have caused the production from the stock to be much greater than expected from the model parameters for 1968-1983. If it is assumed that the data for the most recent years represent current conditions in the fishery, and the parameters of the production model are re-estimated as described previously, the expected catches correspond much more closely to the observed catches (lower panels of Figures 54 and 55). The re-estimated parameters of the model estimate that the equilibrium catch for the EPO for 1994, with the reduced effort levels of 1992-1993, should be approximately 275 to 285 thousand tons. As the stock size is estimated to be somewhat greater than optimum, the 1994 catch could exceed 285 thousand tons without decreasing the stock size below the optimum. With this reduced level of effort, the CPDF should be about 17 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 59). 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. One of the reasons that the Commission's laboratory at Achotines, Panama, was established was to obtain information which will make it possible to forecast the recruitment of yellowfin, but the necessary information will not be available in the near future. As was reported in the IATTC Annual Report for 1985, fluctuations in recruitment have seemed to be related to major changes in the ocean environment. The estimates of recruitment derived from the cohort analyses and presented in Table 27 show positive anomalies in recruitment in 1970, 1973, and 1977. These increases in recruitment were preceded by El Niño conditions in 1969, 1972, and 1976. On the basis of this relationship, it was not unexpected that there would be an increase in recruitment following the strong 1982-1983 El Niño, and indeed there was. Another El Niño, weaker and less widespread, occurred during 1986-1987. Thus from 1982 through 1987 the waters in the EPO were generally warmer than normal. The recruitment during the 1983-1989 period was the greatest on record for a 7-year period. During 1988 and 1989 strong anti-El Niño conditions prevailed in the EPO, but the recruitment was above average in 1989 and 1990. Accordingly, there is now less evidence supporting the hypothesis that El Niño events are at least partly responsible for above-average recruitments than there was in 1990.

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

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

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

Proceeding now to the second factor, it is theoretically possible to alter the size composition of the catch. This latter point has been made on numerous occasions, but no recommendations have been made for protecting the smaller fish. However, the catches of small fish were relatively low during 1985-1987 and 1989-1992, as was pointed out previously. This change in size composition of the catch was due, at least in part, to lesser demand for small fish, and there is no assurance that this situation will continue. In fact, restrictions on the catching of tunas in association with dolphins could cause a major increase in the catch of small fish (Figure 60). There are several methods which could be used to reduce the catches of small fish. First, the fishing effort could be reduced. Second, a minimum size limit could be set. Third, if small fish are predominant in certain areas during certain seasons fishing in those areas at those times could be restricted. Fourth, assuming that a system of annual closures could be reinstated, the opening date of the season could be shifted so as to reduce the amount of fishing during some period when small fish are most abundant in the catch.

With regard to the first approach, it has been pointed out that reduced fishing during the 1982-1984 period increased the average size of the fish in the population, which increased its productivity. Further decreases in effort would probably not increase the catch, however, unless the size composition of the stock became severely altered by heavy fishing on smaller fish. It has also been pointed out that reduced effort during 1978-1982 would have increased the catch by about 5 percent.

With regard to the second approach, analyses of size composition data show that in sets on tunas associated with floating objects and on tunas in free-swimming schools there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch skipjack and larger yellowfin. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased.

With regard to the third approach, the elimination of tuna fishing in areas where small yellowfin are most abundant would probably increase the yield per recruit of yellowfin, provided the fleet was able to operate successfully in large-fish areas, but the decrease in catches of skipjack would probably exceed the increase in catches of yellowfin, since skipjack are most abundant in the areas where small yellowfin are most abundant.

With regard to the fourth approach, it does not appear as though shifting the opening date of the season would be beneficial. During the earlier years of the period during which annual closures were in effect, when most of the fishing effort took place during the first half of the year, only small catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 1.5 to 4.5 pounds (0.7 to 2.0 kg) during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of vulnerability of the fish of this group to the fishery. During the later years, however, there was heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally thought.

The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulations on the actual catches (not landings) of small fish cannot be predicted.

With regard to the third factor, total catch, the IATTC staff has recommended only catch quotas (Table 29) for regulation of the fishery. The quotas have been for the CYRA, or portions of

it. When the quota was filled, or it appeared that it would be filled by vessels which were at sea prior to the closure date, vessels which were subject to the quota were permitted to fish for species other than yellowfin, and to land incidentally-caught yellowfin amounting to up to 15 percent of their total catch of tunas. Accordingly, the harvest of skipjack was not curtailed by the quotas for yellowfin.

The foregoing yield-per-recruit analyses, as shown by the dashed curve in Figure 58, demonstrate that the current effort level (18,000 days) is about 10 to 22 percent below the level (19,800 to 21,900 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 56-58). If the effort level for 1994 remains about the same as that of 1991-1993 (*i.e.* 18 thousand class-6 days) and the estimates of recruitment for the recent years are nearly correct, then the catch for 1994 should be about 260 to 300 thousand tons and the CPDF should be about 15 to 17 tons per day. The equilibrium catch with the 1993 age-specific fishing mortality, a recruitment of 88 million fish (the average of 1988-1993), and 18 thousand days of effort would be about 287 thousand tons per year, but it would take several years to reach equilibrium; the catch in 1994 would be about 260 thousand tons. If the effort were increased to about 25 thousand days, the equilibrium catch would increase to about 290 thousand tons, but in 1994 the catch would be about 322 thousand tons, and during succeeding years it would gradually decrease to about 290 tons. It should be noted that increasing the effort from 18 thousand to 25 thousand days would increase the equilibrium catch by about 3 thousand tons per year (a 1.0-percent increase), but the CPDF would drop from about 16 to about 12 tons per day (a 25-percent decrease).

The production models provide similar conclusions about the catch and CPDF for 1994, given that the effort level remains about the same level as that of 1991-1993. Estimates of the current stock size from the production models are substantially above the optimum. Since the stock estimate is greater than the optimum, the fishery could harvest more than the AMSY, which would be about 325 thousand tons per year from the EPO, with about 275 to 285 thousand tons of that coming from the CYRA. Care should be exercised in using the production model values, however, since the effort level has been near the optimum and almost constant since 1984. (The parameters have been estimated from data for 1984 through 1993.) Under these conditions, the estimates are very imprecise. If the fleet directs a greater portion of its effort toward fish not associated with dolphins in the future, the sustainable catch from the EPO will decline. This decline, which would take several years to manifest itself fully, could reduce the catches to as little as 150 to 200 thousand tons per year. (It should be noted, however, that production models have never been fitted to a series of data from the EPO which does not include fishing for tunas associated with dolphins.)

A recommendation for a quota on the catch of yellowfin would apply only to the CYRA, even though recent studies (IATTC Annual Report for 1989: 48) indicate that the fish of the CYRA and the portion of the EPO outside the CYRA probably belong to a single stock. In the portion of the EPO outside the CYRA the average size of the fish in the catch is near the critical size, and therefore optimum in terms of maximizing the yield per recruit. Accordingly, limits on the catch are not necessary for that area. Specific recommendations for regulations will be presented at the 53rd Meeting of the Commission, to be held in June 1994.

## **SKIPJACK**

The world catches of skipjack have exceeded those of any other species of tuna for many years. The proportions of the world catches of the principal market species (skipjack, yellowfin,

bigeye, albacore, and northern and southern bluefin) which were skipjack were 47, 45, 45, 51, and 48 percent in 1988, 1989, 1990, 1991, and 1992, respectively. In the Pacific Ocean 52, 47, 48, 55, and 51 percent of the catches in 1988, 1989, 1990, 1991, and 1992, respectively, were skipjack. The world catches of skipjack by area are shown in Figure 61. It is apparent that the catches in the Pacific Ocean are much greater than those in the Atlantic and Indian Oceans and that the catches in the western and central Pacific are much greater than those in the eastern Pacific Ocean (EPO). The catches in the EPO, except for those of the 1975-1981 period, which were greater, have remained at about the same level during the 1961-1993 period, while those of the other areas have greatly increased.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific near Central America, northern South America, Cocos Island-Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm water off southern Mexico which separates the two areas is usually nearly devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. The fishery for skipjack in the EPO tends to take place closer to shore than that for yellowfin, but in recent years greater portions of the skipjack catches have been made further offshore. In the central Pacific Ocean (CPO) there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Fiji, Indonesia, Japan, New Zealand, Papua New Guinea, the Philippines, the Solomon Islands, and many other islands, there are much more substantial fisheries for skipjack.

The total catches of skipjack in the EPO vary considerably from year to year (Figure 61), 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 1993 substantial catches were made off Colombia, Ecuador, and Peru (Figure 5).

The size compositions of skipjack samples taken in the EPO during 1988 through 1993 are shown in Figure 19. Differences among years are apparent; the fish were smaller during 1992 and 1993 than during any of 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 and skipjack in these sets, and the total catches of yellowfin and skipjack are listed in Table 30. It can be seen that 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 that this was the period of greatest catches of skipjack. There is currently considerable opposition from environmental groups and from 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.

If the fishery for surface-dwelling tunas were to depend more on skipjack and less on yellowfin in the future, the total catches of all species of tunas would probably fluctuate more from year to year than they did during the 1970s, 1980s, and early 1990s. This is because the avail-

ability of skipjack in the EPO is more variable than that of yellowfin. The catches per unit of effort (CPUEs) of skipjack vary among years by a factor of about seven (IATTC Bulletin, 19 (6): Tables 9 and 10), whereas those of yellowfin vary among years by a factor of about three (Table 29). The greater variability of skipjack is due to two factors. First, the recruitment of skipjack (IATTC Bulletin, 19 (6): Table 14) is more variable than that of yellowfin (Table 27). 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 catch rates.

### ***Population structure***

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur and how their distributions vary with time and age. This problem has been studied by various methods, including analyses of catch statistics, life history, tagging, and biochemical genetic data, 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 1980, and the conclusions reached at that meeting were discussed in detail in the IATTC Annual Report for 1984. 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.

A more recent study (Mar. Biol., 79 (3): 315-319) involving analysis of mitochondrial DNA (deoxyribonucleic acid) showed no significant *genetic* differences between Atlantic and Pacific skipjack. It is important to note, however, that these results do not imply rapid mixing of fish of the two oceans, as even very slow mixing is sufficient for maintenance of genetic homogeneity. If there are no genetic differences between Atlantic and Pacific skipjack, it is unlikely that there are genetic differences among skipjack of different parts of the Pacific Ocean.

The IATTC Annual Report for 1984 includes a discussion of the population structure of skipjack in the EPO and their relationship with those in the rest of the Pacific. Tagging has shown that there is little mixing of fish between the northern Mexico and northern South America-Central America areas. The catches of skipjack in the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, however, although in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other (Figure 62). Examination of all the data available at that time led to the conclusion that the skipjack of northern Mexico and northern South America-Central America are parts of a single group inhabiting an arc-shaped area with its tips at those two areas, and that the fish at the ends of the distribution mix at least to some extent on the spawning grounds of the central and/or western Pacific.

Research on the stock structure of skipjack completed during 1993 is described in the section of this report entitled ***Stock structure of skipjack***.

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

An examination of the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the EPO has been published in IATTC Bulletin, Vol. 19, No. 6. One study described in this report involved analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the EPO and (1) the average sea-surface temperature in the area of the Pacific Ocean between 135°W and 180° with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), and (2) the wind-mixing index (the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean) in this area.

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

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the EPO and the strength of the eastward-flowing North Equatorial Countercurrent were conducted. If skipjack use this current in their migration it would be expected that young fish would be carried to the EPO in greater-than-average numbers when the current is stronger and in less-than-average numbers when it is weaker. No significant correlation was found, however, between skipjack abundance and indices of current speed.

On the whole, the results of the IATTC staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions suggest that this relationship is complex and not obvious. 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 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.

### ***Stock assessment***

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

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

emigration for skipjack is estimated from length-frequency and tagging data to be roughly 75 to 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

Length-frequency and tag return data have been used to estimate the rate of growth of skipjack. As compared to yellowfin, it is much more difficult to follow the progressions of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the CPO and emigration in the opposite direction are obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the EPO. Tagging data are also useful in this respect, although most of the returns are from fish which have been at liberty only short periods of time, and thus are of limited value. Two recently-completed studies (IATTC Bulletin, 19 (4) and 19 (6)) furnish estimates of the linear growth rates and the parameters of the von Bertalanffy growth equation which are proving useful for studies of age-structured models.

The yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition (natural mortality plus emigration), fishing effort, and size at entry are shown in Figure 63. The IATTC staff's estimates of age-specific fishing mortality for 1986-1987 and of growth and natural attrition have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The sources of the growth-in-weight data were as follows:

Computation	Equation	Source
growth in length	24 cm per year	IATTC Bull., 19 (6)
weight-length relationship	$\log w = 3.336 \log l - 8.250$	IATTC Bull., 4 (2)

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

### ***Production models***

Production models, based on indices of abundance of the fish, have been described earlier in this report in the section dealing with stock assessment of yellowfin. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.* there is relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the EPO, and those in other areas where the species in question is exploited, or the exchange rates among subpopulations are known. Neither of these requirements is met, as tagging has

demonstrated interchange of fish of the eastern, central, and western Pacific Ocean (Figure 64), but the exchange rates are not known. Most of the skipjack caught in the EPO are taken relatively near the coast, and most of these are apparently the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the EPO, the CPO, and the western Pacific. Thus the amounts caught in the EPO may be determined by either the abundance of juveniles hatched in the central and/or western Pacific or the portion of juveniles in that or those areas which migrate to the EPO. In the absence of definition of the population being exploited, production modelling is of little or no value for skipjack in the EPO fishery.

#### ***Considerations for 1994***

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

It is reasonably certain that skipjack are underfished in the EPO and that this situation will continue in the foreseeable future. Nevertheless it is important, for at least two reasons, to learn more about this species and its relationships with the environment. First, such knowledge may make it possible to predict the abundance of skipjack in the EPO several months ahead of time, which would be of great value to the fishing industry. Second, knowledge of the environmental conditions favorable to the existence of skipjack, coupled with understanding of the dynamic processes of the ocean, could make it possible to predict where and when skipjack are likely to be caught, which should increase the efficiency of the fishing fleet.

#### **NORTHERN BLUEFIN**

Northern bluefin occur in both the Atlantic and Pacific Oceans. The world and Pacific Ocean catches of northern bluefin are much less than those of skipjack, yellowfin, bigeye, or albacore, but the fishery is still of considerable economic value. The annual catches of northern bluefin in the Pacific Ocean for the 1951-1993 period are shown in Table 31. 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, and below average during 1987-1993. In the WPO the catches were well above average during 1978-1983 and about average during 1984-1992, except for 1988 and 1990, when the catches were well below average.

In the EPO nearly all of the catch is made by purse seiners fishing relatively close to shore off California and Baja California. The fishing season typically extends from May to October, although sporadic catches are made in other months. The 1993 catch of about 668 tons was the second-lowest of the 1951-1993 period. During 1993 logged catches of bluefin were made only between 32°N and 34°N and only during July and September. Most of the catch was taken during a 4-day period in early July and a 2-day period in late July.

The staff of the IATTC has been studying bluefin 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 was conducted on the determination of age of growth of bluefin tuna from hard parts.

Bluefin 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. 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 32. Length-frequency histograms of the bluefin caught in the EPO during 1988-1993 are shown in Figure 20. Exceptionally large fish, weighing 230 to 1010 pounds (105 to 460 kg) were caught during October-December of 1988 and 1989. The total weights of the large fish were small, but these fish were of considerable economic value, as immediately after they were caught most of them were flown to Japan, where high prices are paid for fresh bluefin. 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 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 California Department of Fish and Game, and the Mission Bay Research Foundation and in the WPO during 1980-1988 by employees of the Far Seas Fisheries Research Laboratory (FSFRL) of Japan are discussed in IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1.

Analysis of the data for the fish released and recaptured in the EPO indicates seasonal north-south movement, with the fish being furthest 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 31), and these consisted mostly of age-2 fish of the 1983 and 1984 year classes. (In this report fish in their first year of life are referred to as 0-year-olds, age-0 fish, or fish 0 years of age, fish in their second year of life are referred to as 1-year-olds, age-1 fish, or fish 1 year of age, and so on.)

Three workshops on assessment of bluefin tuna have been held during the last few years. The first, held in October 1985 in Shimizu, Shizuoka, Japan, involved scientists from the FSFRL and the IATTC. This workshop was concerned only with northern bluefin in the Pacific Ocean. The second workshop, sponsored jointly by the IATTC and the Australian Fisheries Service and involving scientists from all over the world, was held in La Jolla, California, USA, in May 1990. Bluefin stocks of the Pacific, Indian, and Atlantic Oceans and the Mediterranean Sea were discussed at that workshop. The proceedings of the workshop were published as Special Report 7 of the IATTC. The third workshop, held in La Jolla in April 1993, involved only scientists from the NRIFSF and the IATTC and was concerned only with northern bluefin of the Pacific Ocean. A list

of 14 projects which should be worked on during the next year was prepared at this workshop. It was agreed that another workshop would be held during 1994 or 1995, and that the progress made during the interval between the two workshops would be reviewed at that workshop.

### ***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 northern bluefin 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 section, 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 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 32). 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 make more than one migration 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 nearly disap-

pear 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.

### ***Stock assessment***

#### ***Abundance of juvenile bluefin in the eastern Pacific Ocean***

A discussion of various indices of abundance of bluefin appears on pages 40-42 of the IATTC Annual Report for 1992. It was concluded that the "habitat index" is the most reliable of these. Bluefin 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), 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 11. 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.

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

A discussion of this subject appears on pages 35-36 of this report. Briefly, although the abundance of mature bluefin has been greatly reduced by fishing, there does not seem to be a relationship between spawning and recruitment within the range of abundance of spawners observed.

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

Two yield-per-recruit analyses have been carried out, one based on estimates of the parameters of growth and of the rates of fishing and natural mortality and the other using mortality data from cohort analyses. The first yield-per-recruit analysis is described on pages 34-35. For the second yield-per-recruit analysis, the assumptions were the same as those for the first analysis except that the fish were assumed to disappear from the fishery at the end (December 31) of their eleventh year in the fishery (10 1/2 years after recruitment). Data for the catches during each quarter were necessary for the cohort analyses, so the annual catches of fish caught during 1956 through 1987 were multiplied by the following values to estimate the catches by quarters:

year of hatching, WPO, first and second quarters - 0.0, third quarter - 0.8, fourth quarter - 0.2;

years subsequent to the year of hatching, WPO, first quarter - 0.1, second quarter - 0.3, third quarter - 0.5, fourth quarter - 0.1;

years subsequent to the year of hatching, EPO, first quarter - 0.0, second quarter - 0.1, third quarter, 0.7, fourth quarter - 0.2.

No assumptions were made regarding trans-Pacific migrations, so the results reflect the catches made in the WPO and the EPO (and the unavailability of the fish during their trans-Pacific migrations) during the 1956-1987 period. The fishing mortality rates obtained with the cohort analyses are shown in Table 33. It is noteworthy that these rates are greatest during years 0 and 1. The yields per recruit possible with different ages at entry into the fishery are shown in Figure 65. The results of this analysis are similar to those obtained with the previous analyses, which indicate that the yields per recruit could be more than doubled if the age at entry were increased.

***Possible causes of recent poor catches of bluefin in the eastern Pacific Ocean***

The staff of the IATTC is concerned about the poor catches of bluefin in the EPO and WPO in some years, and particular attention is being given to the poor catches in the EPO during 1980-1984 and 1987-1993. 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 during 1966-1986 by Japanese vessels (Table 32) 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 bluefin catches in the EPO, declined during the late 1970s and the 1980s. In the IATTC Annual Report for 1992, page 42, 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 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 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 in the EPO in 1982 consisted of age-1 fish (Table 32). 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 northern 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 season.

The greatest catches of northern bluefin in the EPO in recent years were those of 1985 and 1986 (Table 31), and the catches in those years consisted mostly of age-2 fish, *i.e.* 1983-year-class

fish in 1985 and 1984-year-class fish in 1986 (Table 32). 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 northern bluefin 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. They indicate that for the age-1 fish the tendency to migrate to the EPO was strong for the 1981 year class and much weaker for all the others, and that for the age-2 fish the tendency to migrate was strongest for the fish of the 1983 and 1984 year classes, intermediate for those of the 1979 year class, and weakest for those of the 1980-1982 and 1985 year classes.

Age composition data (Table 32) provide further information pertinent to Point 5. Correlation coefficients were calculated for 12 pairs of data (Table 34, upper panel) from Table 32. Five of the 12 tests were significant at the 5-percent level. The numbers of age-2 fish in the EPO and WPO are negatively correlated (Test 6), indicating that the poor catches in the EPO could be due at least partly to 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 was 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 was significant at the 5-percent level was obtained for Test 12; this, also, is not surprising in view of the fact that a nearly-significant value 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 34, Test 2). Although this relationship is not significant at the 5-percent level, it may indicate that the catch of age-2 fish in the EPO is related to recruitment two years previously, assuming that the catch of age-0 fish in the WPO is a valid index of recruitment. Since the catch of age-2 fish in the EPO appears to be related to the recruitment two years previously (Test 2) and the catch of age-2 fish in the WPO in the same year (Test 6), a multiple correlation coefficient was calculated (Test 13). The resulting coefficient of multiple determination was highly significant, indicating that 55.6 percent ( $0.746^2 \times 100$ ) of the variation of the catches of age-2 fish in the EPO is explained by (1) a positive relationship to recruitment in the WPO and (2) a negative relationship to the catch of age-2 fish in the WPO. Since the catches of age-2 fish make up the majority of the catch by weight in the EPO in most years, recruitment 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.

### ***Future research***

The above information suggests several types of research which should be carried out.

First, all information which is available on the catches of bluefin in the WPO and the CPO by area, time period, and size of fish, and on the fishing effort expended in those areas to catch bluefin, should be assembled for analysis. The emphasis should be on fish in their first 2 to 4 years of life, particularly the *meji* (mixed small tunas, bonitos, mackerels, etc.). A scientist from the NRIFSF has used data on the proportions of larger bluefin, yellowfin, and bigeye caught to estimate the proportions of these species in the *meji* catches of the 1966-1986 period. The estimates obtained from that work are useful, but sampling the *meji* catches for species composition would probably produce more reliable estimates. The *meji* are landed at many ports, but perhaps data gathered at a few major ports at intervals of about one week during the July-September period would produce reasonable estimates of the species composition of the *meji*. Information on the catches of older fish should not be neglected, however, as data on fish of all ages are necessary for stock assessment. CPUE data calculated from the information collected might serve as unbiased, or nearly unbiased, indices of abundance of bluefin in the WPO and the CPO. The information on abundance of bluefin would be used for stock assessment and for studies of migrations and movements of the fish, including the effects of oceanographic conditions on migrations described below. Data on the catches of bluefin by longline vessels (Figure 27) have already shown that mature bluefin are distributed furthest to the west during the spring and furthest to the east during the fall.

Second, research should be carried out to determine where and when the trans-Pacific migrations begin and end, what proportions of the population migrate, and why these proportions vary from year to year. One approach would involve collection of CPUE data for fish of the various age groups, particularly the younger ones, in as many areas as possible and at frequent intervals throughout the year, to attempt to detect movements of the fish. Data for the WPO would be particularly important, as the highly-variable eastward migrations begin in the WPO. Data for the CPO would also be of great importance, as such data might make it possible to determine whether some of the fish which begin trans-Pacific migrations turn back before reaching their original destination. A second approach would involve tagging of fish with standard external tags in the CPO or with archival tags in the WPO and the EPO. Archival tags collect and record data on time, light, temperature, and pressure continuously, and when the tags are recovered the data can be examined to determine where the fish had been at frequent time intervals between the date of release and the date of recapture. (Unfortunately, archival tags have only recently become commercially available, and the cost is several hundred dollars per tag, which is why none have yet been used on northern bluefin in either the Pacific or Atlantic Ocean.) A third approach would involve chemical analysis of the micro-constituents of the otoliths of bluefin. The rationale for this approach is that different ocean areas have different chemical, physical, and biological properties which influence the chemical makeup of the otoliths. Accordingly, analysis of the otoliths of an individual fish could reveal which ocean areas it had inhabited at various stages of its life, and analyses of the otoliths of samples of fish collected each year in the WPO and the EPO could give far more information on trans-Pacific migration than can data obtained by tagging with conventional tags.

Third, attempts should be made to determine what oceanographic conditions influence the migration of fish from the WPO to the EPO and from the EPO to the WPO. Also, if the studies described above indicate that some of the fish turn back after beginning a trans-Pacific migration, attempts should be made to determine what oceanographic conditions might cause this behavior. Such studies would presumably be conducted jointly by Japanese and IATTC oceanographers and biologists. The first step in such a study would be collection of CPUE data for fish of the various age groups, particularly the younger ones, in as many areas as possible and at frequent intervals throughout the year. The next step would be to compare oceanographic data and data on the movements of the fish to see which are correlated. Finally, attempts would be made to determine which oceanographic conditions actually influence the migrations of the fish.

Finally, further studies of the population structure of bluefin are also appropriate. The tentative conclusion that there is a single major population from which different proportions migrate to the EPO in different years (IATTC Bull., 20 (1): 18) needs further investigation. Also, it would be of great interest to know if the bluefin hatched in the Sea of Japan are genetically distinct from those which are hatched south of Japan. Further knowledge of the population structure might be obtained from biochemical genetic studies.

## **BIGEYE**

The world catches of bigeye are less than those of skipjack and yellowfin, but greater than those of albacore and northern and southern bluefin (Table 4). 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 an extremely important component of the world catches of tuna. During the 1983-1987 period, 25 to 36 percent of the world catches of bigeye came from the eastern Pacific Ocean (EPO).

Data on the catches of bigeye in the Pacific Ocean are given in Table 35. The combined surface and subsurface catches of this species in the EPO during recent years have been about the same as those of skipjack, but substantially less than those of yellowfin (Table 29). Bigeye are caught mostly by longlines. During the early 1950s there was little longline fishing in the EPO, and hence the catches of bigeye in that area were low. During the mid-1950s, however, Japanese longline vessels began to fish in the EPO, and the catches of bigeye increased. Accordingly, beginning during the early 1960s, this species has been given more attention by the IATTC staff. During the 1963-1991 period five Japanese scientists from the National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; formerly the Far Seas Fisheries Research Laboratory) have spent time in La Jolla working with IATTC scientists on the Japanese longline fishery for bigeye and related species in the EPO.

The estimated catches of bigeye by surface gear in the EPO increased during the late 1960s and the 1970s, and then declined after 1981 (Table 35). The increases were apparently due to two factors. First, the actual catches probably increased because there were regulations for yellowfin, but not for 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 bring the same price to the fishermen, so bigeye have often been reported as yellowfin. Since the advent of regulations, however, the two species have more often been reported separately, and in locations where they are not there has been better coverage by IATTC employees, who estimate the proportions of the two species in mixed landings. A recent study (IATTC Annual Report for 1991: 34-35) indicates that bigeye were not misidentified as yellowfin during the 1987-1989 period.

The IATTC staff's studies of surface-caught bigeye have consisted principally of recording and processing catch and effort data from information on weights of fish unloaded and logbook records, collection of length-frequency data from fish unloaded at canneries, and analysis of these data (Calif. Fish Game, 51 (4): 252-258; IATTC Bull., 20 (8)). In addition, during the 1959-1978 period 611 surface-caught bigeye were tagged, and 15 of these tagged fish have been returned.

The quarterly distributions of the surface catches of bigeye in the EPO, averaged over the 1981-1987 period, are shown in Figure 66. This information was obtained from logbook data collected by the IATTC staff. The greatest catches were made off northern South America and off-shore west of South and Central America. Bigeye were caught off Baja California and California during the third quarter.

Length-frequency data for bigeye caught by purse seiners in the EPO during 1988-1993 and measured by IATTC staff members are shown in Figure 21. About half the catch by weight is made up of fish less than 100 cm in length.

An analysis of the surface fishery for bigeye in the EPO (IATTC Bull., 20 (8)) has recently been completed by scientists from the NRIFSF and the IATTC. It was shown that there is considerable overlap in the lengths of bigeye taken by the surface and longline fisheries. About 62 percent of the catch of bigeye is taken in unassociated schools, 33 percent in schools associated with floating objects, and 5 percent in schools associated with whales, sharks, or dolphins. During the 1971-1991 period the average catch per successful set of bigeye was 23 tons (22, 28, and 17 tons for unassociated schools, floating-object schools, and schools associated with whales, sharks, or dolphins, respectively).

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 catches per unit of effort (CPUEs; numbers of fish caught per 100 hooks) of bigeye by Japanese longliners in the EPO, averaged over the 1981-1987 period, are shown in Figure 67. The CPUEs were high in most of the EPO except the area north of 5°N and east of 125°W. 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 and fourth quarters.

In the north equatorial region, between the equator and 8°N, where there was heavy fishing effort, the CPUEs were relatively low during the second half of the year, especially in the western part of this region. In the south equatorial region, between the equator and 15°S, however, the CPUEs were relatively high in the western part of the region throughout the year.

The distribution of effort did not coincide well with the areas of greatest 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 110°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 to standardize the CPUEs of bigeye in the EPO (IATTC Bull., 20 (4)) has recently been completed. The effects of years, seasons, areas, and depths of fishing were considered, and all were found to have significant effects on the CPUEs.

Length-frequency data for bigeye caught by longlines in the area delineated in Figure 68 during 1981-1987 are shown in Figure 69. Most of the fish in the catch ranged from about 90 to 170 cm in length. The length compositions varied considerably from year to year. The proportions of smaller fish were greatest during 1982 and 1986, and those of larger fish were greatest during 1983 and 1984.

### ***Stock assessment***

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

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

The yield-per-recruit model, a type of age-structured model, gives information on the yield per recruit to be expected with different combinations of size at entry and fishing effort. The input consists of length-at-age or weight-at-age data and natural mortality data. Both of these, especially natural mortality, are difficult to estimate. Nevertheless, the yields per recruit of bigeye at various combinations of length at entry and fishing effort ( $F$ ) were calculated. The length-at-age data were obtained from an equation for the growth of bigeye which appears in IATTC Bulletin, Vol. 11, No. 2. Trial values of the coefficient of natural mortality ( $M$ ) of 0.4 and 0.6, on an annual basis, were used. The value of 0.4 is approximately equal to the estimate of 0.361 given in Report of the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 25, pages 91-103. The value of 0.6 is somewhat greater than an estimate of 0.477 derived by the method given in Journal du Conseil, Vol. 39, No. 2, pages 175-192. The results with lengths at entry of 40 cm (4 pounds or 2 kg), 60 cm (12 pounds or 5 kg), 90 cm (38 pounds or 17 kg), 120 cm (87 pounds or 40 kg), and 150 cm (167 pounds or 76 kg) and annual values of  $F$  of 0.0 to 1.6, are shown in Figure 70. In both cases the yields per recruit were least with a length at entry of 150 cm, so the discussion will be confined to the other four values, 40, 60, 90, and 120 cm. It appears from Figures 21 and 69 that most of the purse seine- and longline-caught bigeye are recruited at about 60 to 90 and 90 to 120 cm, respectively. (There is considerable inter-annual variation in the length-frequency compositions of the surface-caught fish, however, and in 1980 and 1982-1984 substantial amounts of bigeye between 40 and 60 cm were caught in the purse-seine fishery.) At an  $M$  value of 0.4 the yields per recruit are roughly the same for all lengths at entry at  $F$  values up to 0.4. At  $F$  values of 0.6 and greater the yields per recruit are less for a length at entry of 40 cm, and at  $F$  values of 0.8 and greater they are less for lengths at entry of 40 and 60 cm. At an  $M$  value of 0.6 the yields per recruit are roughly the same at all values of  $F$  for lengths at entry of 60, 90, and 120 cm. They are also about the same for a length at entry of 40 cm for  $F$  values up to 0.6, but at greater  $F$  values the yields per recruit are less. In general, the greatest yields per recruit are realized with intermediate lengths at entry (90 and 120 cm). This implies that, in most cases, the average length at entry for the surface fishery is less than that which would maximize the yield per recruit and that for the longline fishery is greater than that length. It is emphasized, however, that these estimates are based upon inadequate data, so they may not be reliable.

#### ***Production models***

Production models are applicable only to fish of a discrete population, so such models can be used with bigeye of the EPO only if there is relatively little interchange of these fish with those of the areas to the west. The movements of bigeye tagged in the Pacific Ocean by various organizations which were at liberty for long periods of time are shown in Table 36. The distances trav-

elled were less than many which have been recorded for the other principal market species of tuna, but not much importance should be attached to this, in view of the small number of returns.

Data on the effort, catch, and CPUE for 1954-1987 for the portion of the EPO delineated in Figure 68 are shown in Figure 71. This area was selected because it includes the major bigeye fishing grounds, and it is believed that inclusion of data for areas with large amounts of effort and low catches of bigeye would tend to mask whatever relationship may exist between effort and bigeye catch. During 1954-1960 the effort and catches were low and the CPUE was high. During 1961 through 1964 the effort and catches were much greater than during 1954-1960. The CPUE was slightly less than 3 fish per 100 hooks in 1961, and declined to less than 1.5 fish per 100 hooks in 1964. During 1964 through 1985 the effort ranged between about 50 and 130 million hooks and the catch between about 0.4 and 1.3 million fish, but the CPUEs remained nearly constant, at about 1 fish per 100 hooks. The effort increased to about 145 million hooks in 1986 and 170 million hooks in 1987, while the CPUEs remained at about 1 fish per hundred hooks. It is normal for the CPUE to decline with increasing effort, and modest decreases do not necessarily indicate overfishing (from the standpoint of reducing the average maximum sustainable yield (AMSY), as discussed earlier in this report in the section dealing with stock assessment of yellowfin). Decline of the CPUE to less than half what it was when the effort was low, however, could be indicative of reduction of the population to a level less than that necessary to produce the AMSY.

It may be significant that the catches more than tripled during the 1965-1987 period, while the CPUEs remained about the same. One possible explanation for this is that individuals which were especially vulnerable to longline gear were selectively removed from the population during the early years of the fishery, reducing the CPUEs more than the abundance of the fish. Another possibility is that, because of the high price of bigeye, the fishermen directed their effort more toward that species during the later years. For example, changes in the areal and temporal distribution of fishing effort, coupled with the adoption of deep longline gear during the late 1970s, may have kept the CPUE of bigeye at the same level while its abundance decreased. A third possibility is that the recruitment of bigeye has increased, permitting the CPUEs to remain the same while the catches were increasing. Uncertainty regarding the interpretation of the data also results from the uncertainty concerning the amount of interchange of fish between the area in question and contiguous areas.

### **BLACK SKIPJACK**

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

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

Data on the landings of black skipjack by tuna boats during 1961-1993 are listed in Table 1. These data include only the fish which are landed. Additional amounts are known to have been

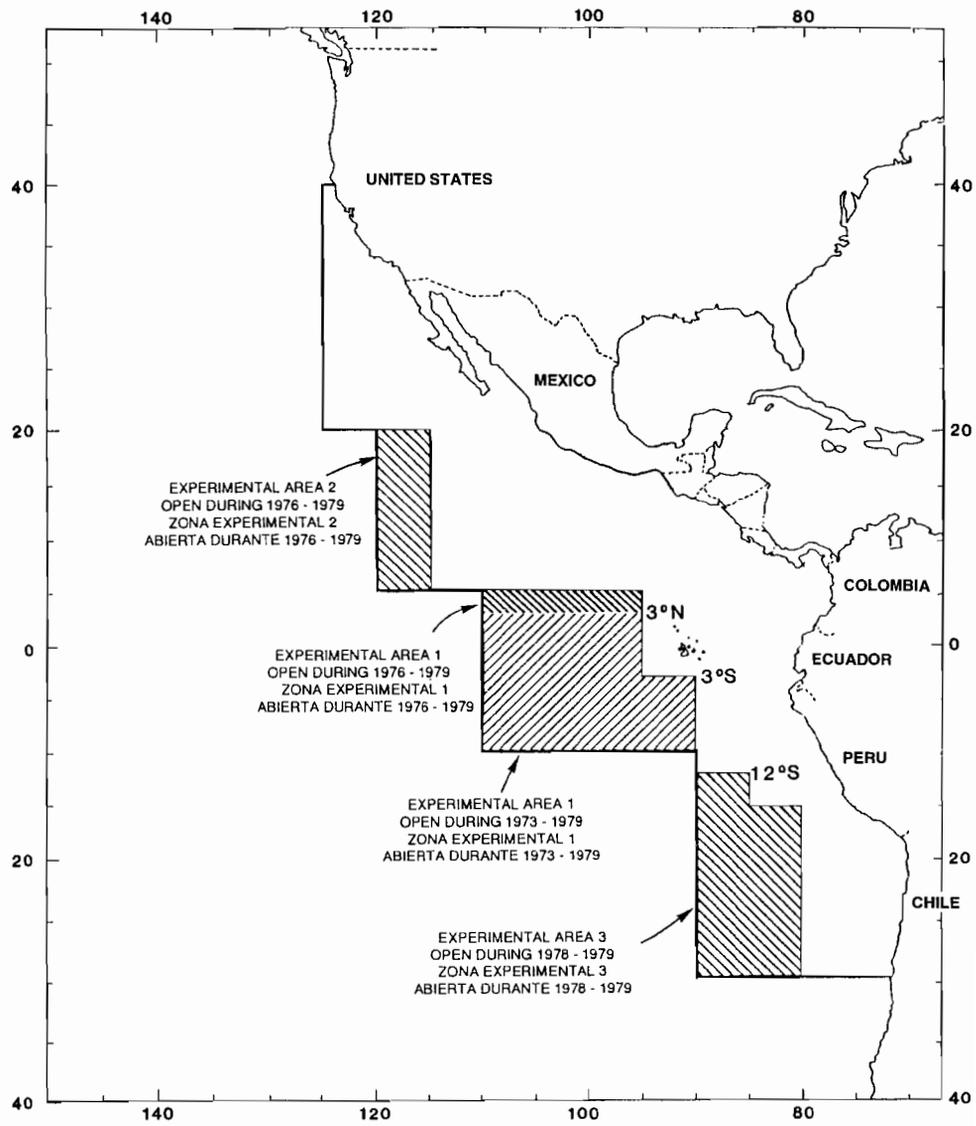
caught but not landed, and these are not included in the statistics. Estimates of the amounts of black skipjack discarded at sea by purse-seine vessels during the 1986-1993 period range from about 4 to 11 thousand tons per year. Black skipjack are also caught by small boats based in Latin America, for which data are not obtained. Therefore the actual catches are greater than those recorded in the table. The areas of the 1980-1983 catches by vessels from which logbook data were obtained are shown in Figure 72.

An analysis of the weight-length relationships of black skipjack is given in IATTC Internal Report 17. Some observations on the swimming performance, body temperatures, and gastric evacuation times of black skipjack were made on a tagging cruise conducted in 1981, and an analysis of the results was published in an outside journal in 1984. A total of 1,502 black skipjack 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 in the IATTC Annual Report for 1982, pages 33-34.

Information on the areas and duration of spawning, size at sexual maturity, sex ratios, fecundity, and spawning frequency of black skipjack are 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, large numbers of larval and juvenile black skipjack, along with those of other species of scombrids (tunas and mackerels), have been collected, particularly off Central America and near the entrance to the Gulf of California.

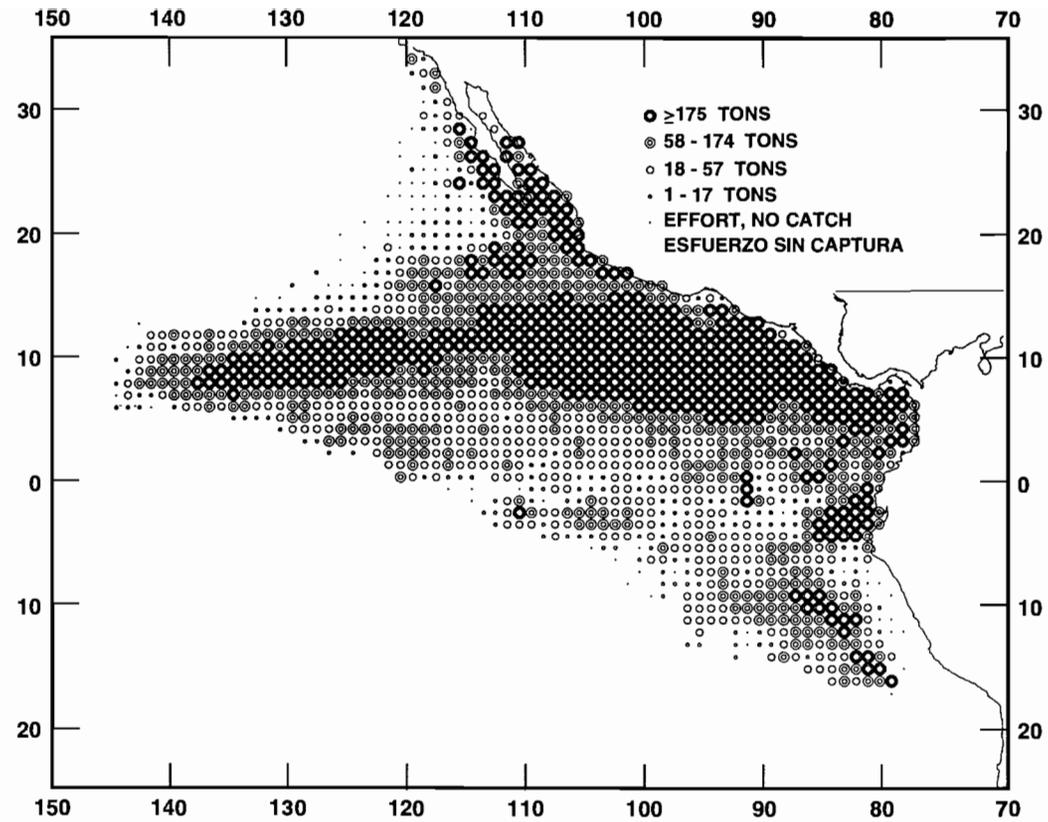
The data on occurrence of larvae and juveniles, tagging data, and logbook data provide indices of abundance of black skipjack relative to the other species of scombrids. It appears, on the basis of this information, that the potential annual production of this species is far greater than the present levels of landings.

A considerable amount of work on black skipjack is currently being conducted at the IATTC laboratories at Achotines Bay, Panama, and La Jolla. These studies are described in this and previous Annual Reports of the IATTC.



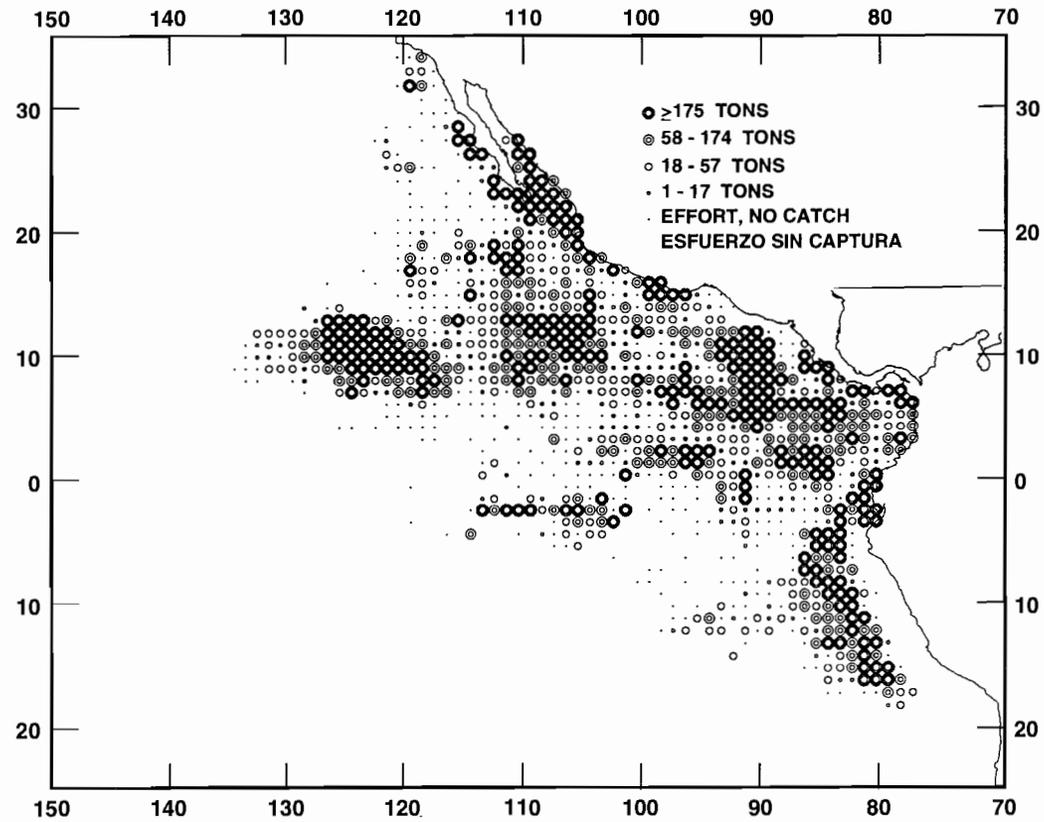
**FIGURE 1.** The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

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

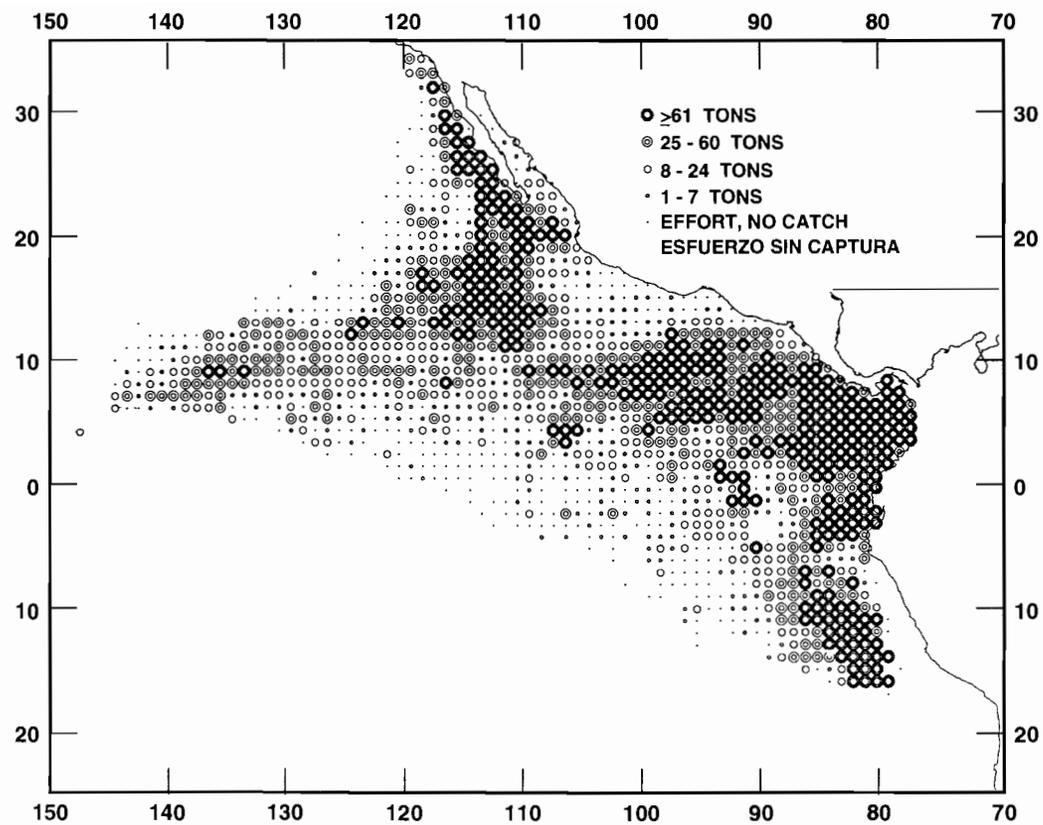


**FIGURE 2.** Average annual catches of yellowfin in the EPO during 1979-1992 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.

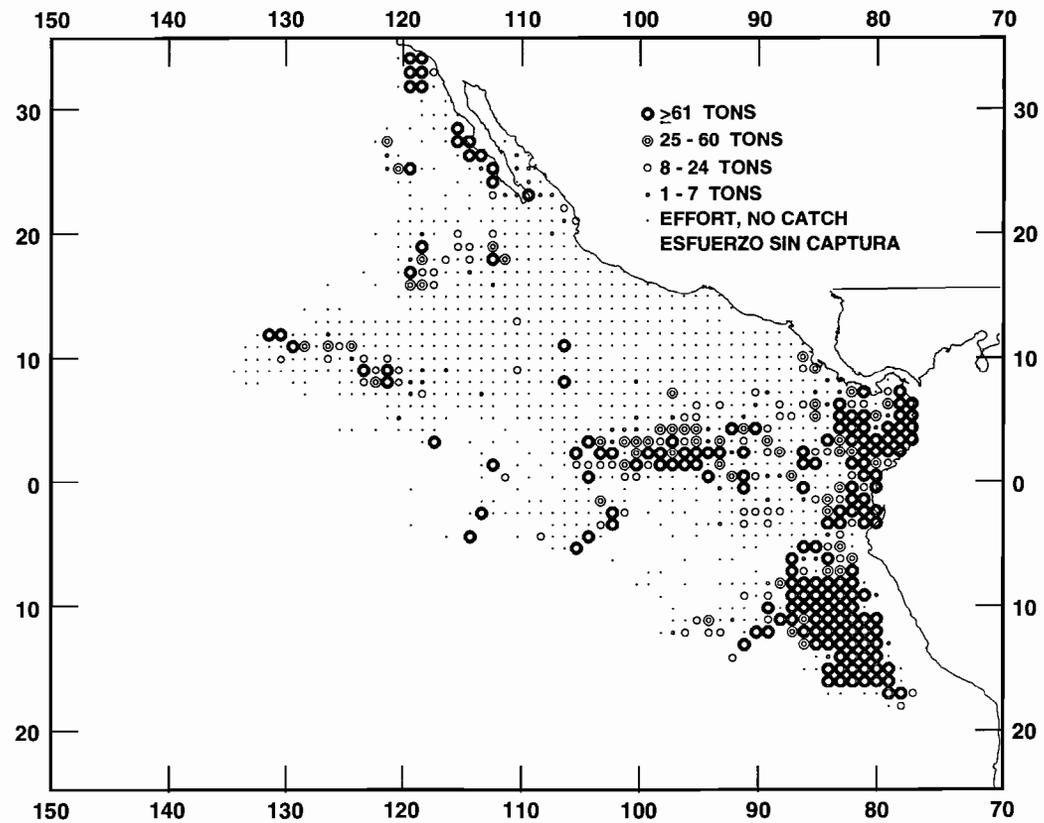
**FIGURA 2.** Capturas medias anuales de aleta amarilla en el OPO durante 1979-1992 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



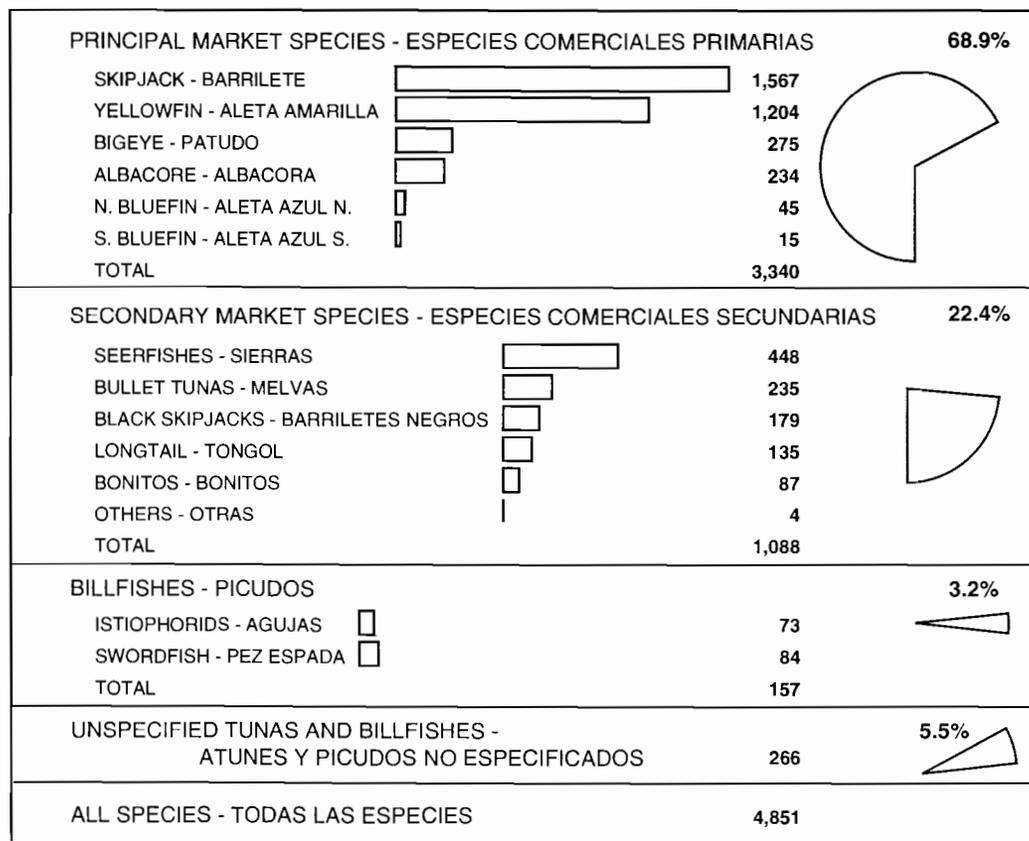
**FIGURE 3.** Catches of yellowfin in the EPO in 1993 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.  
**FIGURA 3.** Capturas de aleta amarilla en el OPO en 1993 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 4.** Average annual catches of skipjack in the EPO during 1979-1992 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.  
**FIGURA 4.** Capturas medias anuales de barrilete en el OPO durante 1979-1992 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.

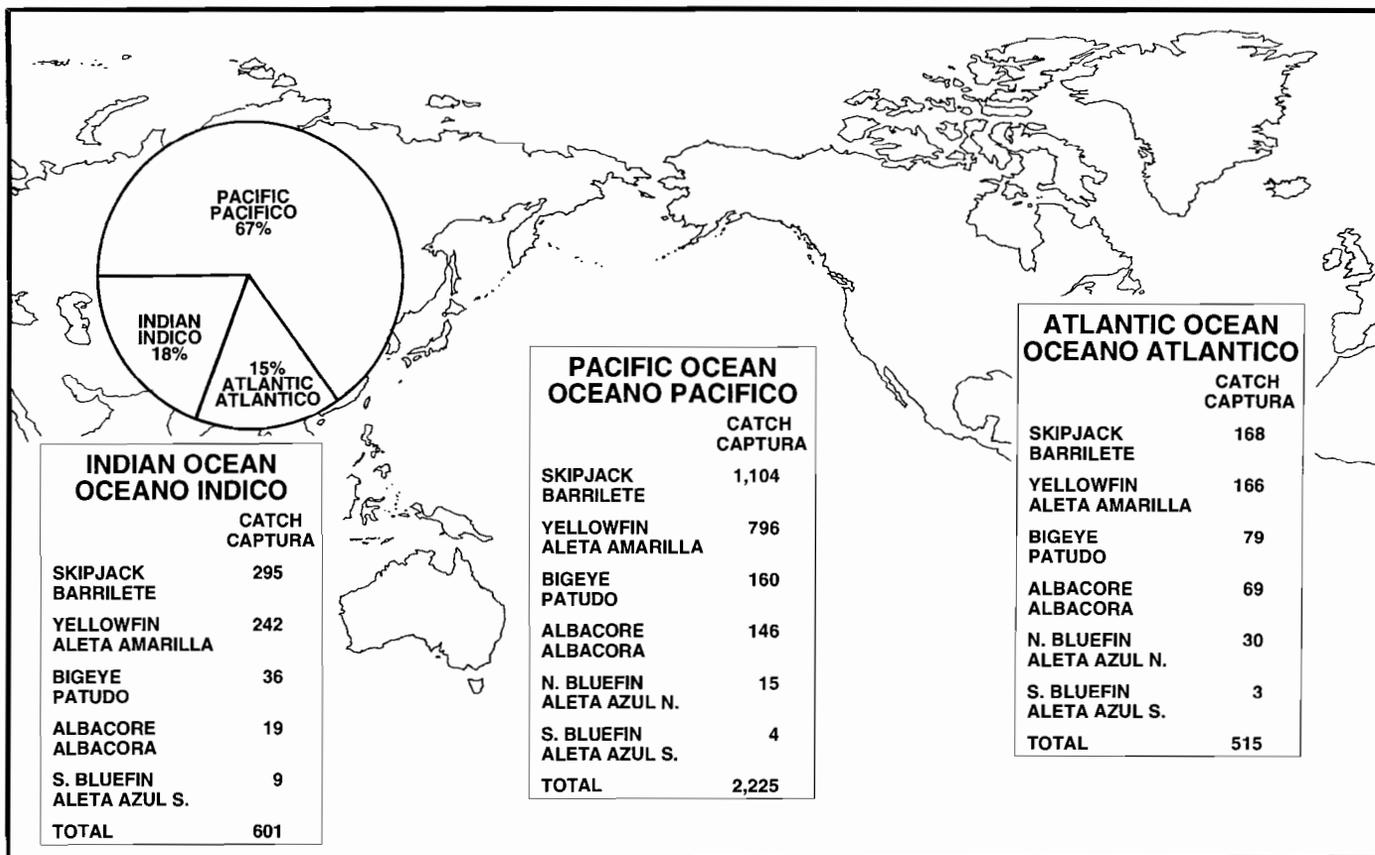


**FIGURE 5.** Catches of skipjack in the EPO in 1993 for all purse-seine trips for which usable logbook data were obtained.  
**FIGURA 5.** Capturas de barrilete en el OPO en 1993 de todos los viajes de barcos cerqueros de los que se obtuvieron datos de bitácora utilizables.



**FIGURE 6.** World catches of tunas and tuna-like species in 1992, in thousands of short tons.

**FIGURA 6.** Capturas mundiales de atunes y especies afines en 1992, en miles de toneladas cortas.



**FIGURE 7.** Catches of the principal market species of tunas in 1992, in thousands of short tons.  
**FIGURA 7.** Capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1992, en miles de toneladas cortas.

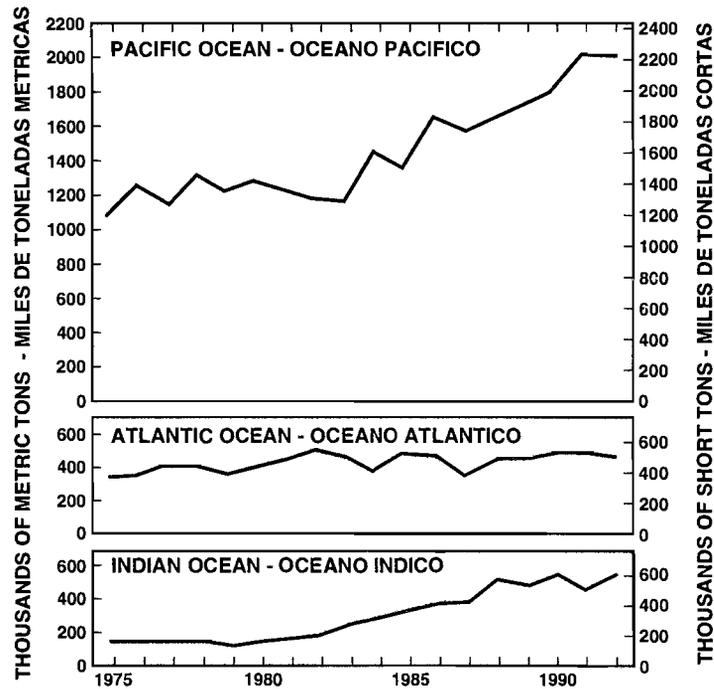


FIGURE 8. Catches of the principal market species of tunas.  
 FIGURA 8. Capturas de las principales especies comerciales de atunes.

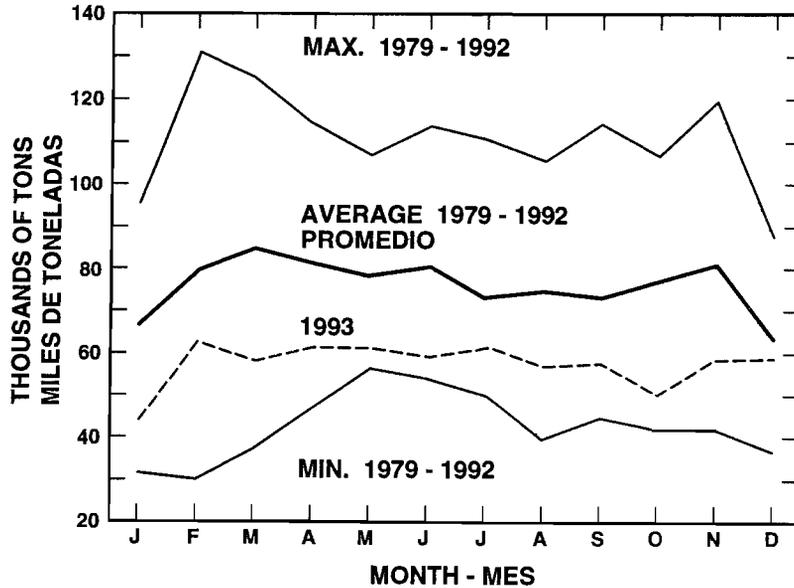
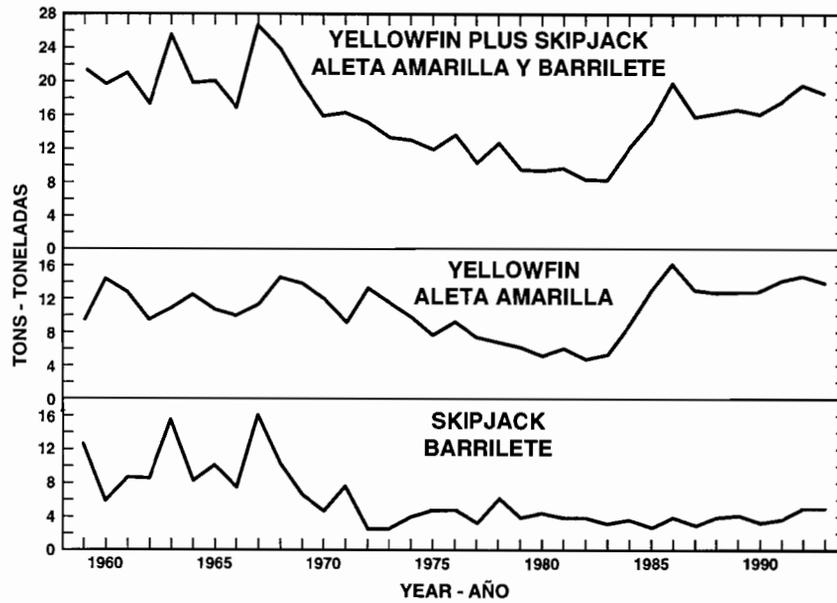
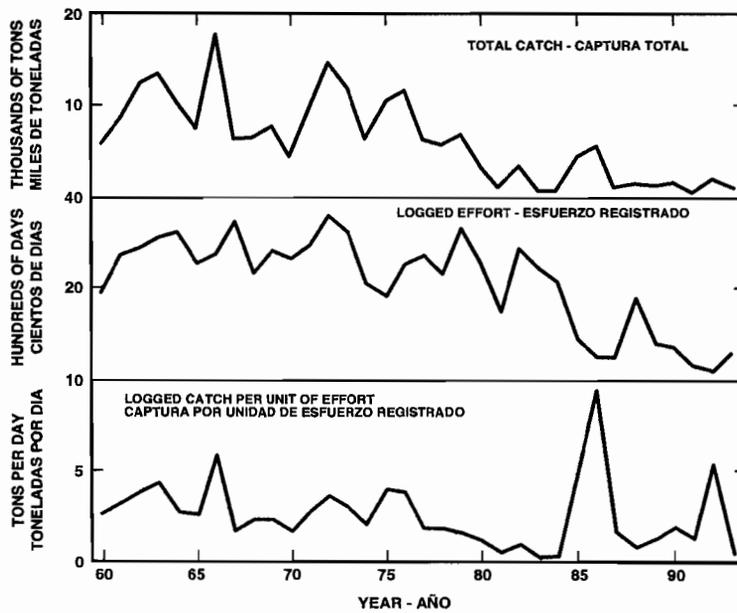


FIGURE 9. Average, minimum, and maximum values for monthly capacity at sea in the EPO during 1979-1992, and the 1993 monthly values.  
 FIGURA 9. Valores mensuales medios, mínimos, y máximos de la capacidad en el mar en el OPO durante 1979-1992, y los valores mensuales de 1993.



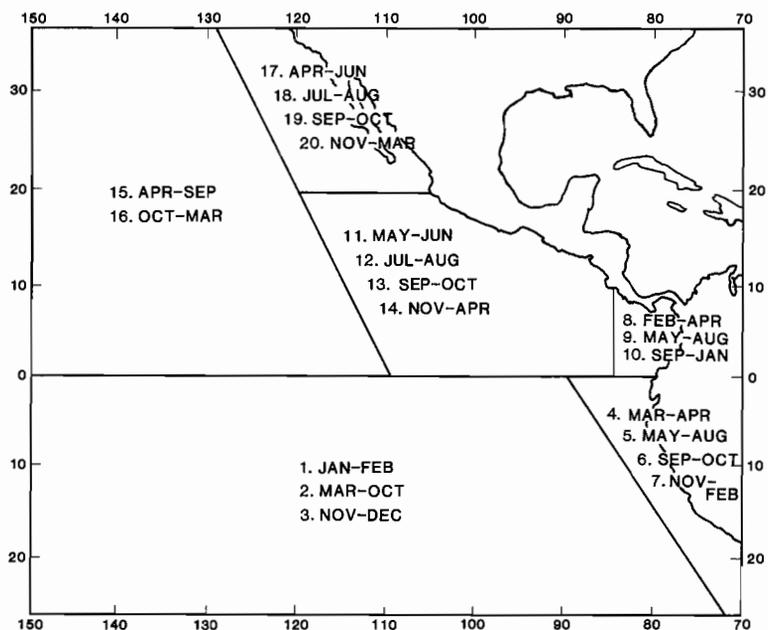
**FIGURE 10.** Catch per day's fishing for yellowfin and skipjack in the eastern Pacific Ocean, in Class-6 purse-seine units. The data for 1993 are preliminary.

**FIGURA 10.** Captura por día de pesca de aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico oriental, en unidades cerqueras de la Clase 6. Los datos de 1993 son preliminares.

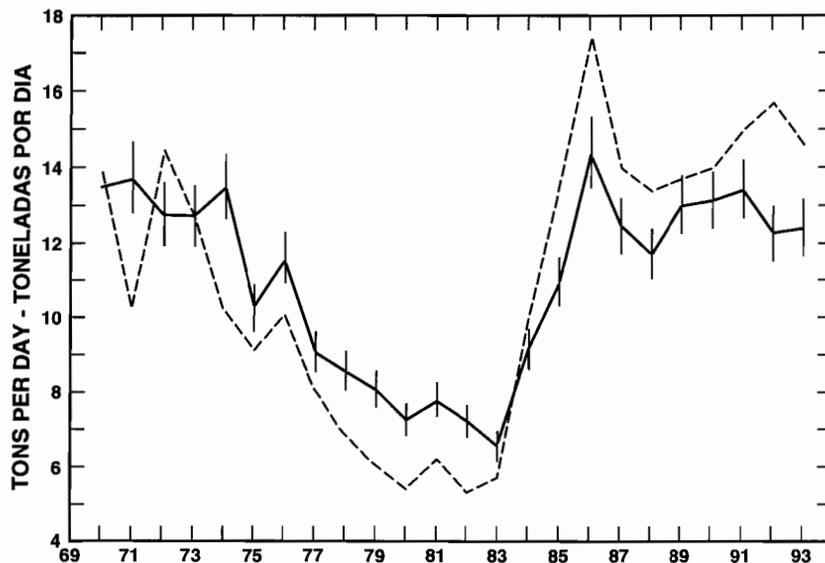


**FIGURE 11.** Catch, effort, and catch-per-unit of effort data for the surface fishery for northern bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean. The data for 1993 are preliminary.

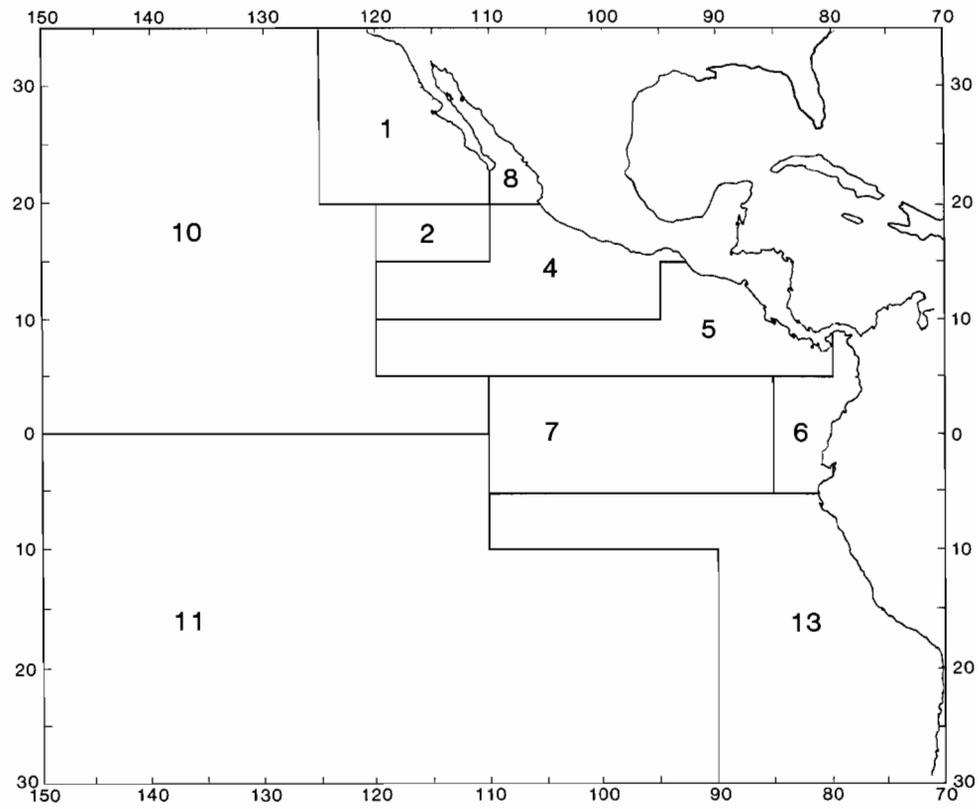
**FIGURA 11.** Datos de captura, esfuerzo, y captura por unidad de esfuerzo para la pesquería de superficie de atunes aleta azul del norte en el Océano Pacífico oriental. Los datos de 1993 son preliminares.



**FIGURE 12.** Season-area strata used to standardize the catch rates of all sizes of yellowfin combined.  
**FIGURA 12.** Estratos de temporada-área usados para estandarizar las tasas de captura de aleta amarilla de todas tallas combinadas.

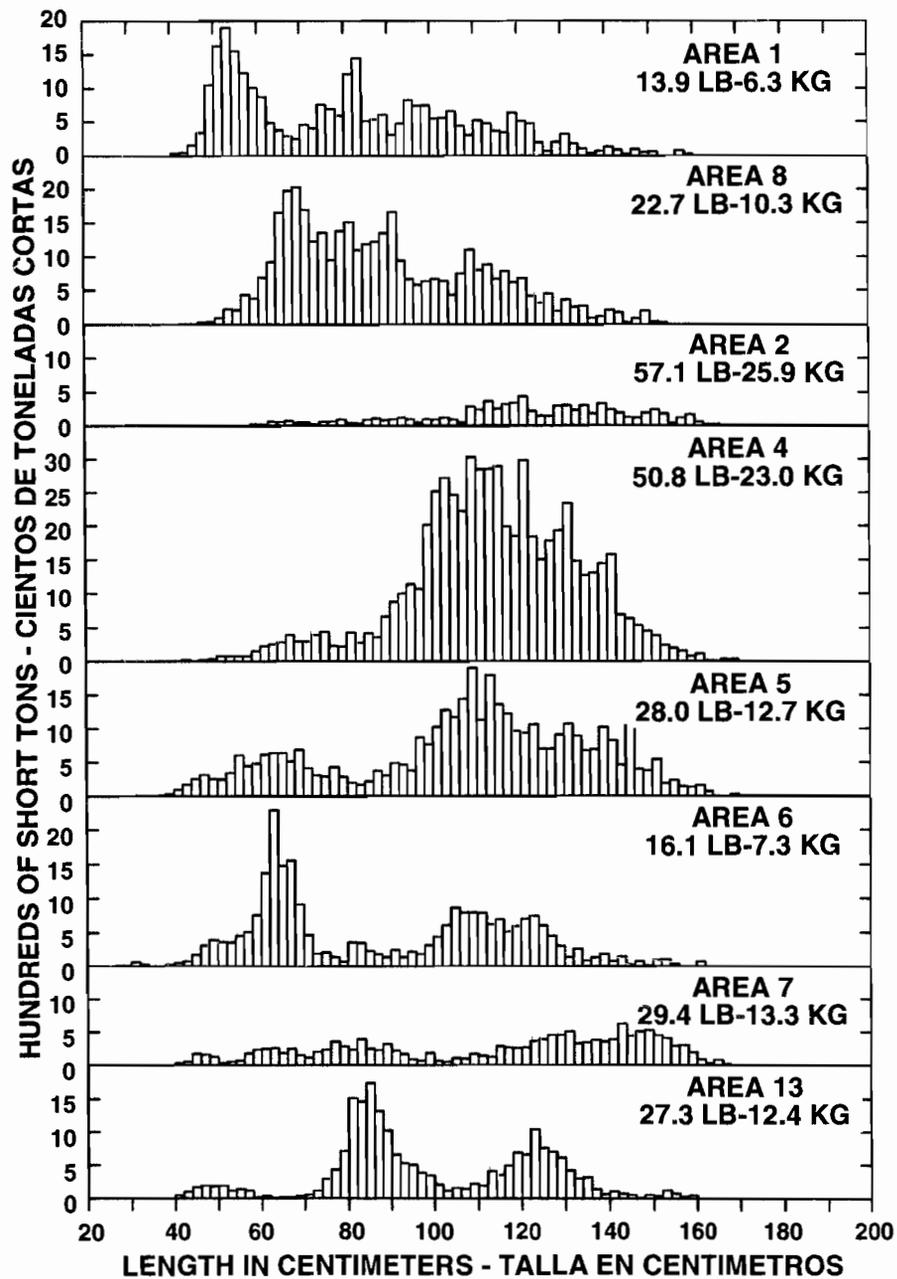


**FIGURE 13.** Comparison of annual indices of yellowfin abundance. The solid line is the index from the generalized linear model, with the 24-year mean set equal to the 24-year mean CPDF, and the vertical bars are the approximate 95-percent confidence limits. The dashed line is the index most commonly used, CPDF for vessels of greater than 400 tons carrying capacity. The data for 1993 are incomplete.  
**FIGURA 13.** Comparación de los índices anuales de abundancia del aleta amarilla. La línea continua representa el índice del modelo lineal generalizado, con el promedio de 24 años fijado igual a la CPDP media de 24 años, y las barras verticales los límites de confianza de 95% aproximados. La línea de trazos representa el índice de uso más frecuente, CPDP de barcos de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. Los datos de 1993 son incompletos.



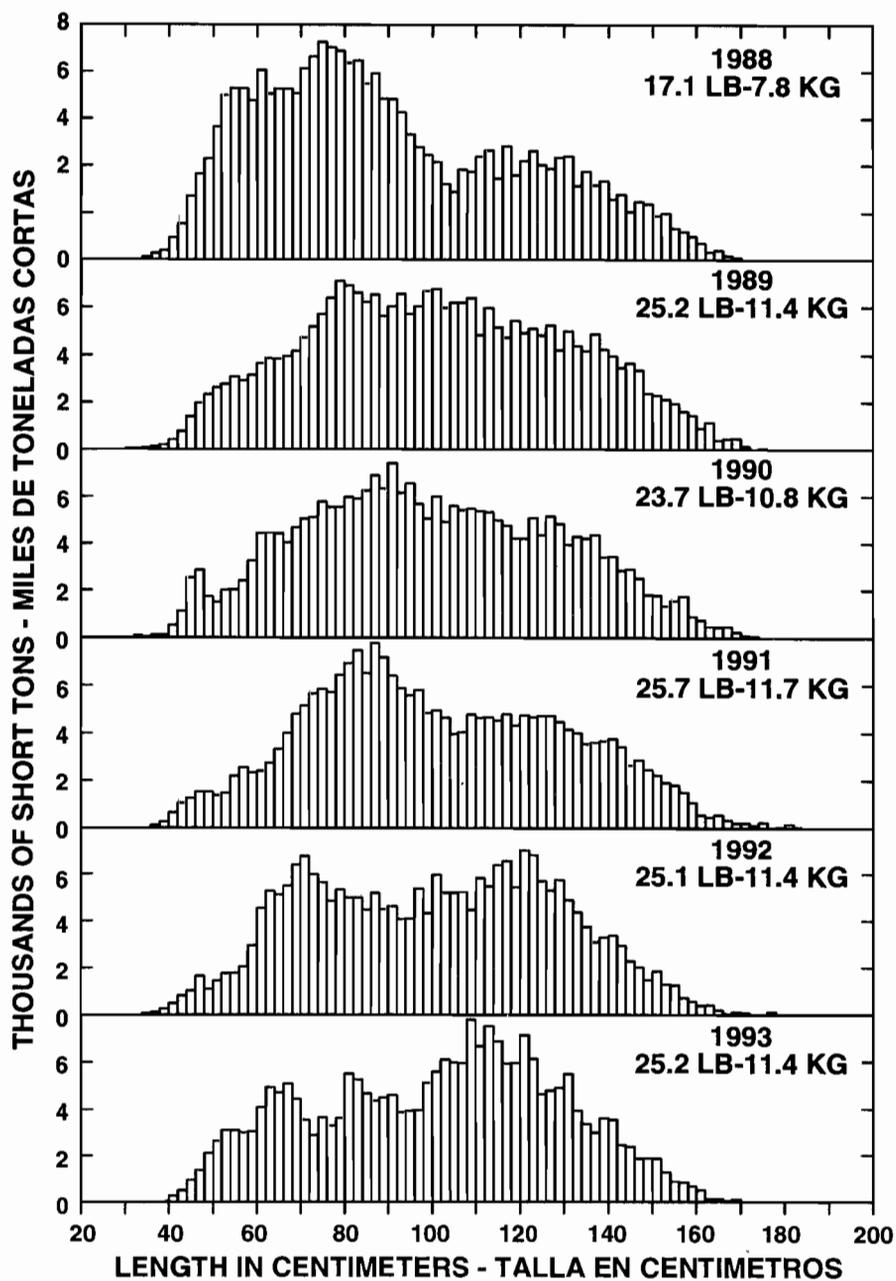
**FIGURE 14.** Areas used for sampling lengths of tunas in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 14.** Areas usadas para el muestreo de tallas de atunes en el Océano Pacífico oriental.



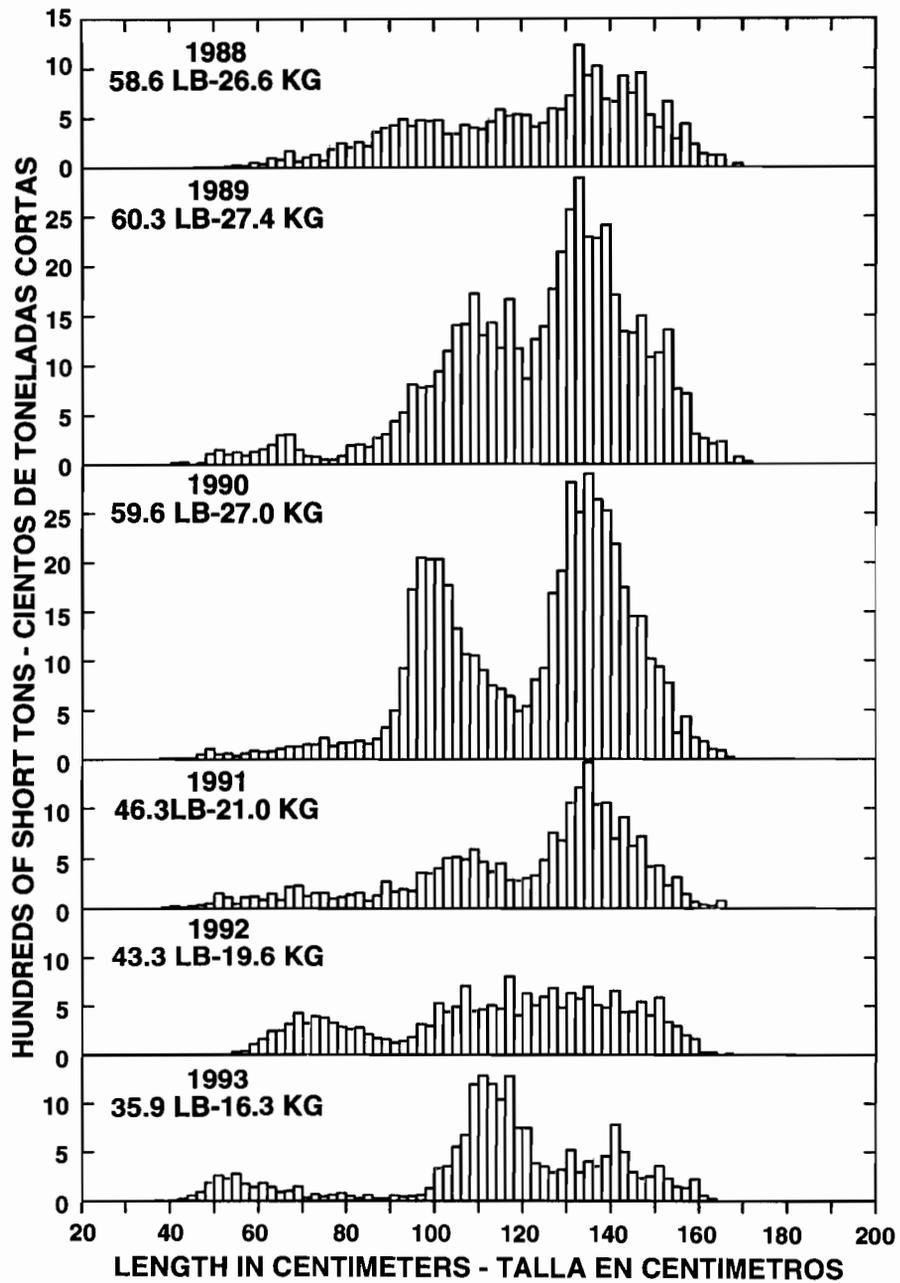
**FIGURE 15.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the market-measurement areas of the CYRA in 1993. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 15.** Captura estimada de aleta amarilla por artes de superficie en las zonas de medición del ARCAA en 1993. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



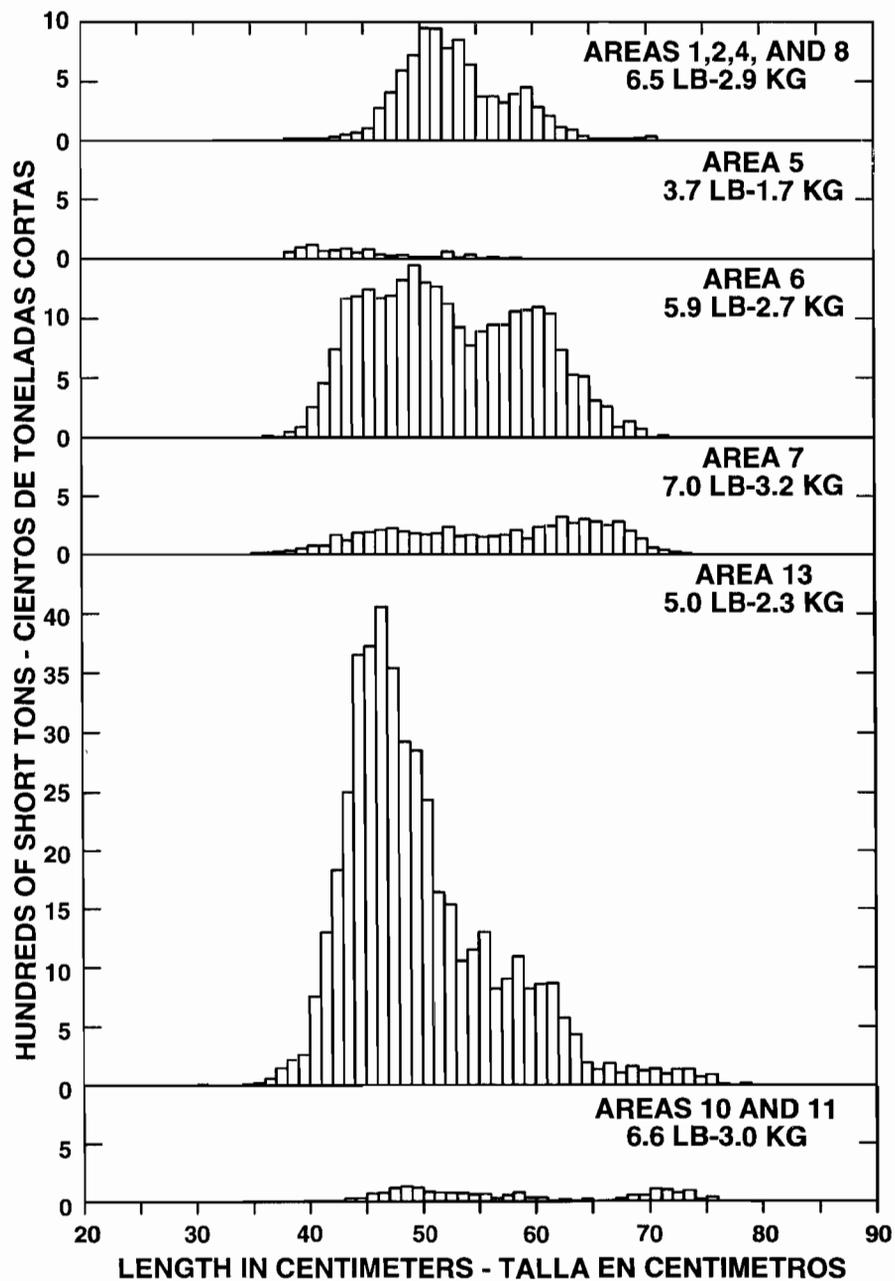
**FIGURE 16.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the CYRA. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 16.** 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.



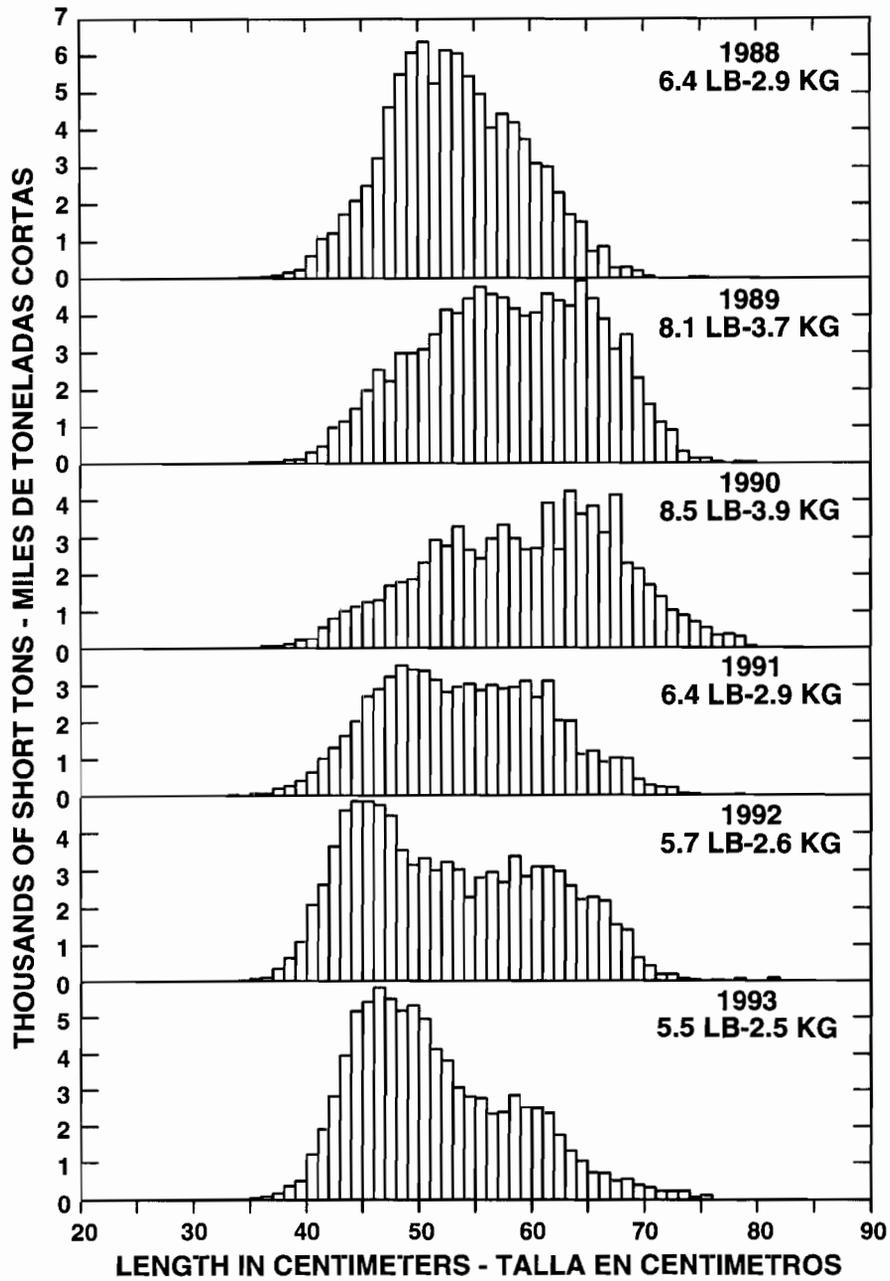
**FIGURE 17.** Estimated catches of yellowfin by surface gear in the area between the CYRA boundary and 150°W. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

**FIGURA 17.** 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.



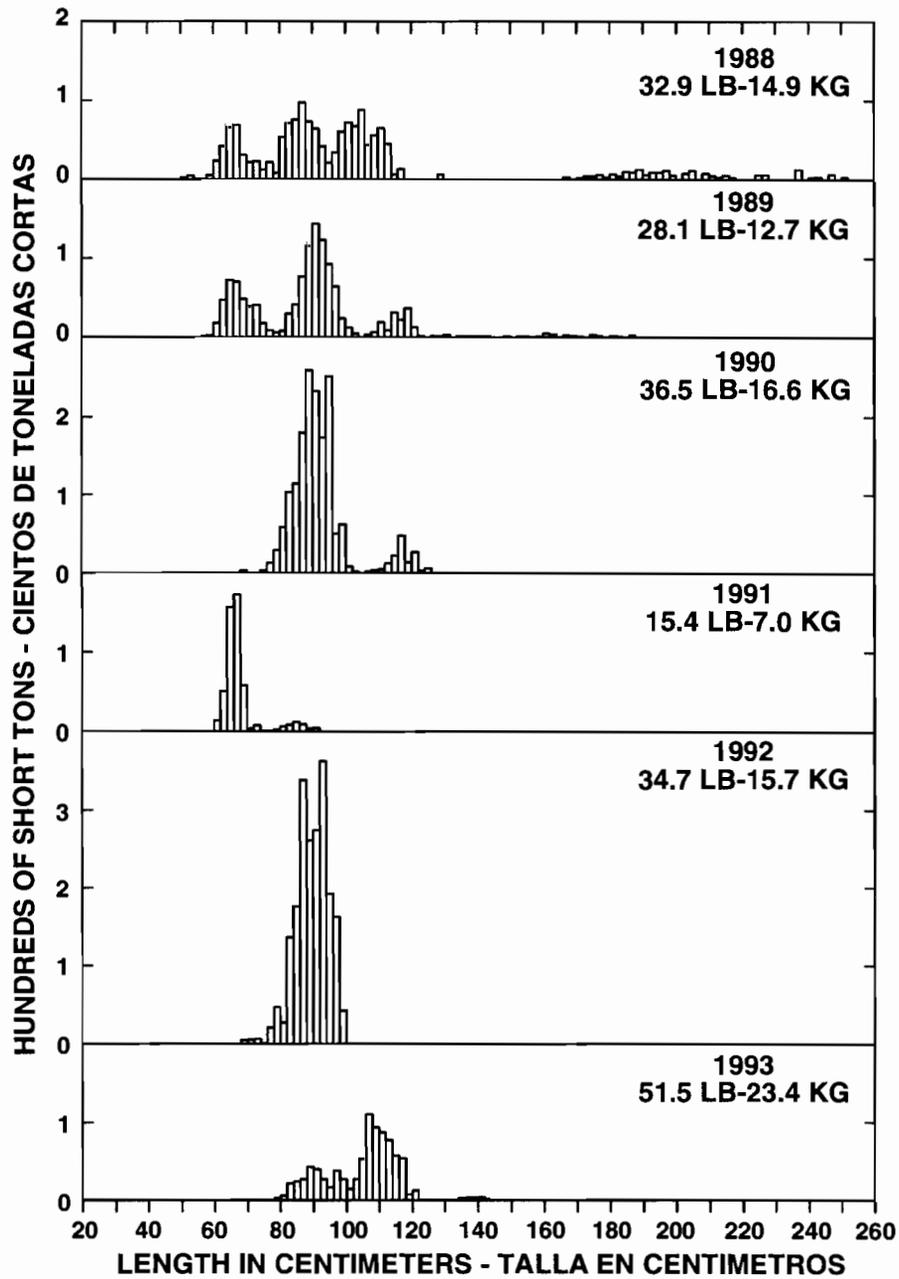
**FIGURE 18.** Estimated catches of skipjack in selected market-measurement areas of the eastern Pacific Ocean in 1993. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 18.** Captura estimada de barrilete en áreas de medición seleccionadas del Océano Pacífico oriental en 1993. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



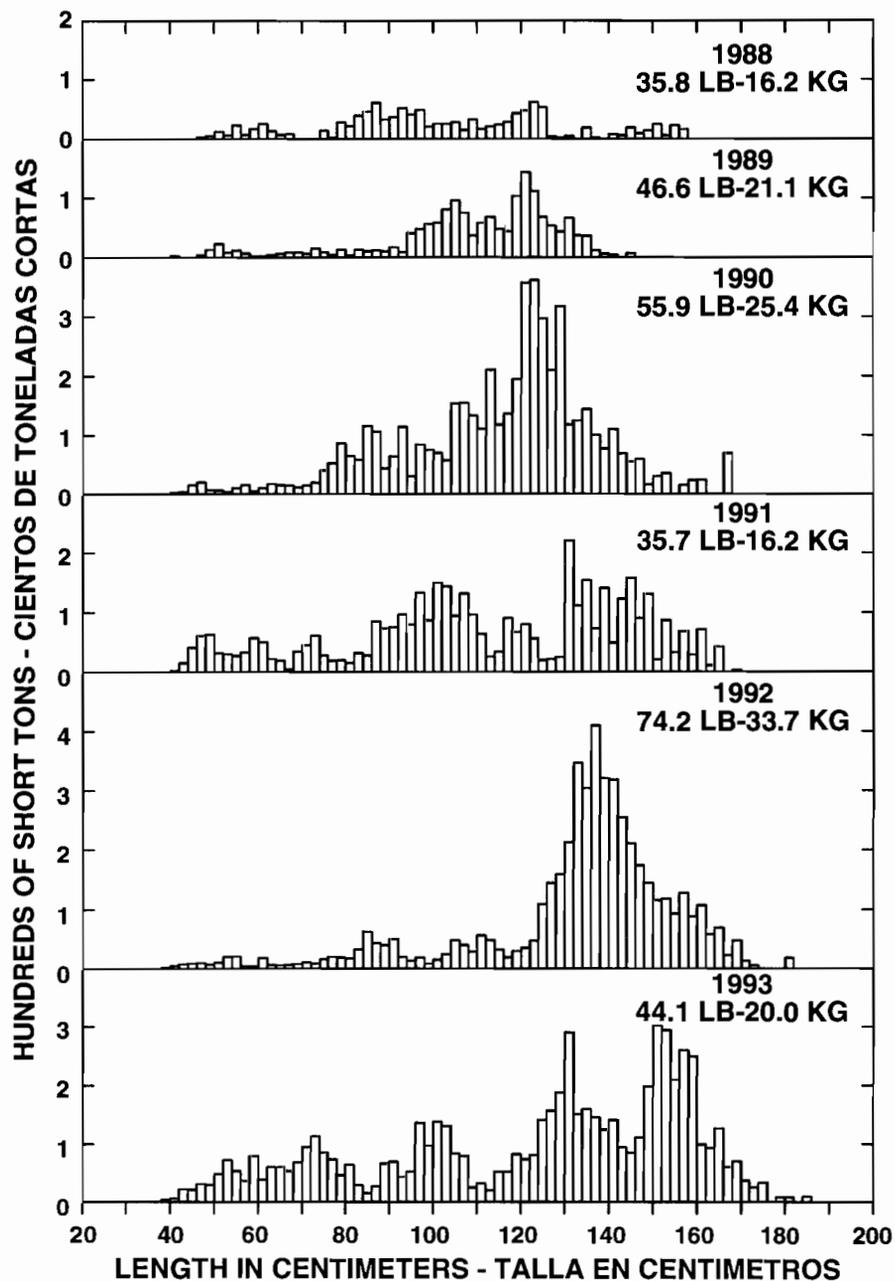
**FIGURE 19.** Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**FIGURA 19.** Captura estimada de barrilete en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior derecha de cada recuadro representa el peso promedio.



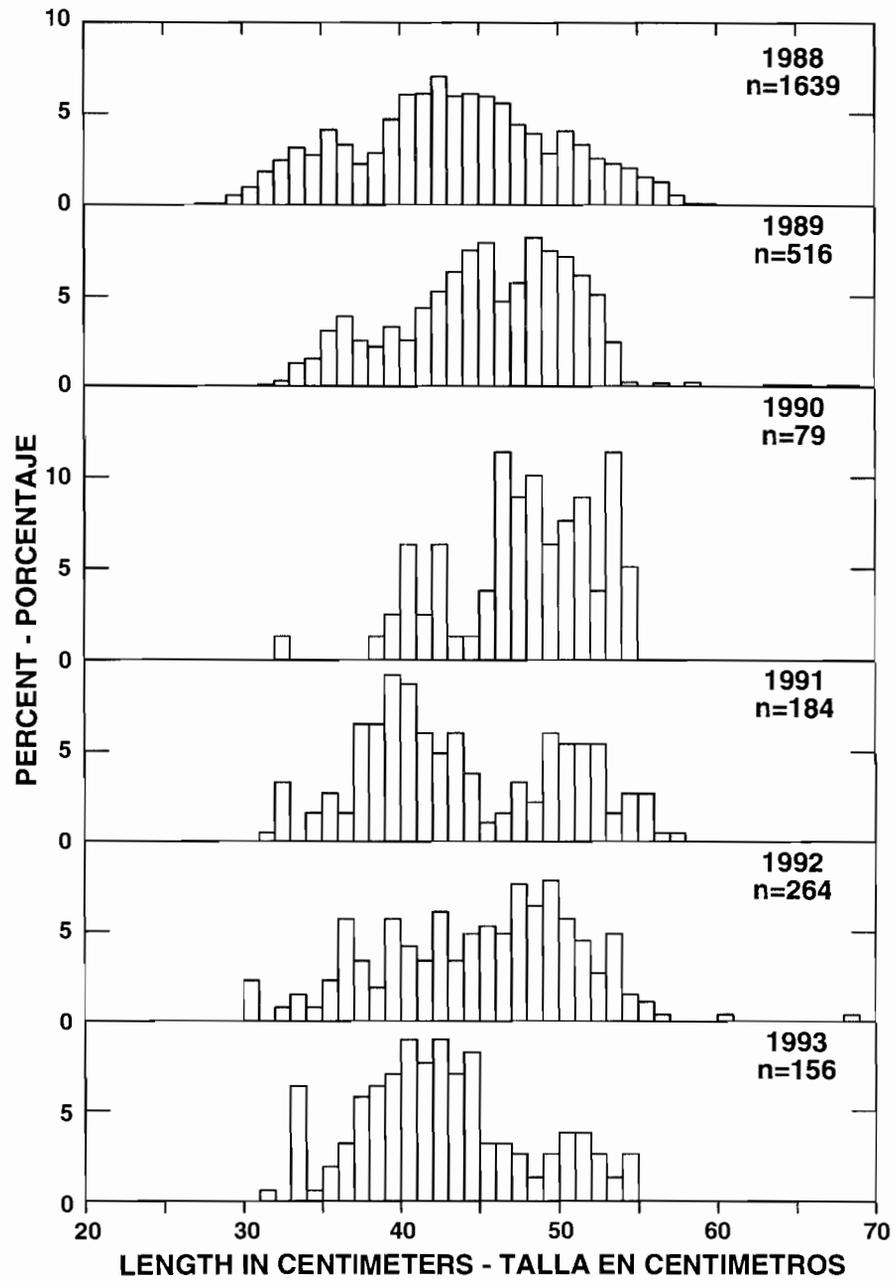
**FIGURE 20.** Estimated catches of northern bluefin by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper right corners of the panels are average weights.

**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.

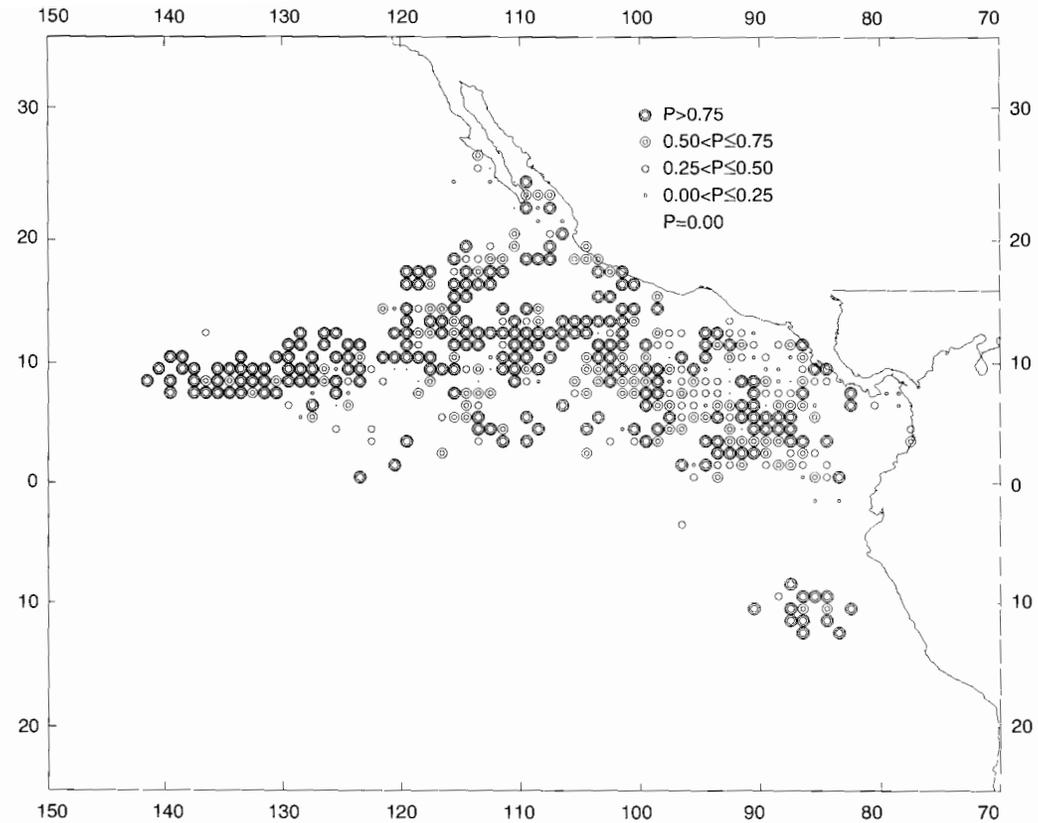


**FIGURE 21.** Estimated catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean. The values in the upper left corners of the panels are average weights.

**FIGURA 21.** Captura estimada de patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental. El valor en la esquina superior izquierda de cada recuadro representa el peso promedio.

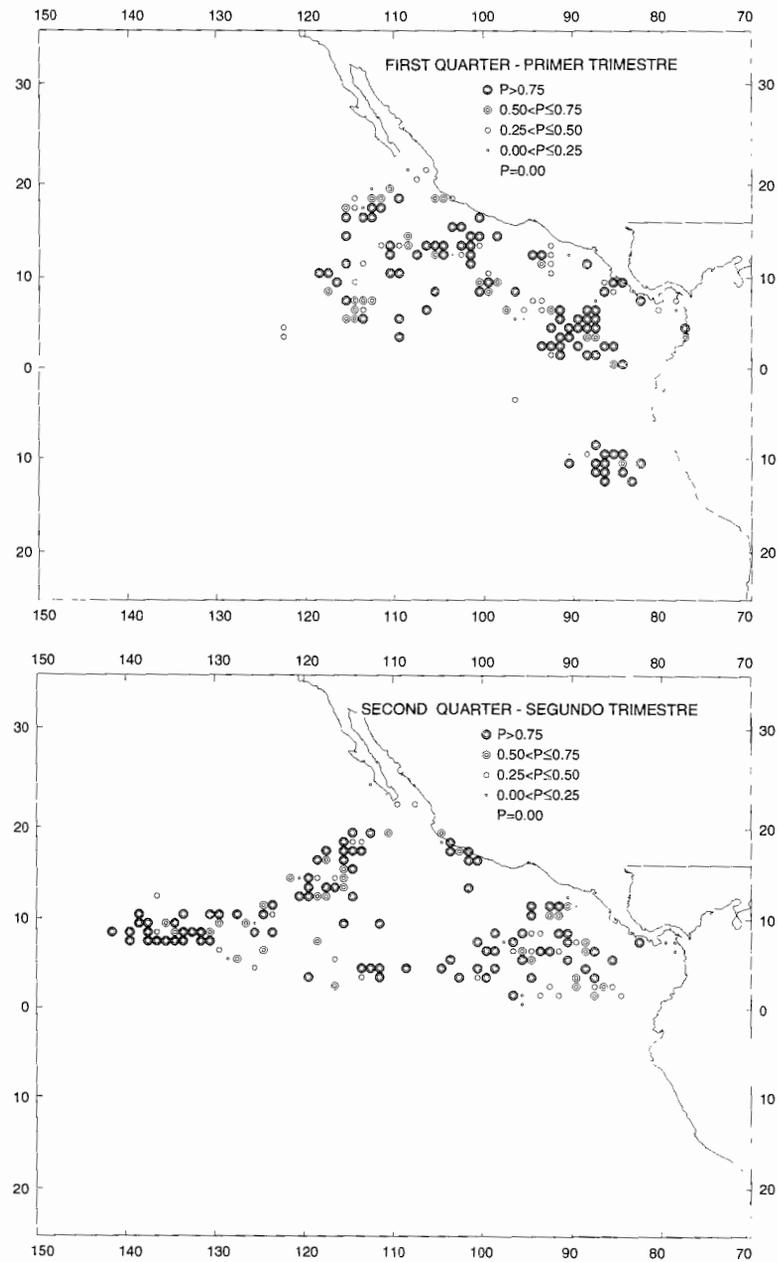


**FIGURE 22.** Annual length-frequency distributions of black skipjack caught in the eastern Pacific Ocean.  
**FIGURA 22.** Distribución anual de la frecuencia de talla de barriletes negros capturados en el Océano Pacífico oriental.



**FIGURE 23.** Spawning distribution of yellowfin tuna for October 1987 through September 1989. The data are presented as the proportions ( $p$ ) of reproductively-active females relative to the total numbers of females captured within the 1-degree areas whose ovaries were developing, resting, or reproductively active.

**FIGURA 23.** Distribución del desove de atunes aleta amarilla entre octubre de 1987 y septiembre de 1989. Se presentan los datos como la proporción ( $p$ ) de hembras reproductivamente activas al número total de hembras capturadas en el mismo área de 1° cuyos ovarios estaban en desarrollo, descansando, o reproductivamente activos.



**FIGURE 24.** Quarterly spawning distributions of yellowfin tuna for the combined data for October 1987 through September 1989. The data are presented as the proportions ( $p$ ) of reproductively-active females relative to the total numbers of females captured within the 1-degree areas whose ovaries were developing, resting, or reproductively active.

**FIGURA 24.** Distribuciones trimestrales del desove de atunes aleta amarilla para los datos combinados de octubre de 1987 a septiembre de 1989. Se presentan los datos como la proporción ( $p$ ) de hembras reproductivamente activas al número total de hembras capturadas en el mismo área de 1° cuyos ovarios estaban en desarrollo, descansando, o reproductivamente activos.

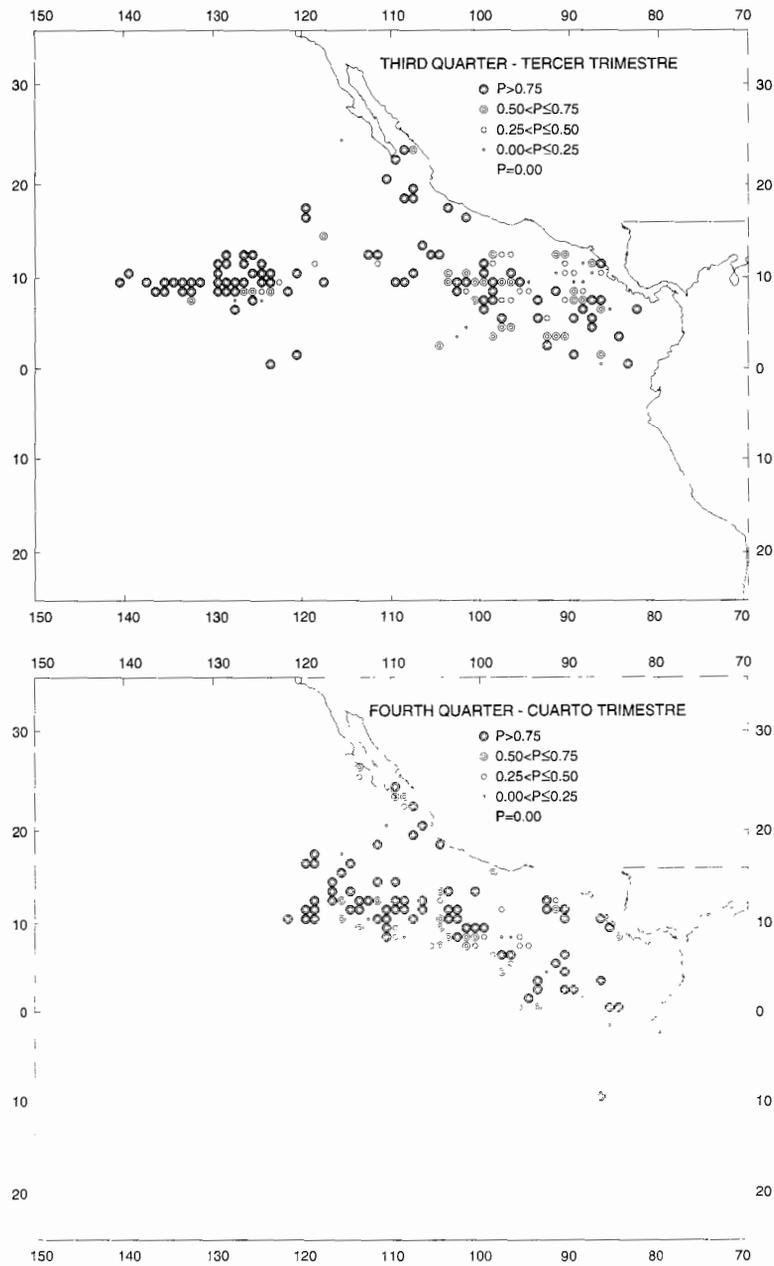
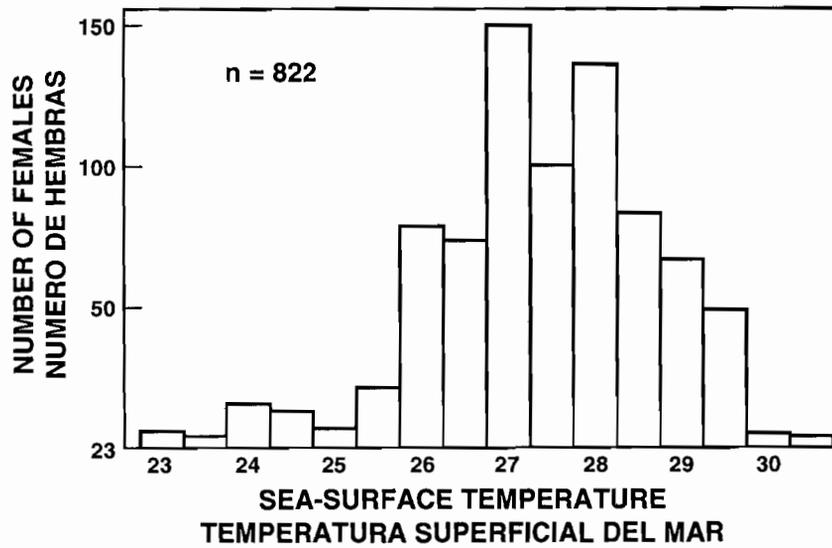
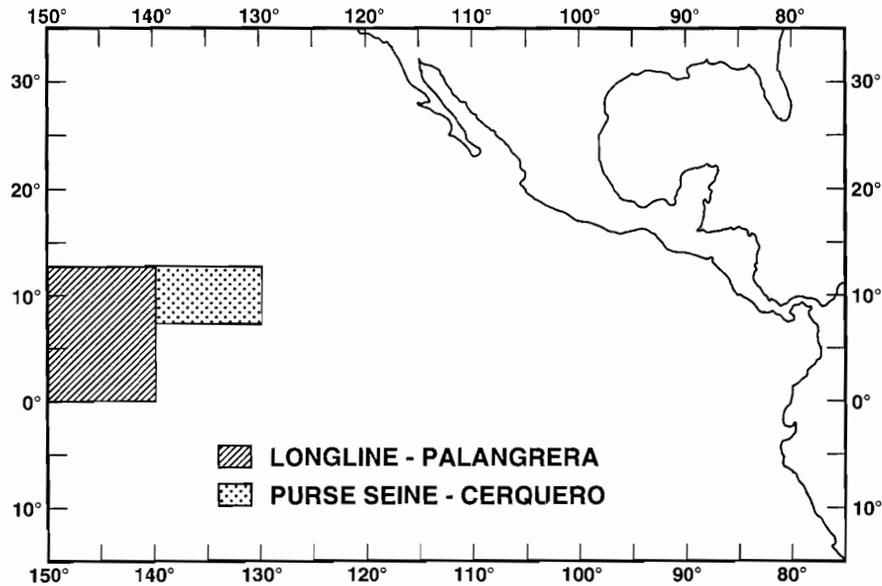


FIGURE 24. (continued)  
 FIGURA 24. (continuación)



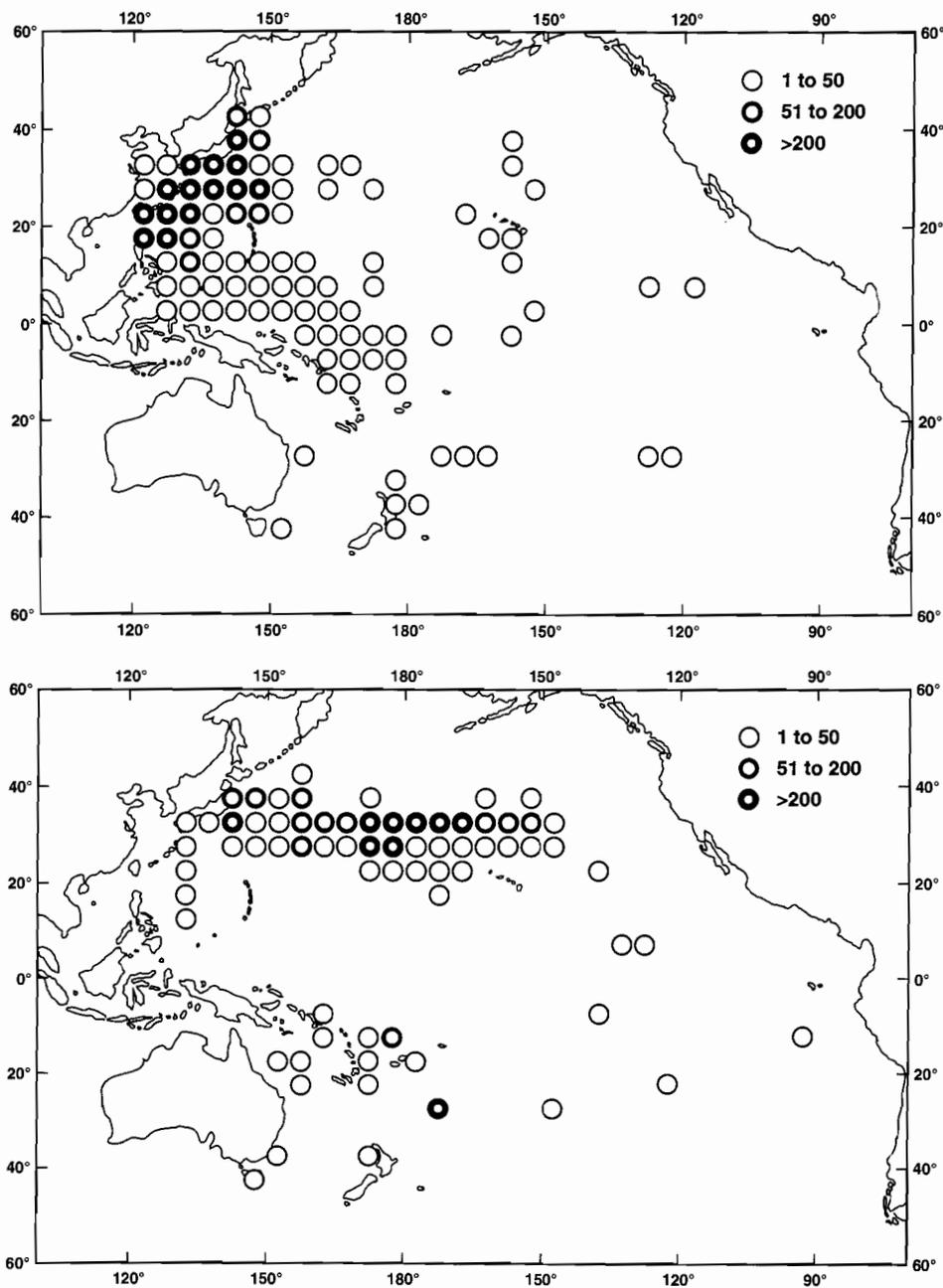
**FIGURE 25.** Temperatures at which yellowfin were observed to be spawning in the eastern Pacific Ocean between October 1987 and September 1989.

**FIGURA 25.** Temperaturas a las cuales fueron observados atunes desovando en el Océano Pacífico oriental entre octubre de 1987 a septiembre de 1989.



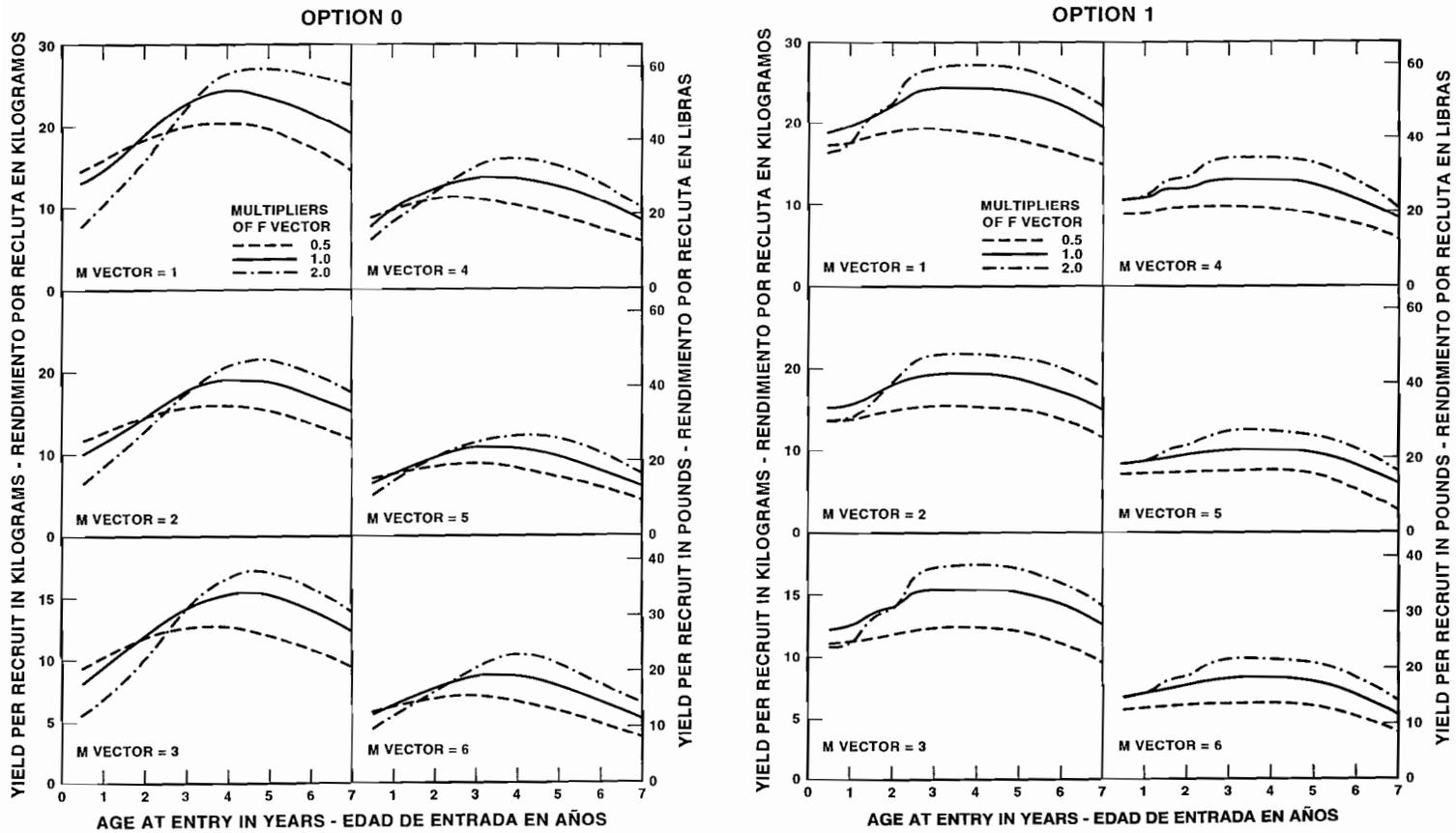
**FIGURE 26.** Capture locations, by longline and purse-seine gear, from which samples of yellowfin used in the comparative reproductive condition analyses were obtained during 1987-1989.

**FIGURA 26.** Lugares de captura, con artes de palangre y cerco, de los cuales se obtuvieron durante 1987-1989 las muestras de aleta amarilla usadas en los análisis de la condición reproductora comparativa.



**FIGURE 27.** Areas where catches of northern bluefin tuna were taken 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 5-degree areas during the 14-year period.

**FIGURA 27.** Areas donde se realizaron capturas de atunes aleta azul del norte en mayo (recuadro superior) y noviembre (recuadro inferior) del periodo de 1959-1972. Los valores en la esquina superior derecha de cada mapa indican los números totales de peces capturados en los areas de 5° durante el periodo de 14 años.



**FIGURE 28.** Yield-per-recruit curves for northern bluefin, based on the data in Tables 13 and 14. The values, 0.5, 1.0, and 2.0, represent multipliers of the vectors of fishing mortality shown in Table 14. The horizontal portions of the curves are caused by the lack of fishing effort during these periods.

**FIGURA 28.** Curvas de rendimiento por recluta correspondientes al aleta azul del norte, basadas en los datos de la Tablas 13 y 14. Los valores de 0.5, 1.0, y 2.0 representan multiplicadores de los vectores de mortalidad por pesca presentados en la Tabla 14. Las porciones horizontales de las curvas resultan de la falta de esfuerzo de pesca en esos períodos.

OPTION 2

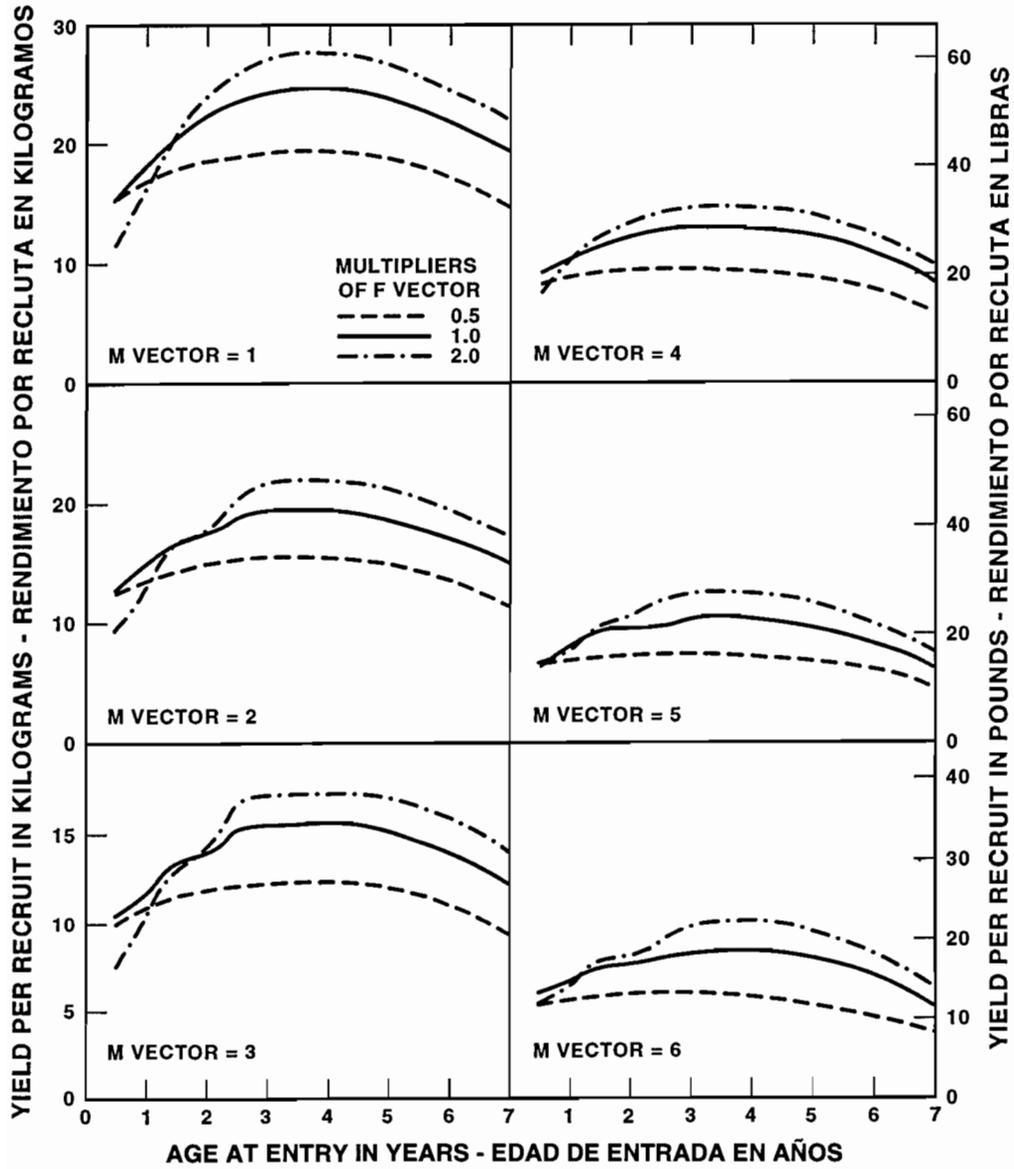
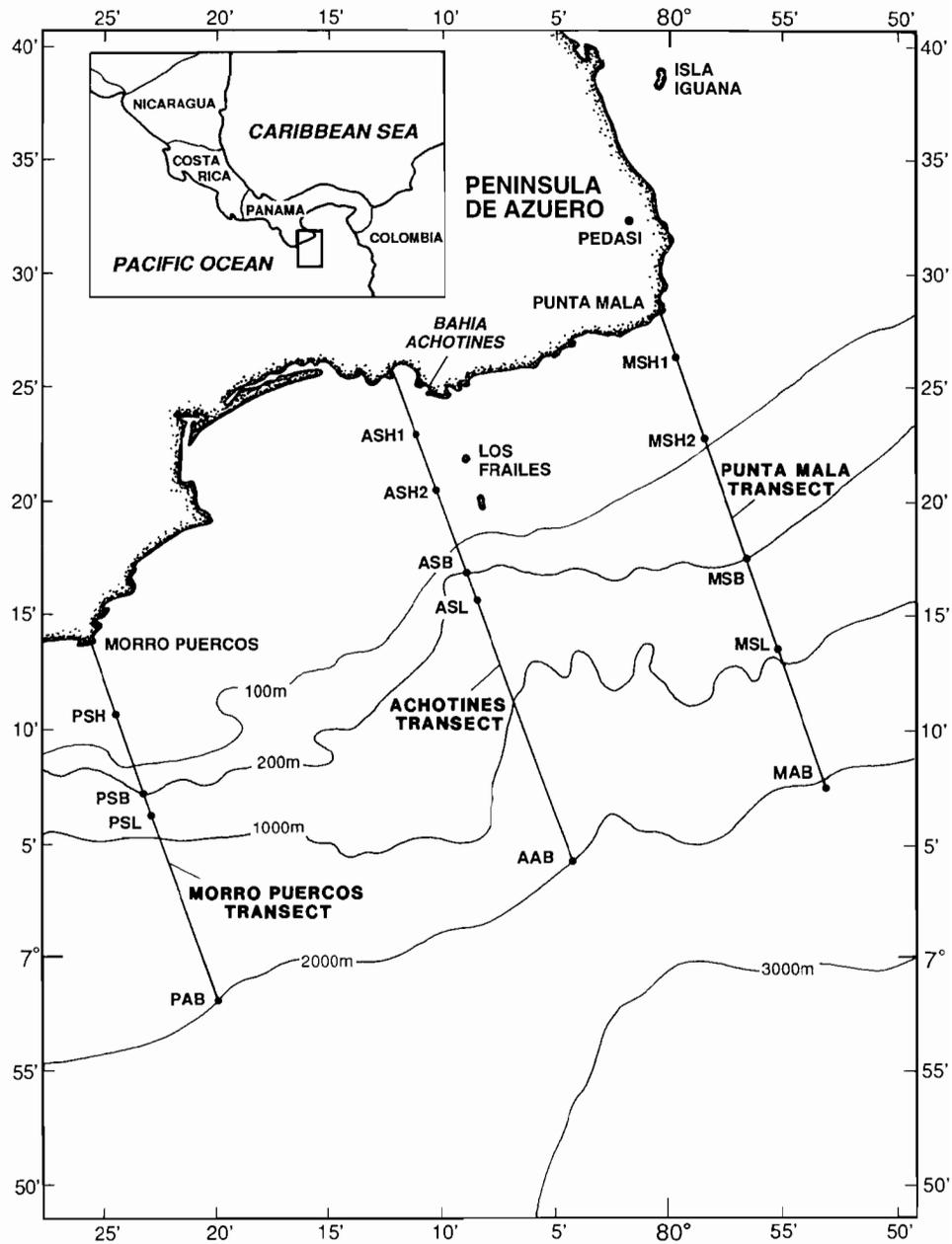
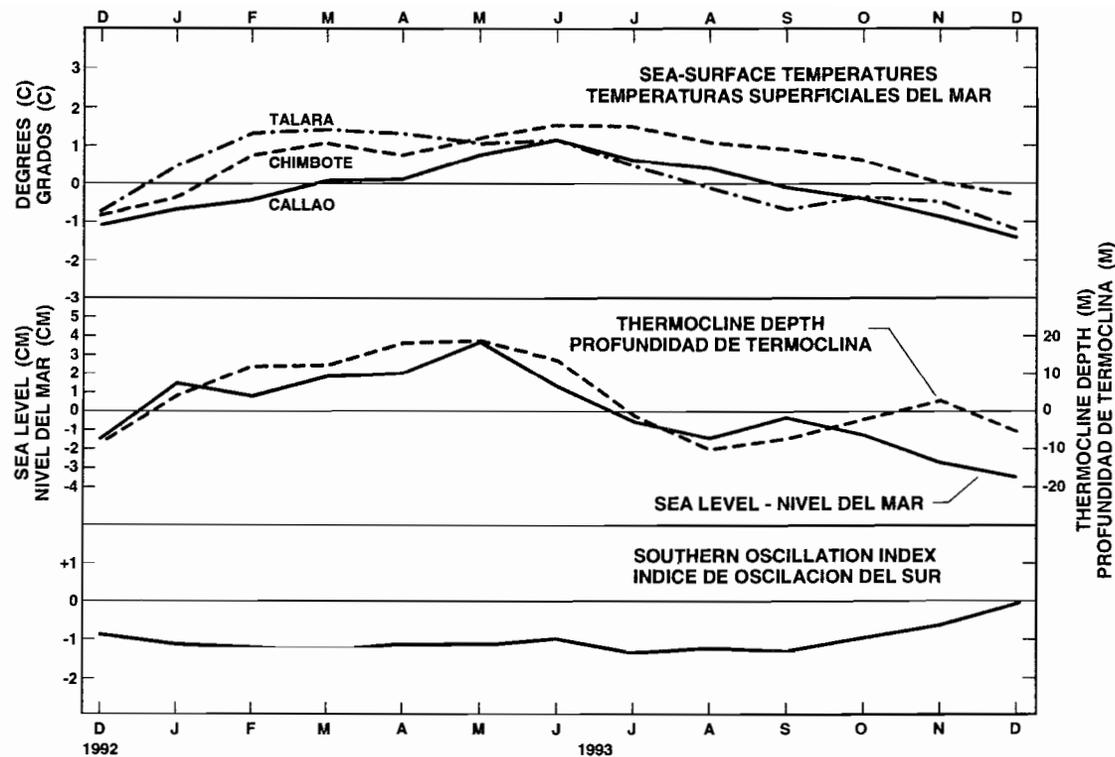


FIGURE 28. (continued)  
 FIGURA 28. (continuación)



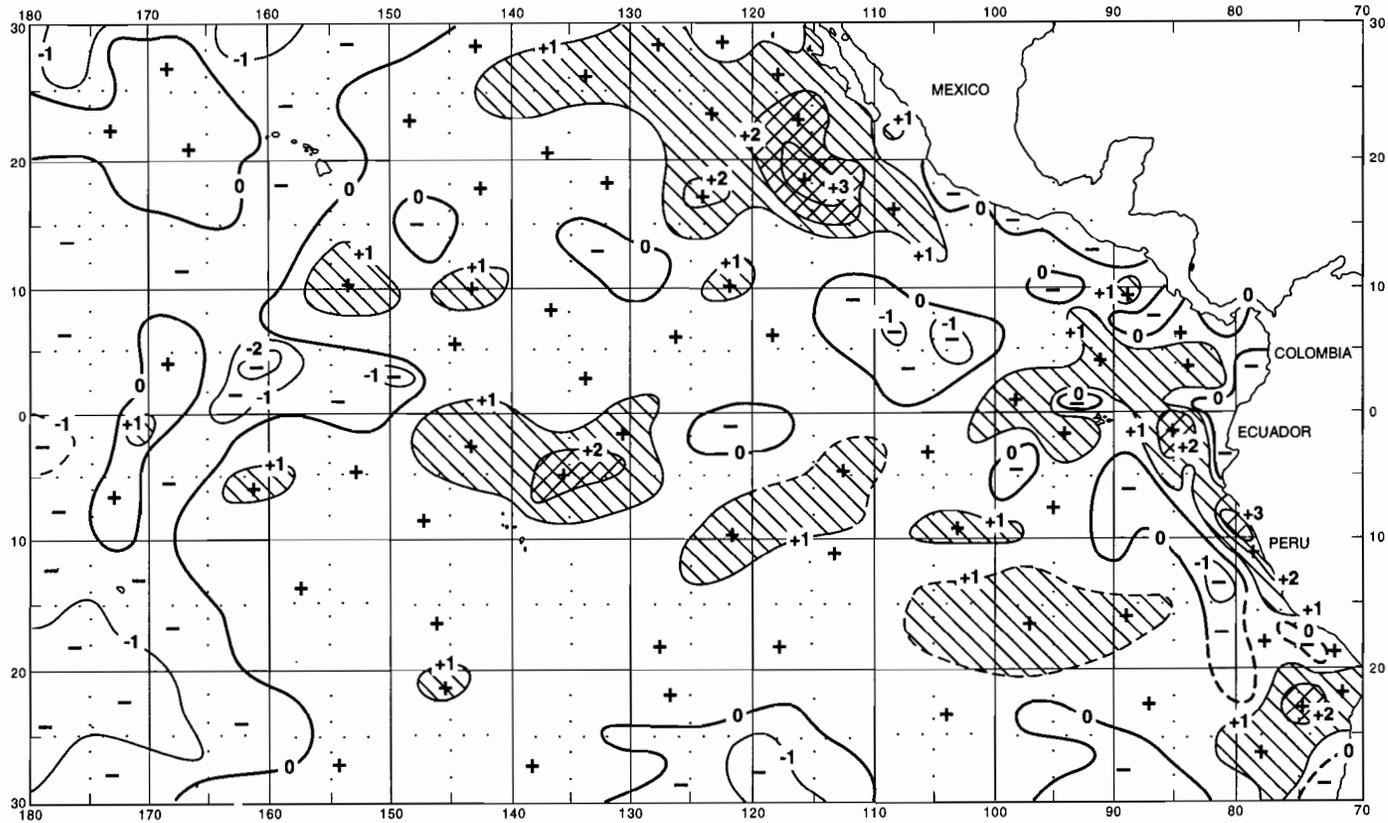
**FIGURE 29.** Location of Achotines Bay, Panama. The Achotines Laboratory is located on the east side of the bay. The dots on the transects represent sampling stations.

**FIGURA 29.** 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.



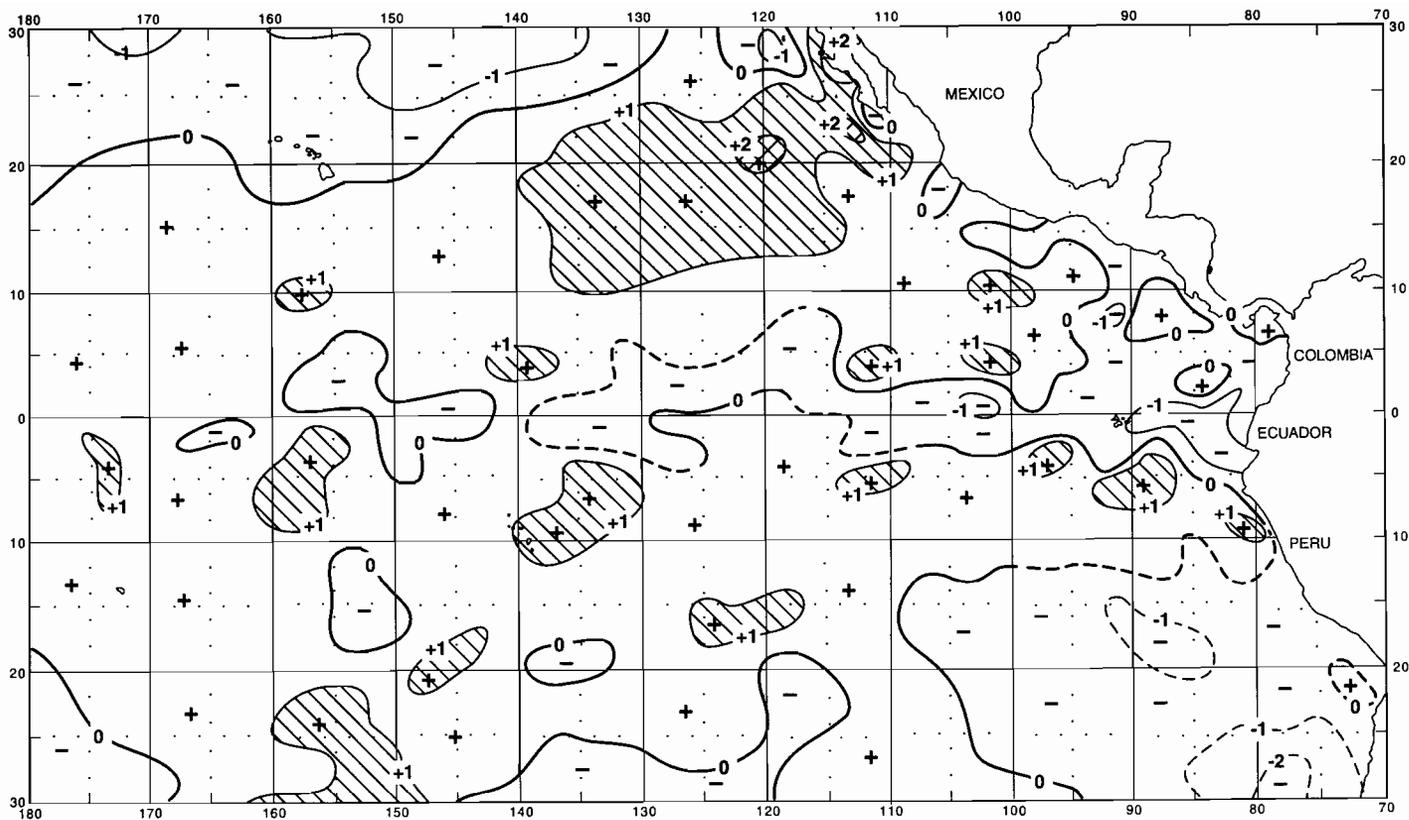
**FIGURE 30.** Three-month running means of anomalies of sea-surface temperatures (SSTs), thermocline depths, sea levels, and of Southern Oscillation Indices (SOIs). The SST anomalies are based on averages of monthly mean anomalies at Callao, Chimbote, and Talara, Peru. The thermocline depth anomalies are based on monthly mean depths of the 20°C isotherm in the eastern Pacific Ocean east of 110°W between 5°N and 5°S. The sea-level anomalies are based on the averages of the monthly mean anomalies at four coastal stations from Buenaventura, Colombia, to Callao, Peru.

**FIGURA 30.** Valores medios móviles trimestrales de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM), la profundidad de la termoclina, el nivel del mar, y el Índice de Oscilación del Sur (IOS). Las anomalías de la TSM están basadas en los promedios de las anomalías medias mensuales en Callao, Chimbote, y Talara (Perú). Las anomalías de la profundidad de la termoclina están basadas en la profundidad media mensual de la isoterma de 20°C en el Océano Pacífico oriental al este de 110°W entre 5°N y 5°S. Las anomalías del nivel del mar están basadas en los promedios de las anomalías medias mensuales en cuatro estaciones costeras entre Buenaventura (Colombia) y Callao (Perú).



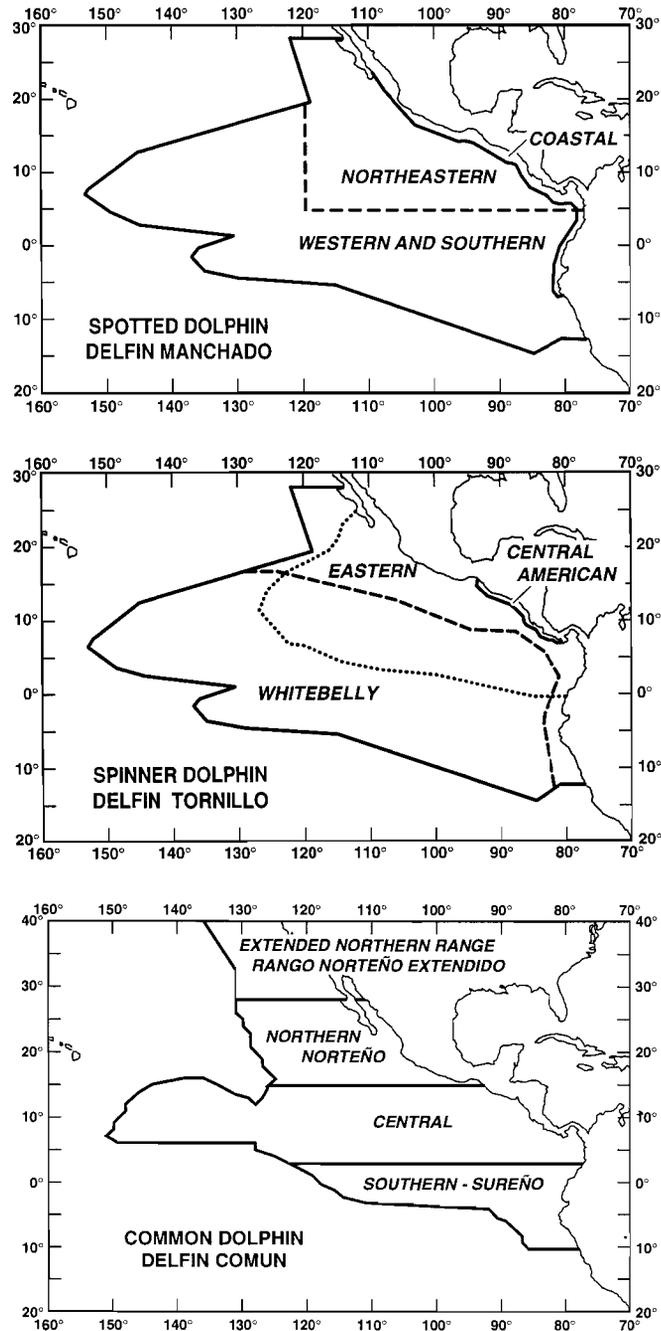
**FIGURE 31.** SST anomalies (departures from long-term normals) for April 1993, based on data from fishing boats and other commercial vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C above normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C above normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

**FIGURA 31.** Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en abril de 1993, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y otros buques comerciales. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de 1°C superiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C superiores a lo normal. Las contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



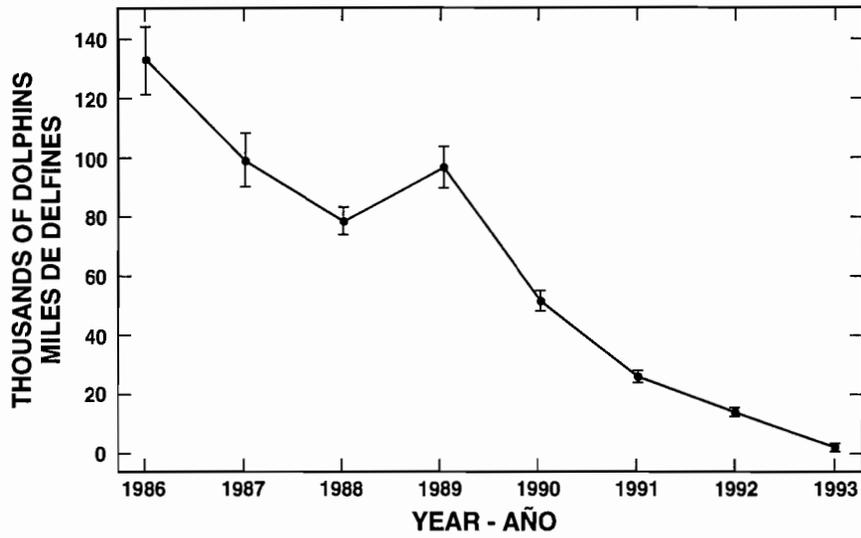
**FIGURE 32.** SST anomalies (departures from long-term normals) for December 1993, based on data from fishing boats and other commercial vessels. The areas with SSTs from 1° to 2°C above normal are hatched, and those with SSTs more than 2°C above normal are cross-hatched. The contours are dashed in areas with sparse data.

**FIGURA 32.** Anomalías de las TSM (desviaciones del nivel normal a largo plazo) en diciembre de 1993, basadas en datos tomados por barcos pesqueros y otros buques comerciales. Las áreas sombreadas mostraron TSM más de 1°C superiores a lo normal, y aquellas doblemente sombreadas TSM más de 2°C superiores a lo normal. Las contornos de trazos señalan áreas con datos escasos.



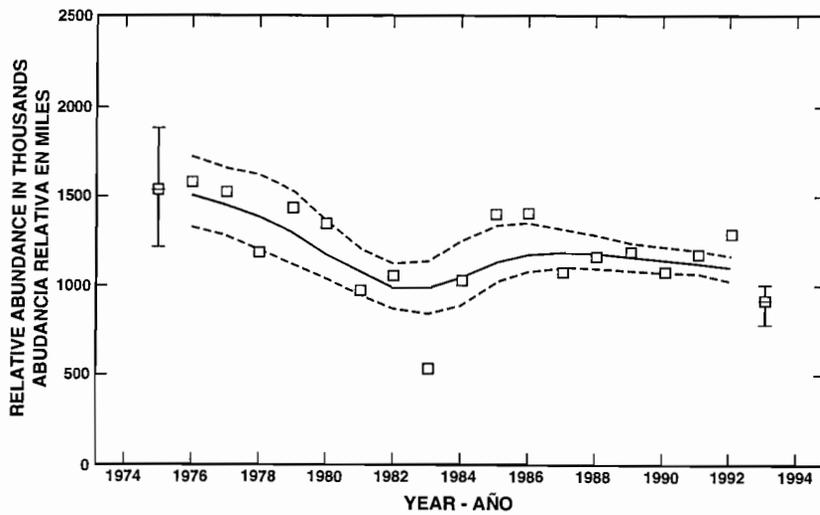
**FIGURE 33.** Average distributions of the stocks of spotted, spinner, and common dolphins in the eastern Pacific Ocean.

**FIGURA 33.** Distribuciones medias de los stocks de delfines manchados, tornillos, y comunes en el Océano Pacifico oriental.



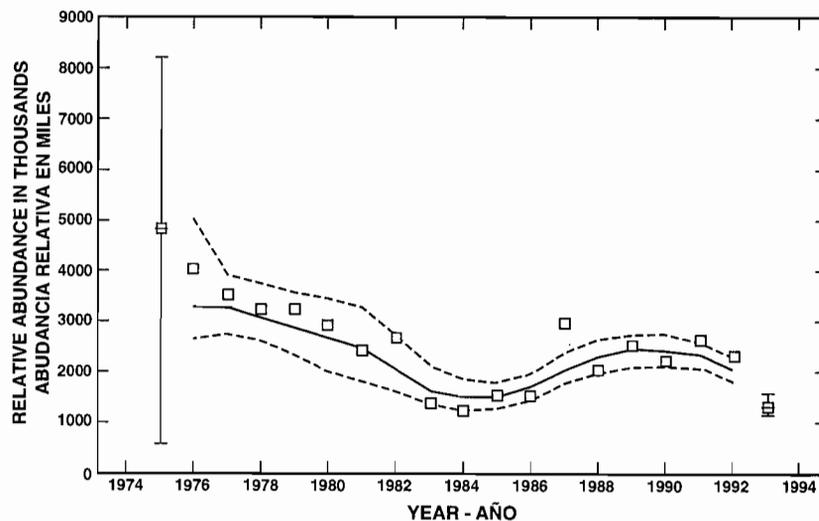
**FIGURE 34.** Total mortalities of dolphins in the purse-seine fishery for tunas in the eastern Pacific Ocean. The dots represent the point estimates and the short vertical lines represent one standard error. There is no standard error for 1993 because observer coverage was 100 percent during that year.

**FIGURA 34.** Mortalidades totales de delfines en la pesquería cerquera de atunes en el Océano Pacífico oriental. Los puntos representan estimaciones puntuales y las líneas verticales cortas representan un error estándar. No hay error estándar para 1993 porque la cobertura de observadores fue de 100% durante ese año.



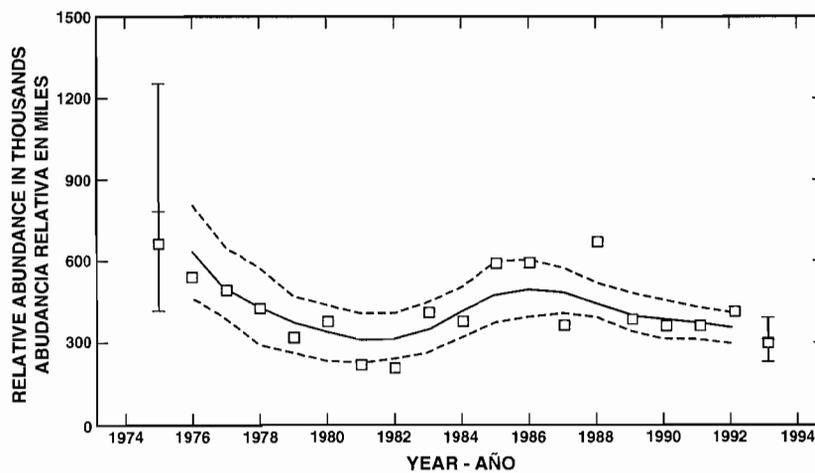
**FIGURE 35.** Smoothed trends in abundance of the northeastern offshore stock of spotted dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 35.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock noreste del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados del 85%.



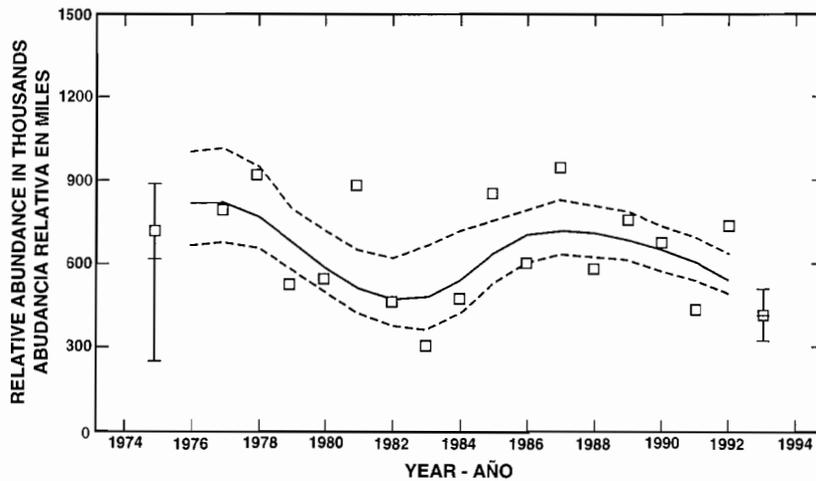
**FIGURE 36.** Smoothed trends in abundance of the western and southern offshore stock of spotted dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 36.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock occidental y sureño de altamar del delfín manchado en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados del 85%.



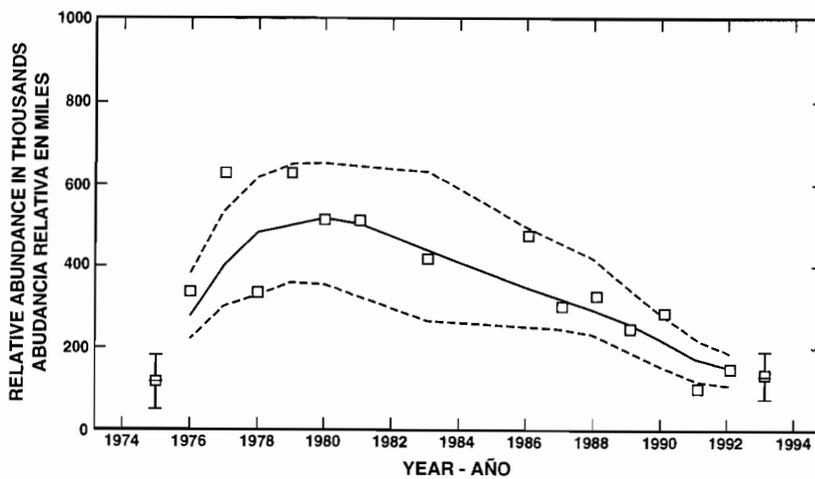
**FIGURE 37.** Smoothed trends in abundance of the eastern stock of spinner dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 37.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock oriental del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados del 85%.



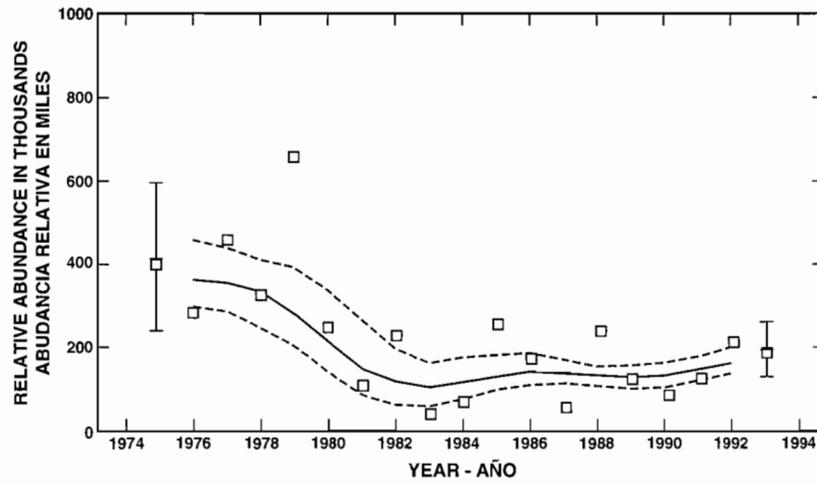
**FIGURE 38.** Smoothed trends in abundance of the whitebelly stock of spinner dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 38.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock panza blanca del delfín tornillo en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados del 85%.



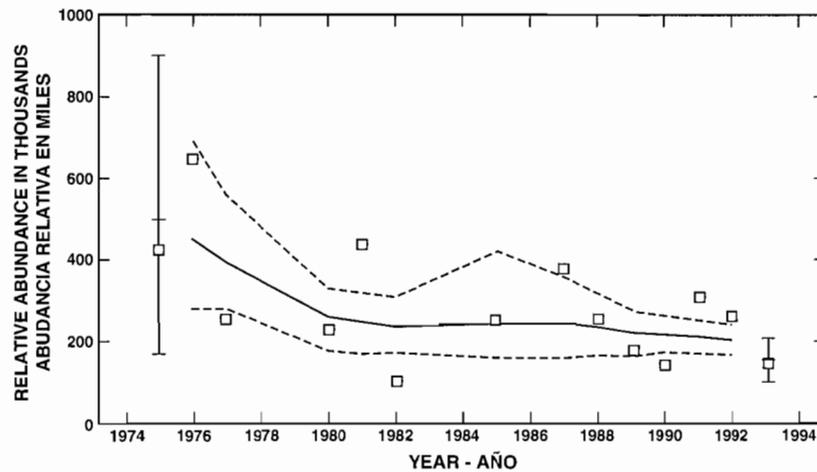
**FIGURE 39.** Smoothed trends in abundance of the northern stock of common dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 39.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock norteño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados del 85%.



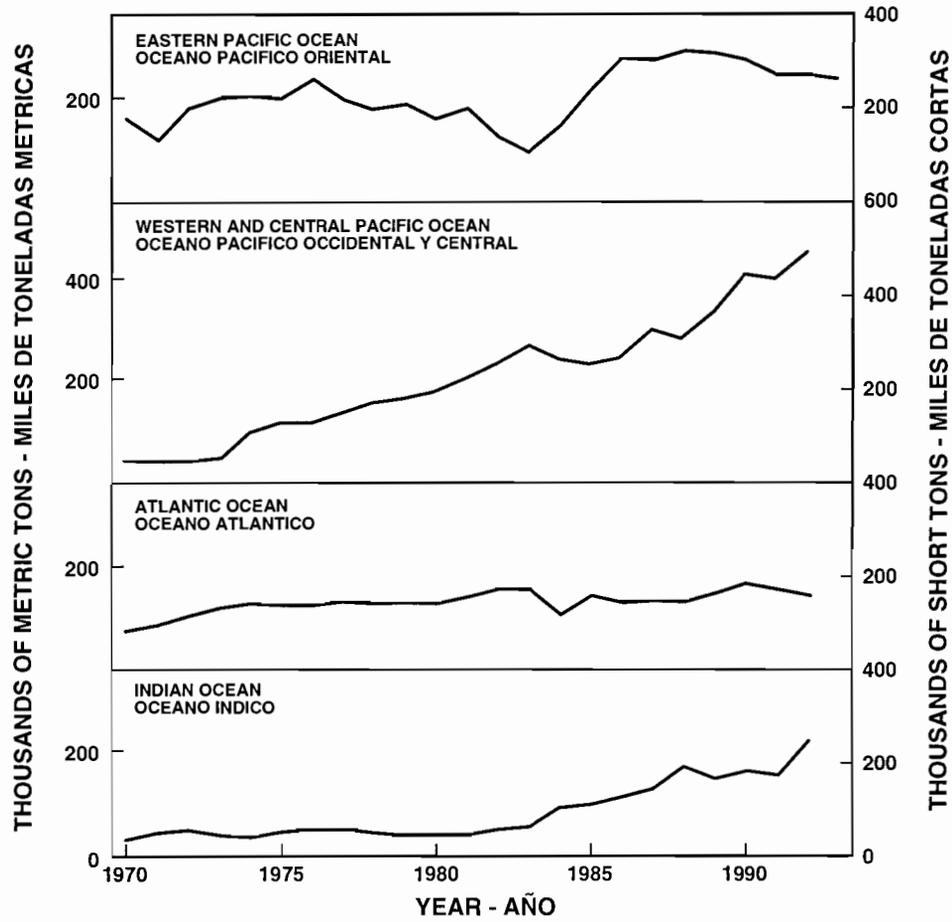
**FIGURE 40.** Smoothed trends in abundance of the central stock of common dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 40.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock central del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados del 85%.



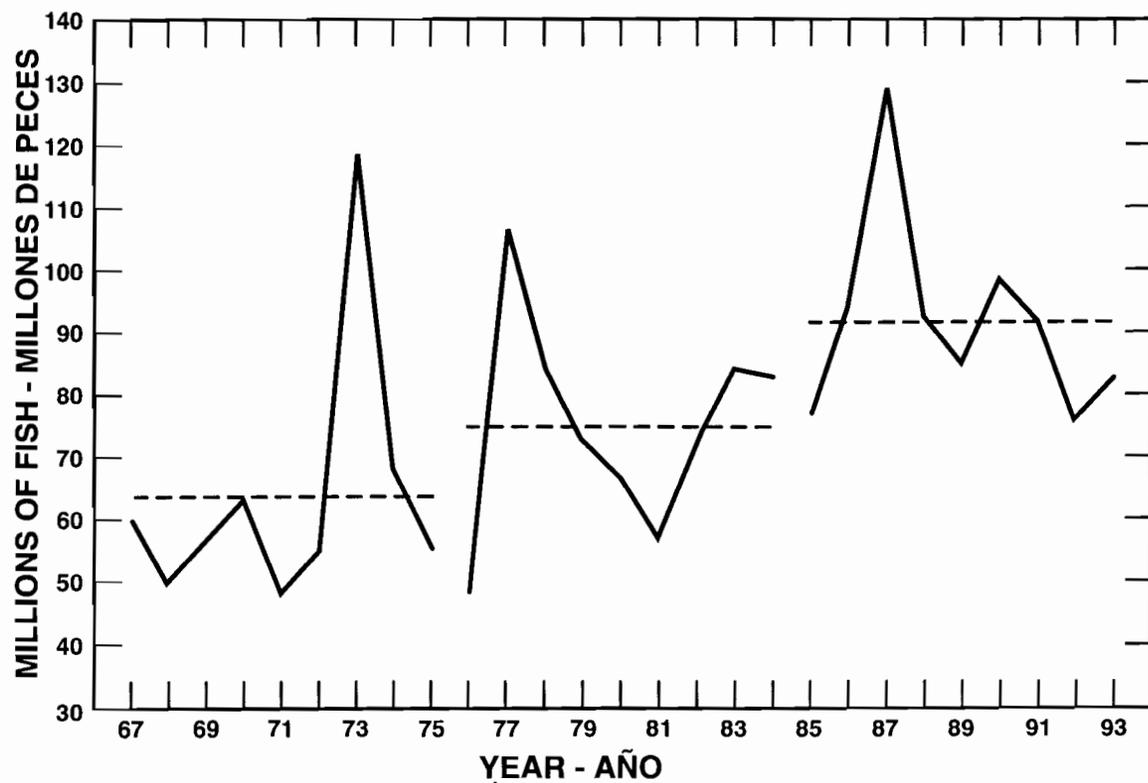
**FIGURE 41.** Smoothed trends in abundance of the southern stock of common dolphin in the eastern Pacific Ocean. The broken lines indicate the approximate 85-percent confidence limits.

**FIGURA 41.** Tendencias suavizadas en la abundancia del stock sureño del delfín común en el Océano Pacífico oriental. Las líneas de trazos indican los límites de confianza aproximados del 85%.

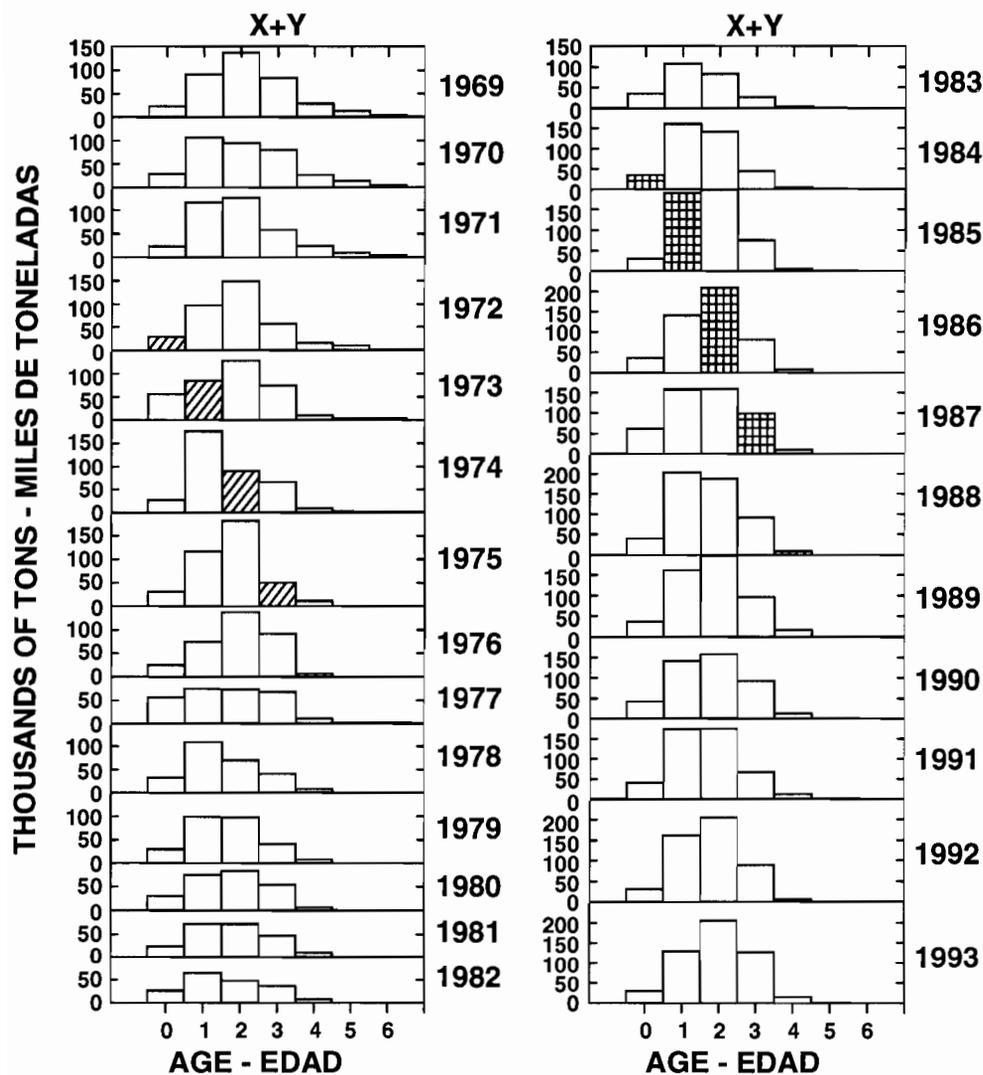


**FIGURE 42.** Catches of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean.

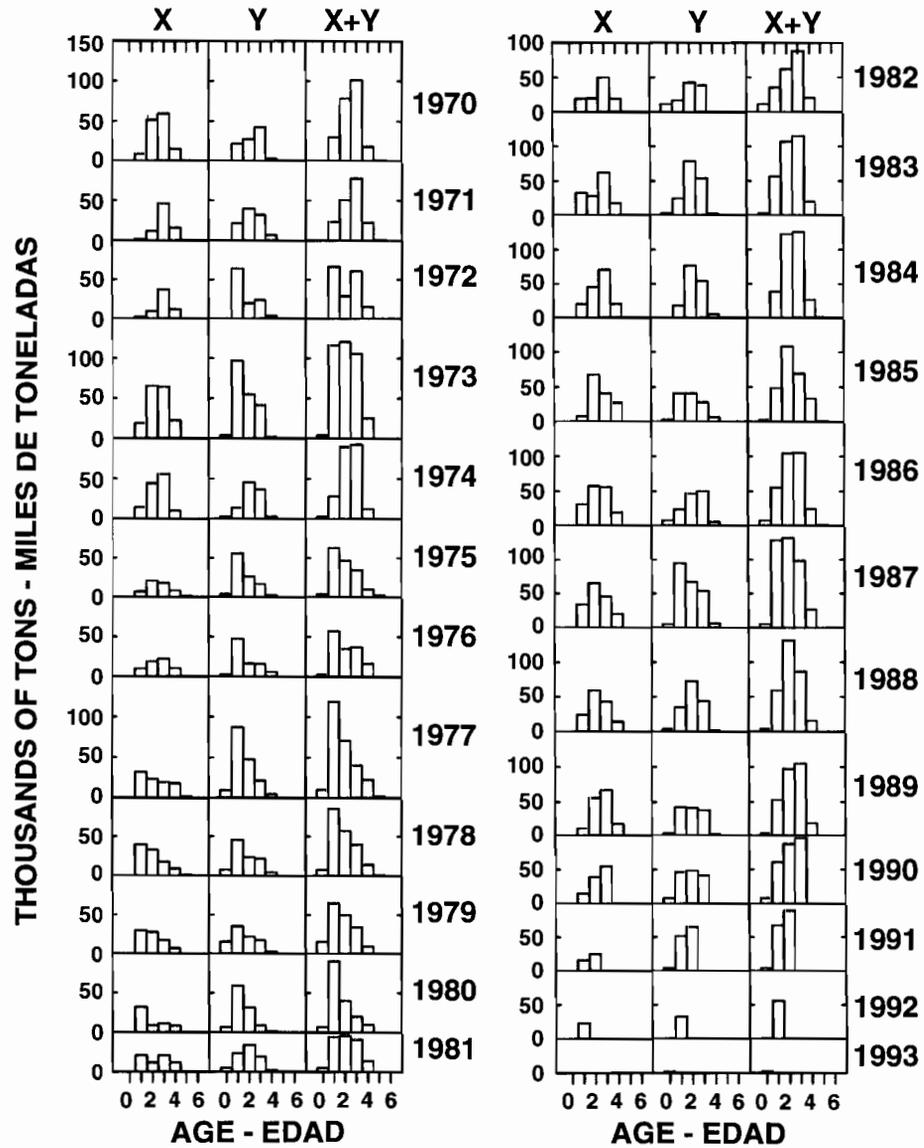
**FIGURA 42.** Capturas de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, Océano Pacífico central y occidental, Océano Atlántico, y Océano Indico.



**FIGURE 43.** Estimated initial recruitments of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, with the average recruitments for 1967-1975, 1976-1984, and 1985-1993.  
**FIGURA 43.** Reclutamientos iniciales estimados del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, con los reclutamientos medios de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1993.

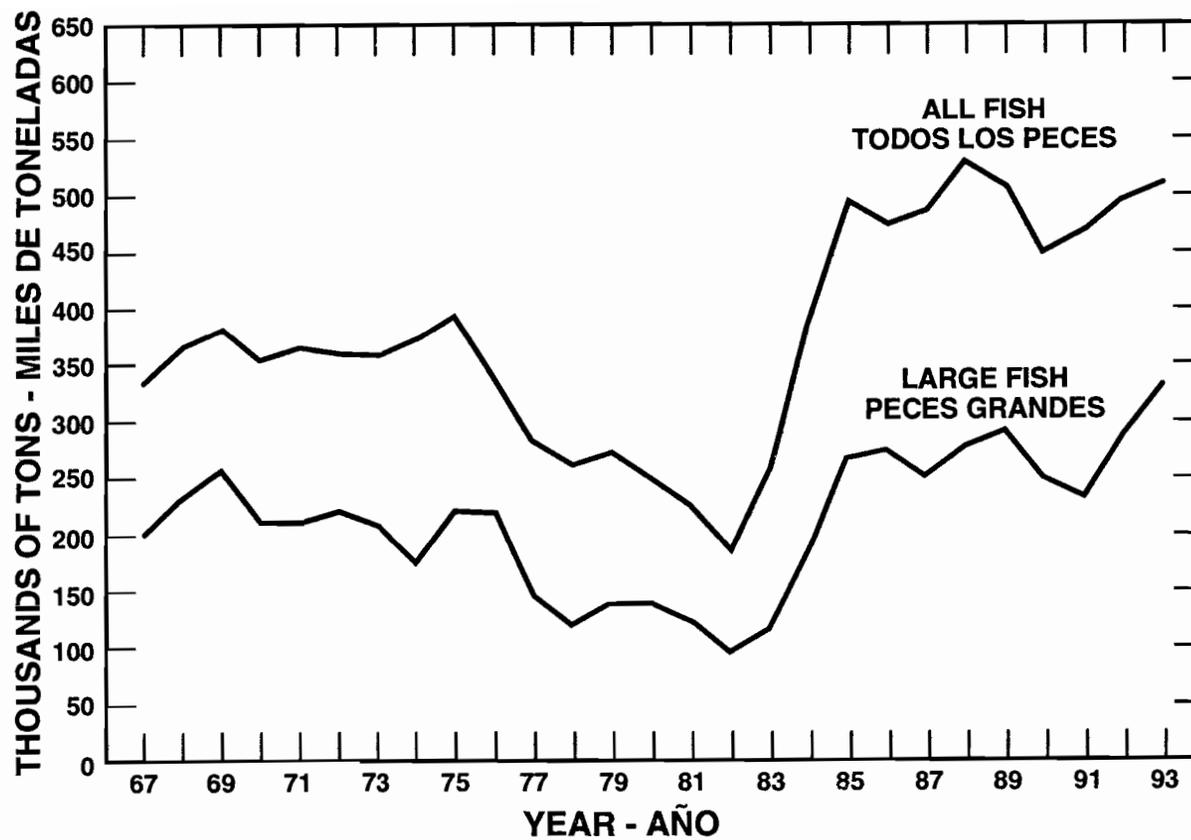


**FIGURE 44.** Average within-year biomass estimates of yellowfin in the eastern Pacific Ocean by age groups.  
**FIGURA 44.** Estimaciones del promedio, dentro del año, de la biomasa del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, por grupos de edad.

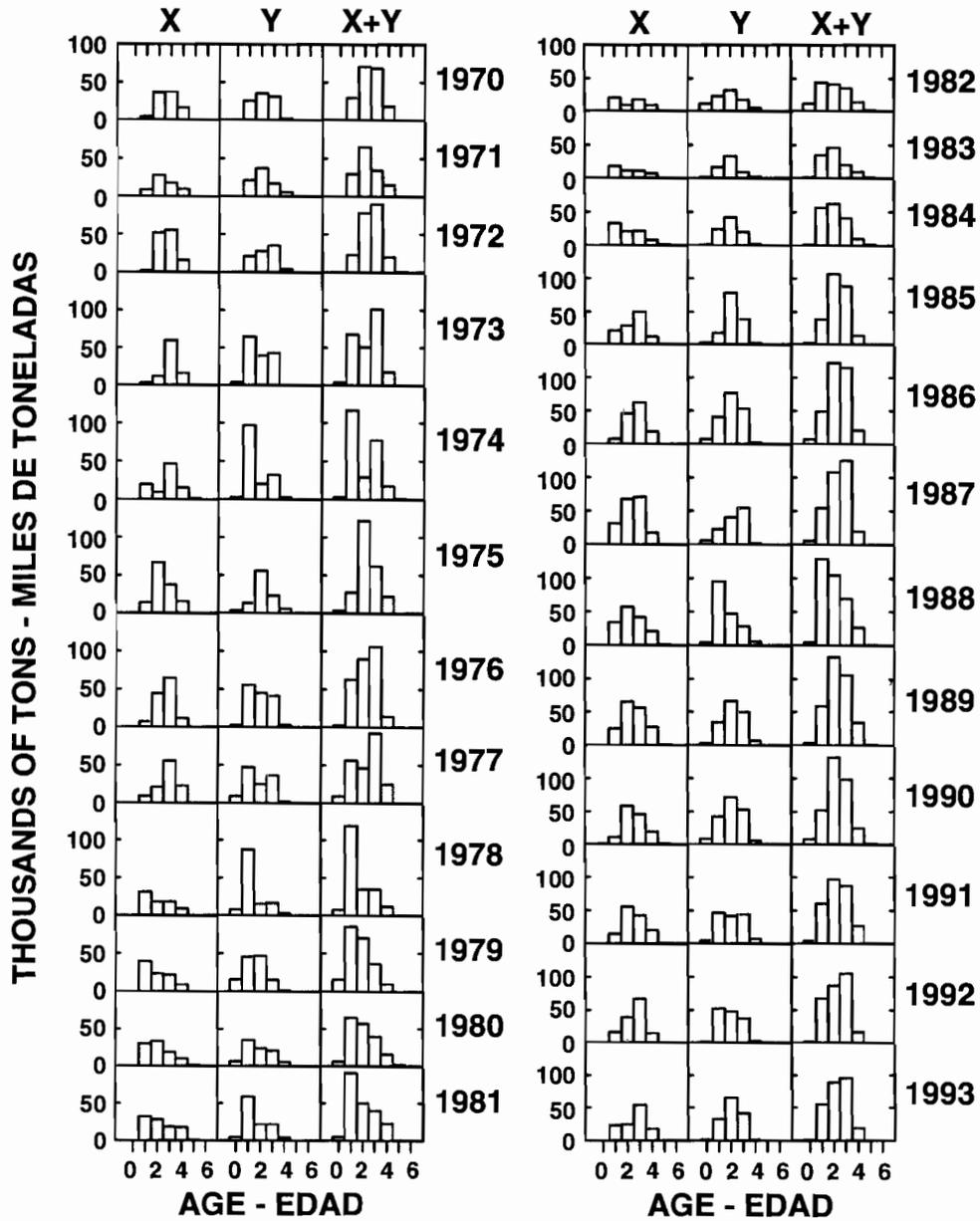


**FIGURA 45.** Estimated catches of yellowfin of the 1970 through 1993 cohorts at ages 0 through 6, by X and Y groups.

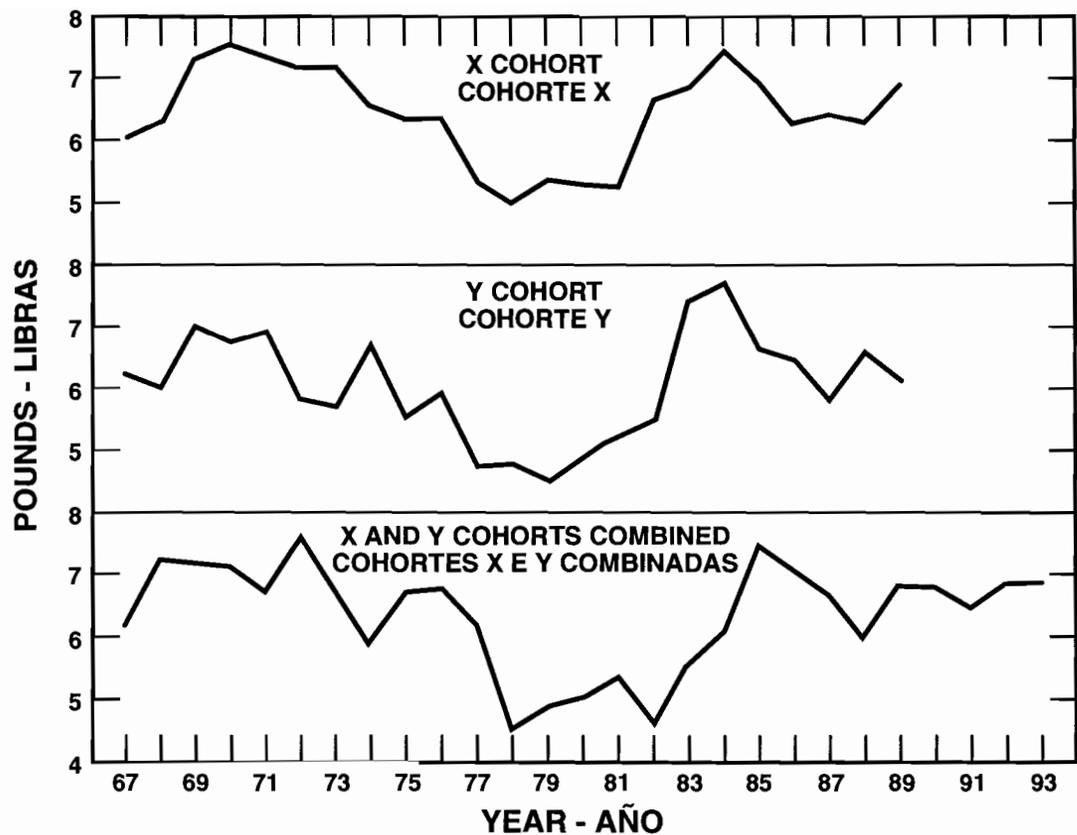
**FIGURA 45.** Capturas estimadas de aleta amarilla de las cohortes de 1970 a 1993 de 0 a 6 años de edad, por grupos X e Y.



**FIGURE 46.** Average biomass estimates of yellowfin in the eastern Pacific Ocean for all fish and for larger fish only.  
**FIGURA 46.** Estimaciones de la biomasa media del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental correspondientes a todos los peces y a los peces mayores solamente.

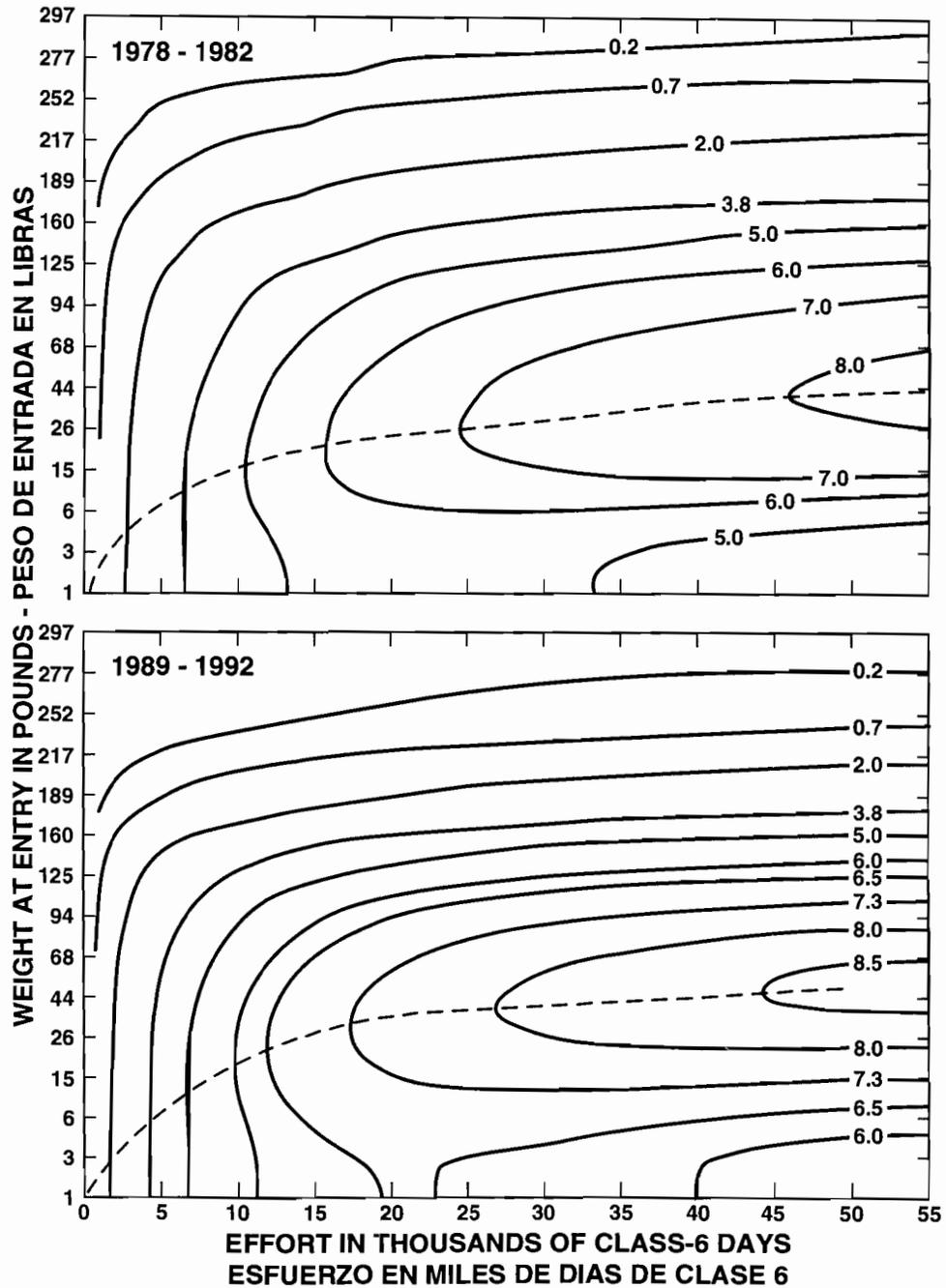


**FIGURE 47.** Estimated catches of yellowfin of ages 0 through 6 during 1970 through 1993, by X and Y groups.  
**FIGURA 47.** Capturas estimadas de aleta amarilla de 0 a 6 años de edad entre 1970 y 1993, por grupos X e Y.



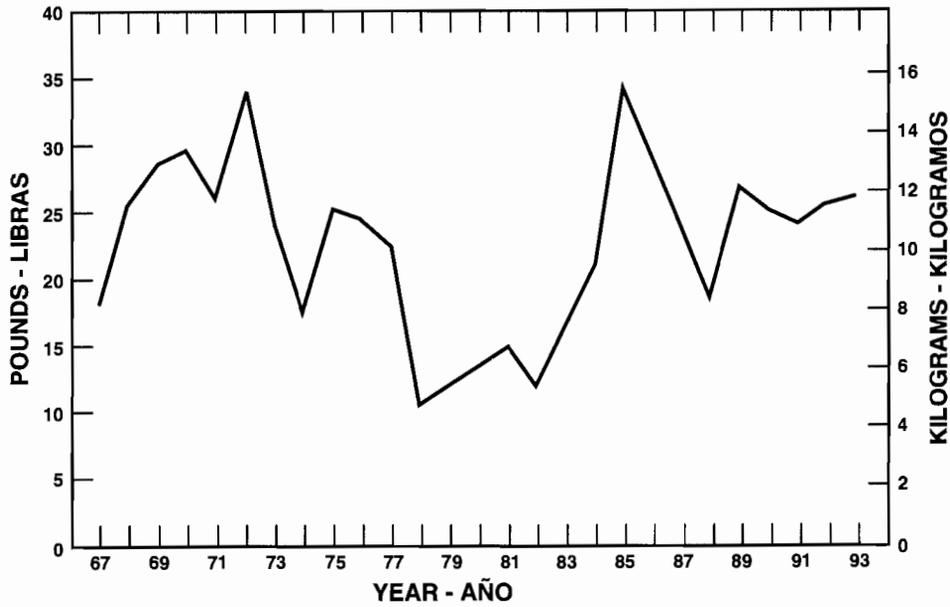
**FIGURE 48.** Yields per recruit of yellowfin. The top and middle panels contain data for the 1967 through 1989 cohorts caught during different years (equivalent to Figure 45), whereas the bottom panel contains data for fish of different cohorts caught during 1967 through 1993 (equivalent to Figure 47).

**FIGURE 48.** Rendimientos por recluta del aleta amarilla. Los datos en los dos recuadros superiores corresponden a las cohortes de 1967 a 1989 capturadas en distintos años (equivalente a la Figura 45), mientras que los datos en el recuadro inferior corresponden a peces de distintas cohortes capturados entre 1967 y 1993 (equivalente a la Figura 47).

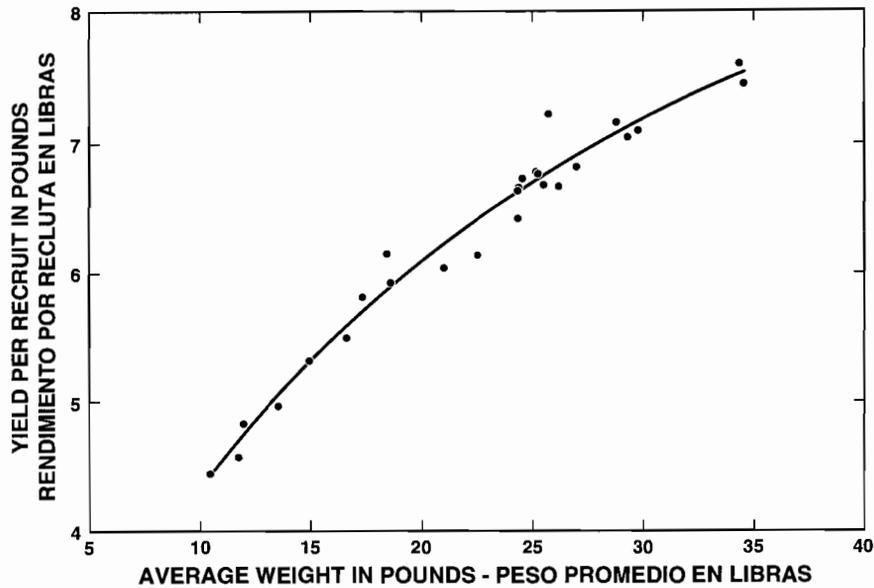


**FIGURE 49.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin for two different patterns of age-specific fishing mortality.

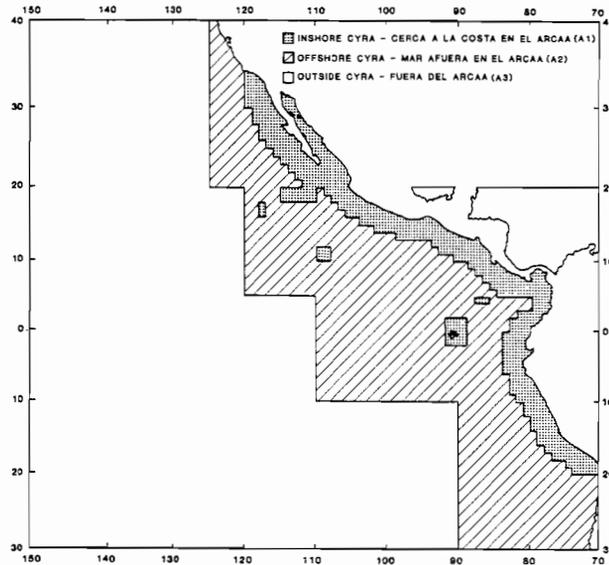
**FIGURA 49.** Relación entre talla de ingreso, esfuerzo de pesca, y rendimiento por recluta del aleta amarilla, correspondiente a dos patrones diferentes de mortalidad por pesca por edad específica.



**FIGURE 50.** Average weights of yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean.  
**FIGURA 50.** Peso promedio de aletas amarillas capturados en el Océano Pacífico oriental.

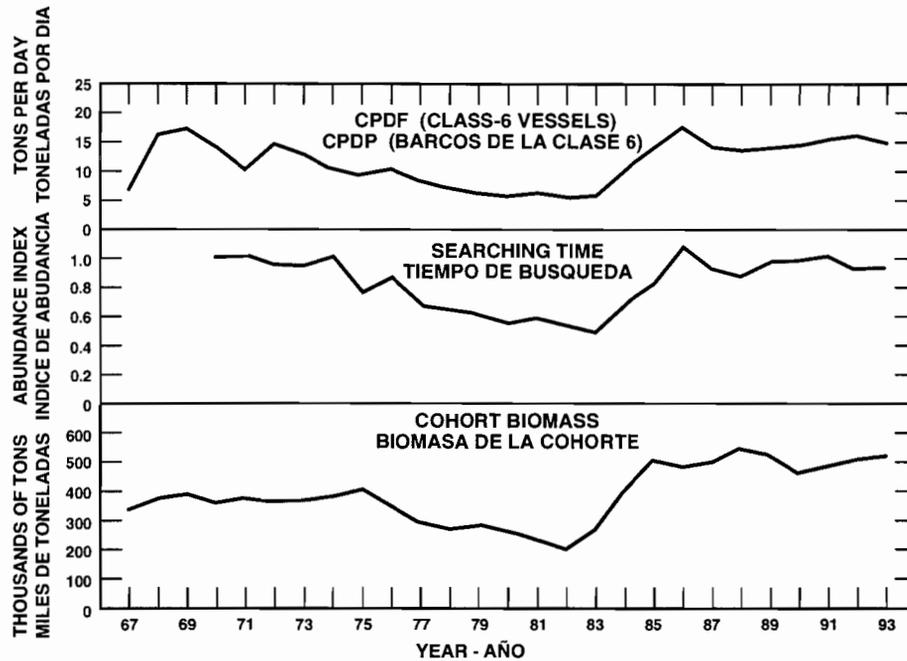


**FIGURE 51.** Relationship between yield per recruit and average weight at capture for yellowfin in the eastern Pacific Ocean.  
**FIGURA 51.** Relación entre el rendimiento por recluta y el peso medio de captura del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.



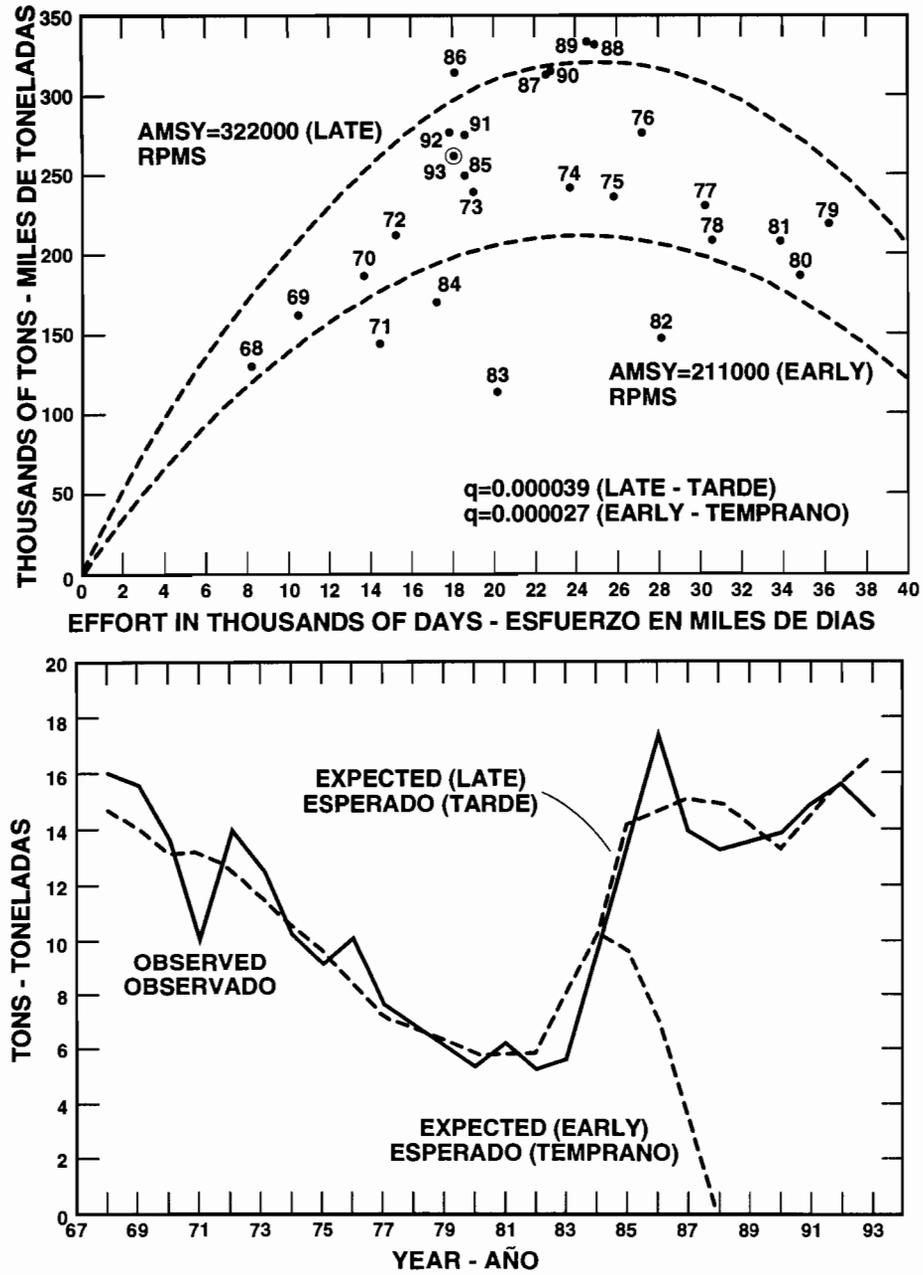
**FIGURE 52.** The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

**FIGURA 52.** 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).

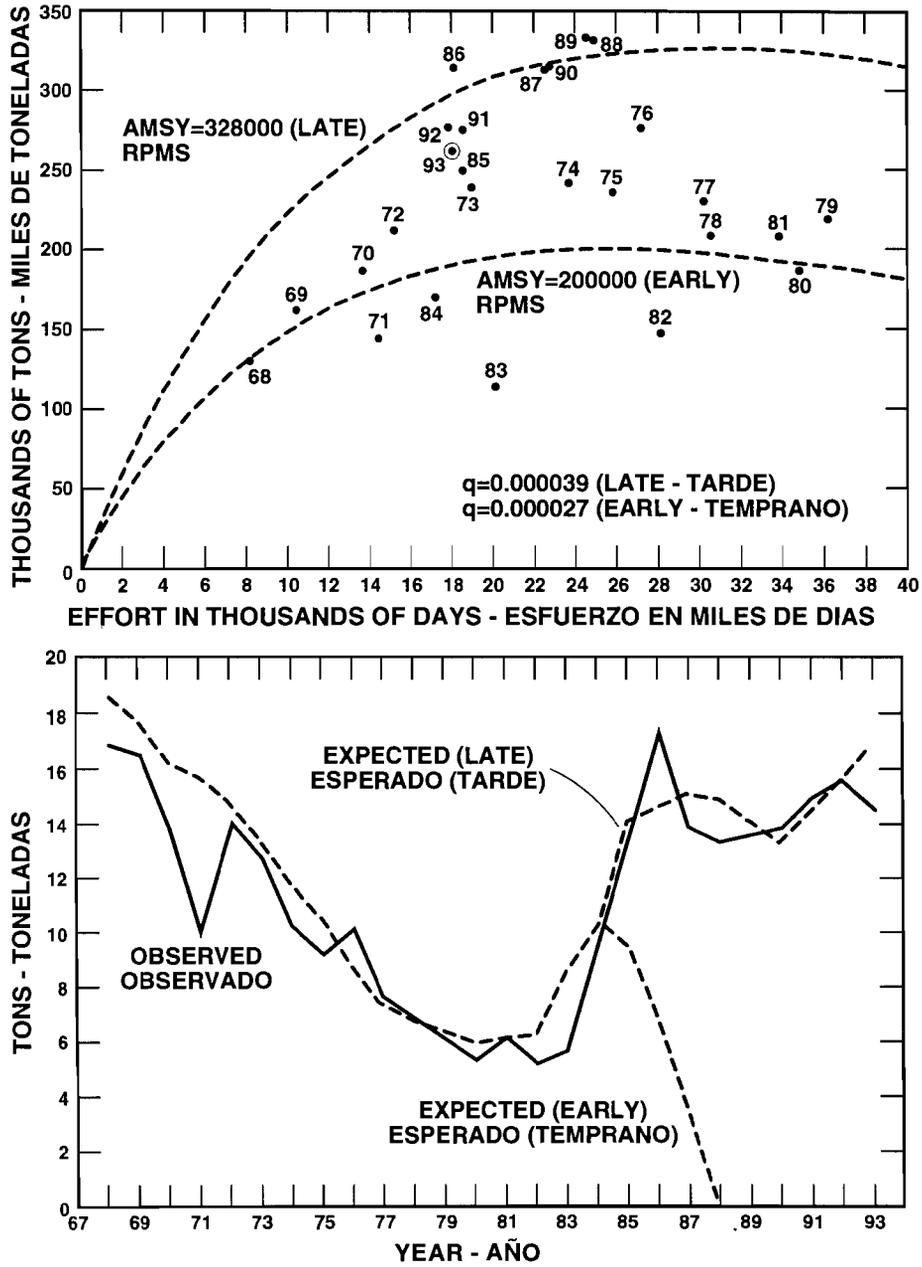


**FIGURE 53.** Three indices of abundance of yellowfin in the eastern Pacific Ocean.

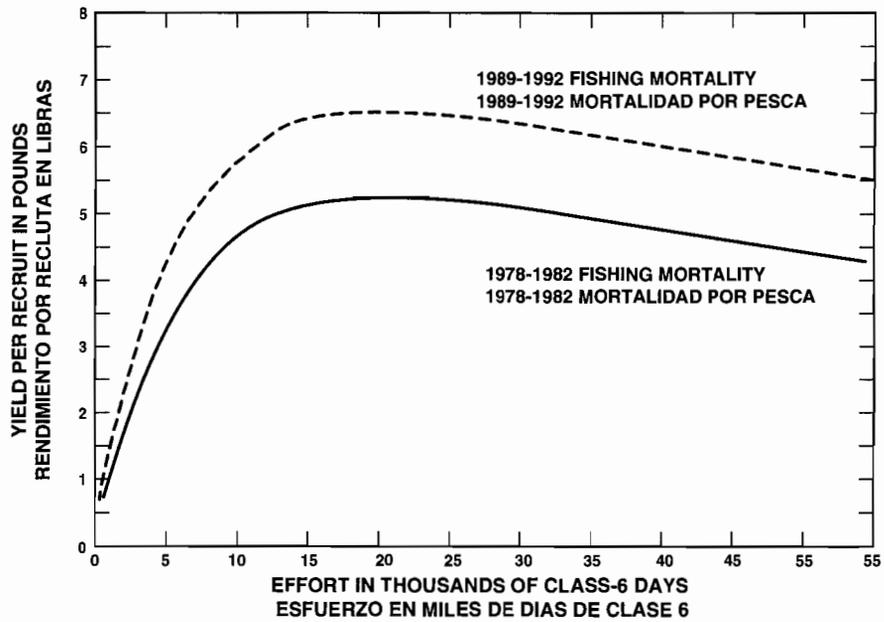
**FIGURA 53.** Tres índices de la abundancia del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental.



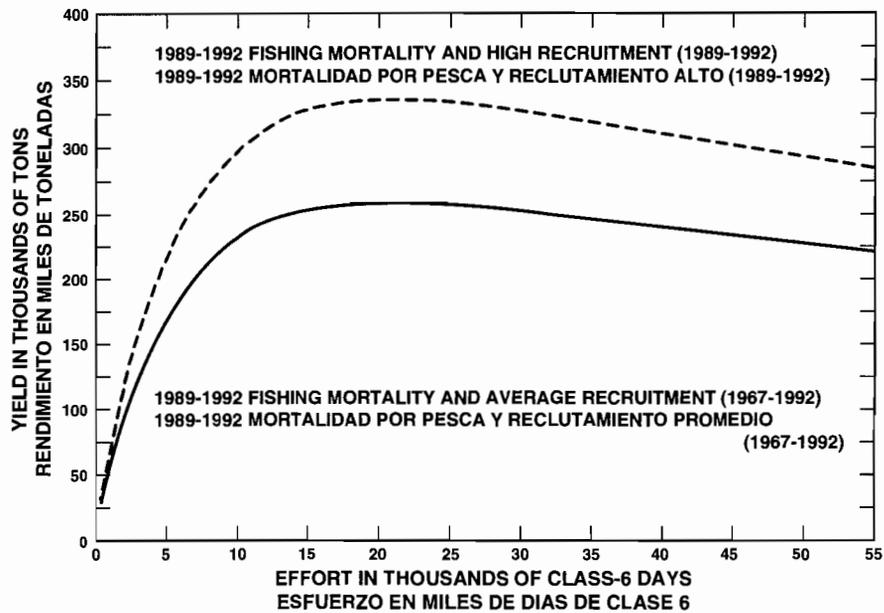
**FIGURE 54.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1993, for the logistic (symmetrical) model with  $m$  set at 2.0 (upper panel), and observed and predicted values of the CPDF (lower panel).  
**FIGURA 54.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1993, según el modelo logístico (simétrico) con  $m$  fijado en 2.0 (recuadro superior), y valores de CPDP observados y predichos (recuadro inferior).



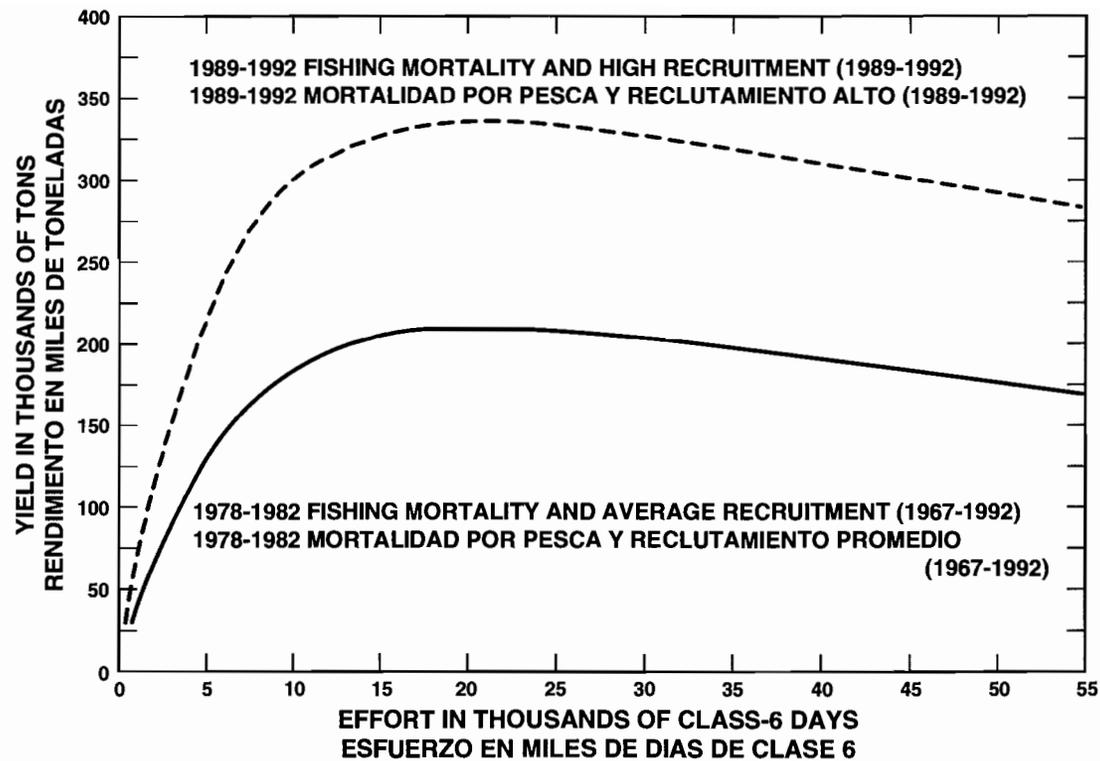
**FIGURE 55.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery in the eastern Pacific Ocean during 1968-1993, for the generalized stock production (asymmetrical) model with  $m$  set at 0.8 (upper panel), and observed and predicted values of CPDF (lower panel).  
**FIGURA 55.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesquería del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental durante 1968-1993, 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 56.** Yields per recruit for age-specific mortality rates of 1978-1982 and 1989-1992.  
**FIGURA 56.** Rendimientos por recluta correspondientes a las tasas de mortalidad por edad específica de 1978-1982 y 1989-1992.

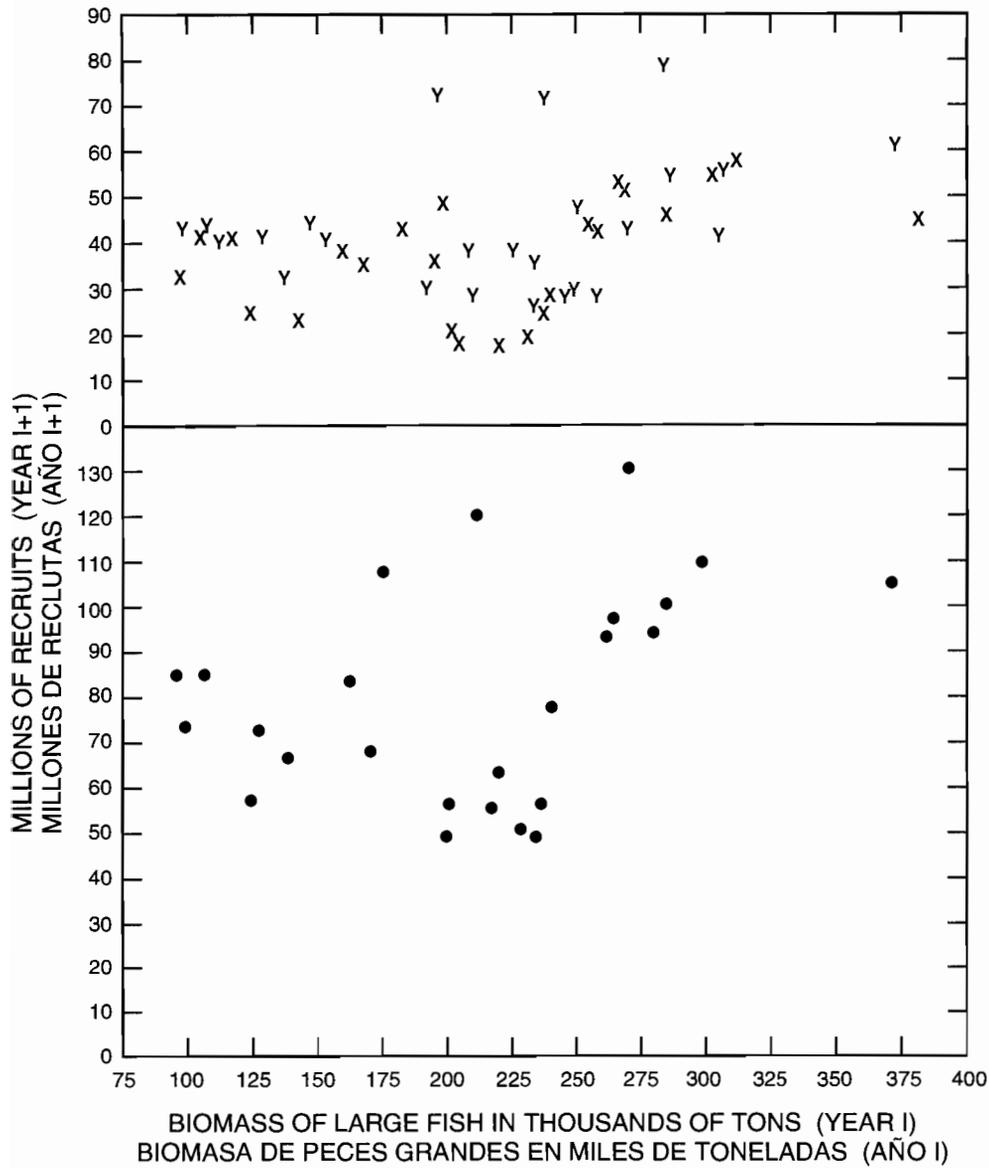


**FIGURE 57.** Yields for high and average recruitments and age-specific fishing mortality similar to that of 1989-1992.  
**FIGURA 57.** Rendimientos correspondientes a reclutamientos elevados y medios, y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella del período 1989-1992.



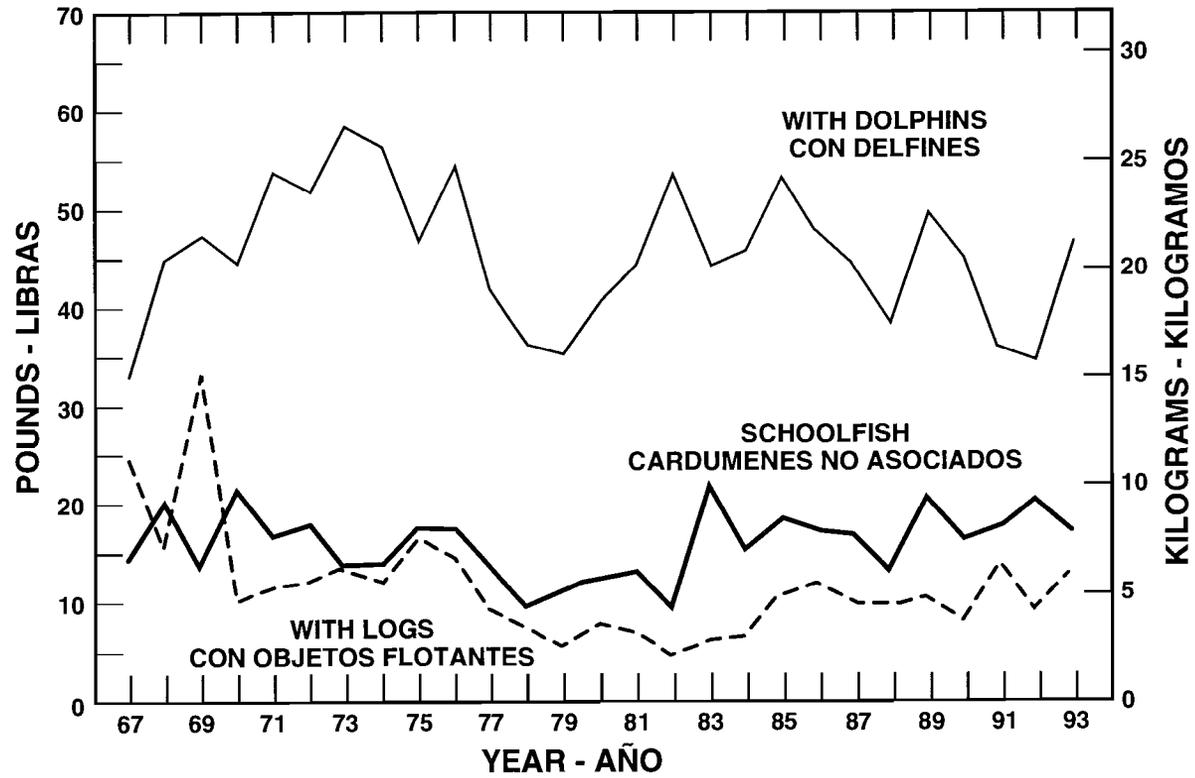
**FIGURE 58.** Yields for average recruitment and age-specific fishing mortality similar to that of 1978-1982 and for high recruitment and age-specific mortality similar to that of 1989-1992.

**FIGURA 58.** Rendimientos correspondientes al reclutamiento normal y mortalidad por pesca por edad específica similar a aquella de 1978-1982, y al reclutamiento elevado y mortalidad por edad específica similar a aquella de 1989-1992.

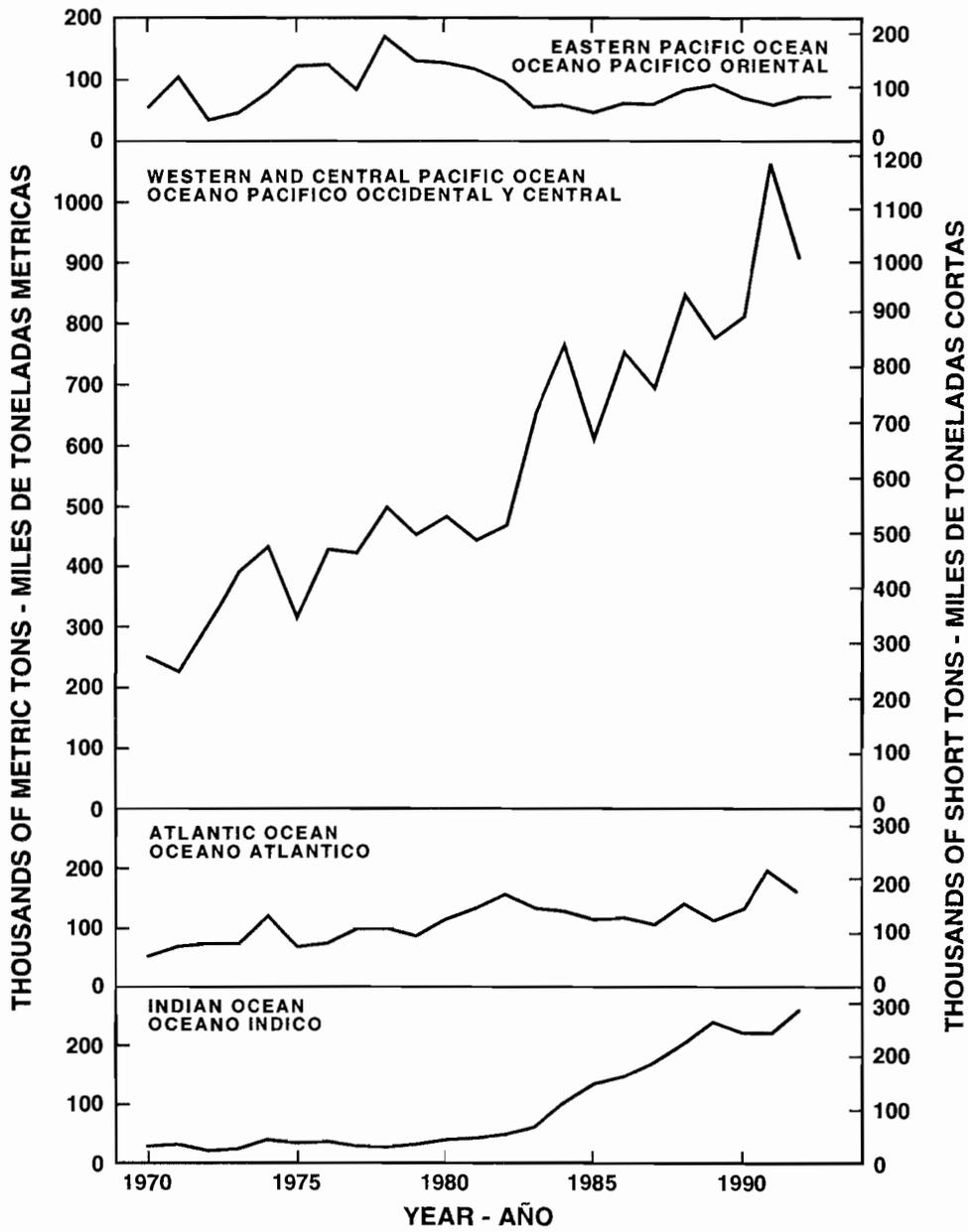


**FIGURE 59.** Relationships between stock and recruitment for yellowfin in the eastern Pacific Ocean for 1967 through 1992. The value for biomass for each dot in the lower panel is the average of an X value and a Y value in the upper panel.

**FIGURA 59.** Relación entre stock y reclutamiento correspondientes al aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental entre 1967 y 1992. El valor de biomasa para cada punto en el recuadro inferior es el promedio de un valor de X y uno de Y en el recuadro superior.

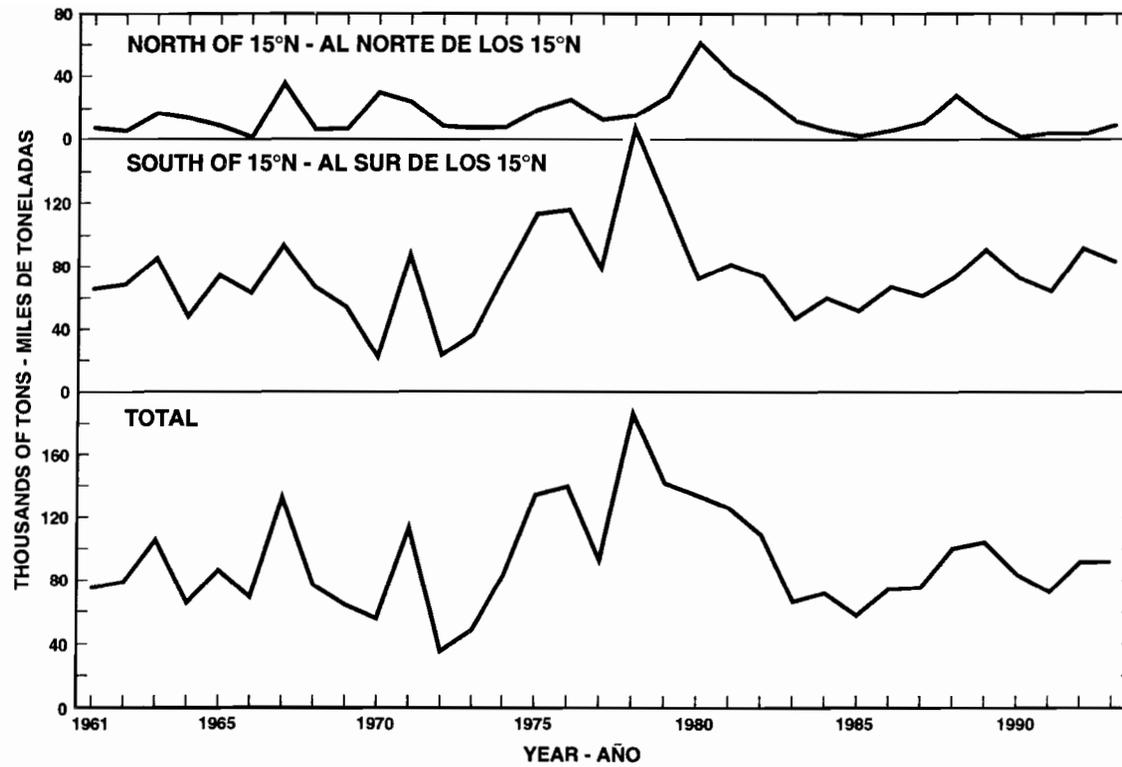


**FIGURE 60.** Average weights of dolphin-associated fish, log-associated fish, and “schoolfish” (fish associated only with other fish).  
**FIGURA 60.** Peso promedio de peces asociados con delfines, con objetos flotantes, y no asociados (asociados solamente con otros peces).

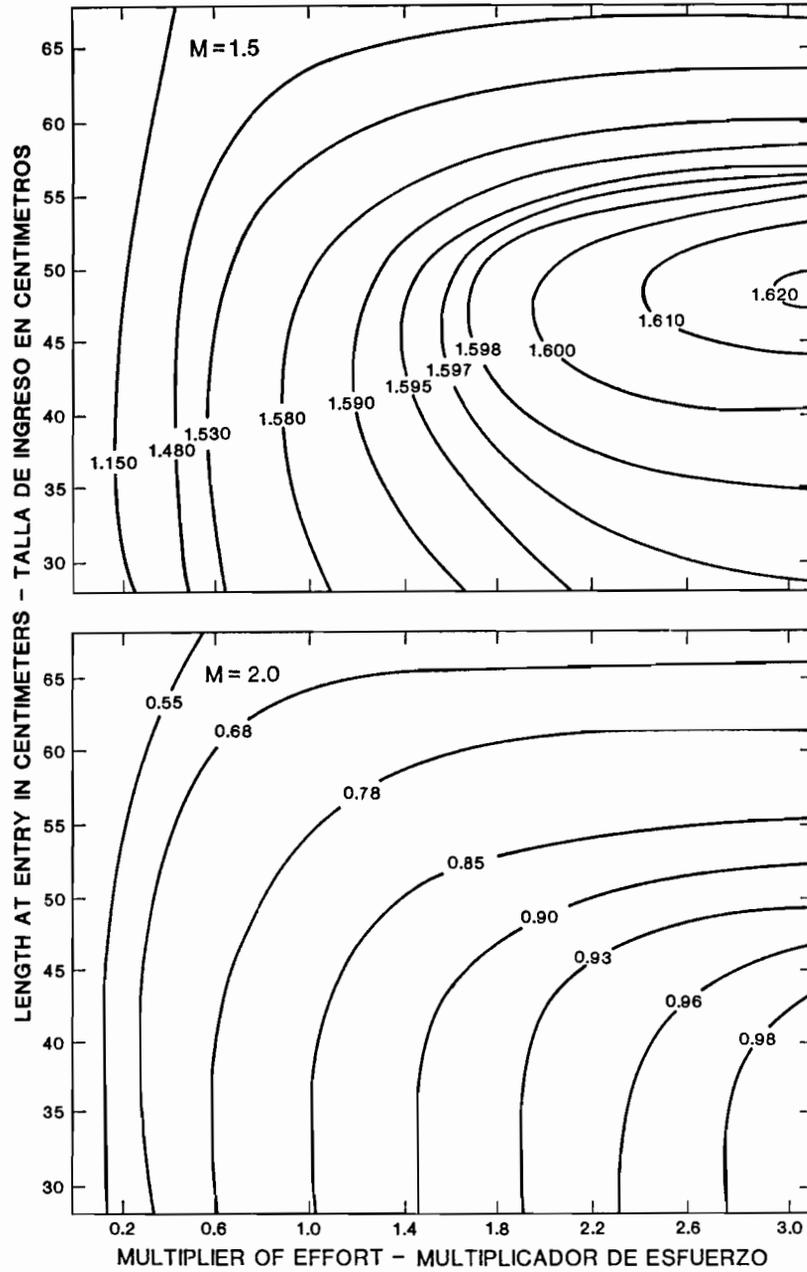


**FIGURE 61.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean, central and western Pacific Ocean, Atlantic Ocean, and Indian Ocean.

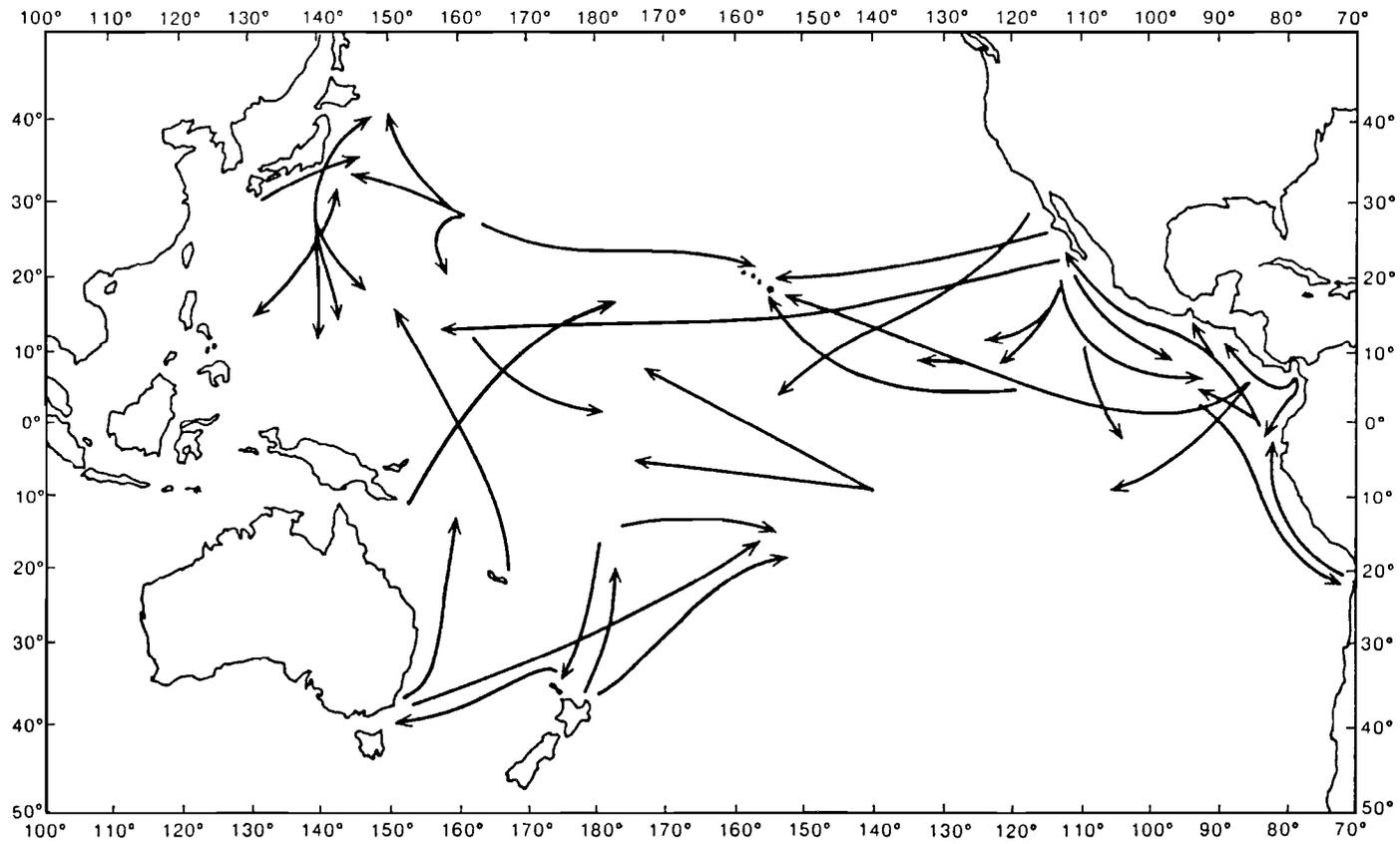
**FIGURA 61.** Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, Océano Pacífico central y occidental, Océano Atlántico, y Océano Índico.



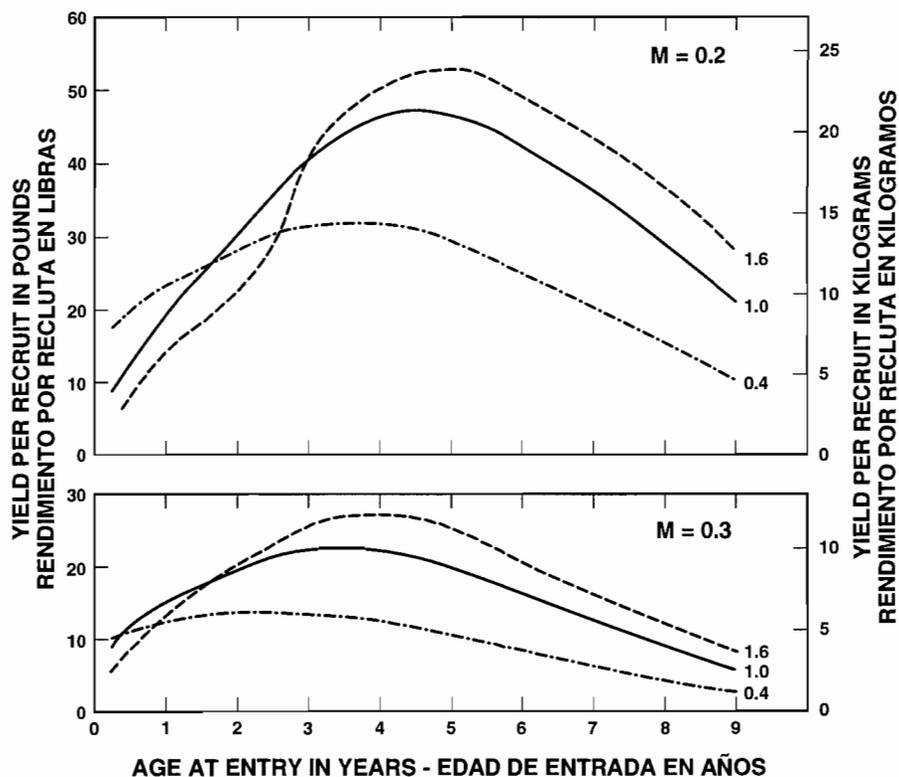
**FIGURE 62.** Estimated catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean north and south of 15°N.  
**FIGURA 62.** Capturas estimadas de barrilete en el Océano Pacífico oriental, al norte y sur de 15°N.



**FIGURE 63.** Yields per recruit for skipjack with various combinations of natural attrition, fishing effort, and length at entry into the fishery.  
**FIGURA 63.** Rendimientos por recluta del barrilete con varias combinaciones de agotamiento natural, esfuerzo de pesca, y talla de ingreso a la pesquería.

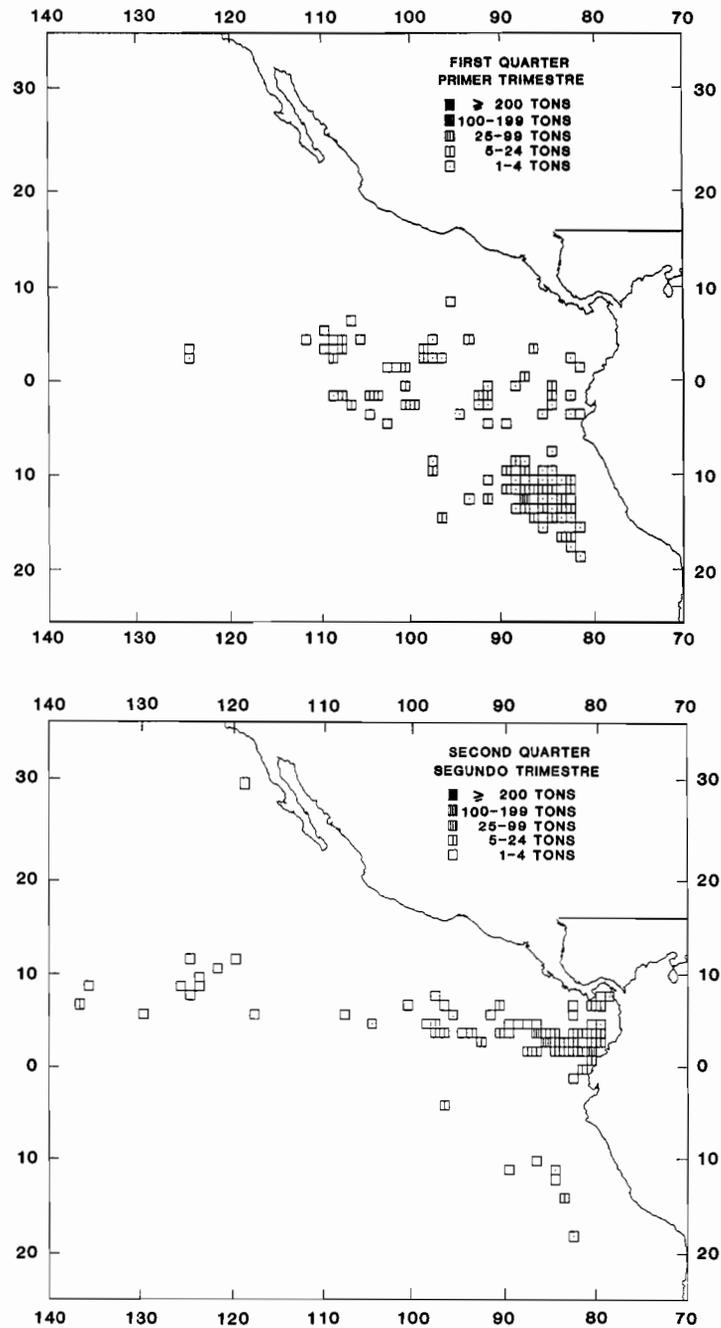


**FIGURE 64.** Some long-distance movements which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.  
**FIGURA 64.** Algunas migraciones a larga distancia registradas para barriletes marcados en el Océano Pacífico.



**FIGURE 65.** Yield-per-recruit curves for northern bluefin, based on cohort analyses. The values, 0.4, 1.0, and 1.6, represent multipliers of the fishing mortality rates obtained from the cohort analyses.

**FIGURA 65.** Curvas de rendimiento por recluta correspondientes al aleta azul del norte, basadas en los análisis de cohortes. Los valores de 0.4, 1.0, y 1.6 representan multiplicadores de las tasas de mortalidad por pesca obtenidos de los análisis de cohortes.



**FIGURE 66.** Quarterly distributions of average catches of bigeye by surface gear in the eastern Pacific Ocean for the 1981-1987 period.

**FIGURA 66.** Distribución trimestral de las capturas medias de patudo por artes de superficie en el Océano Pacífico oriental durante 1981-1987.

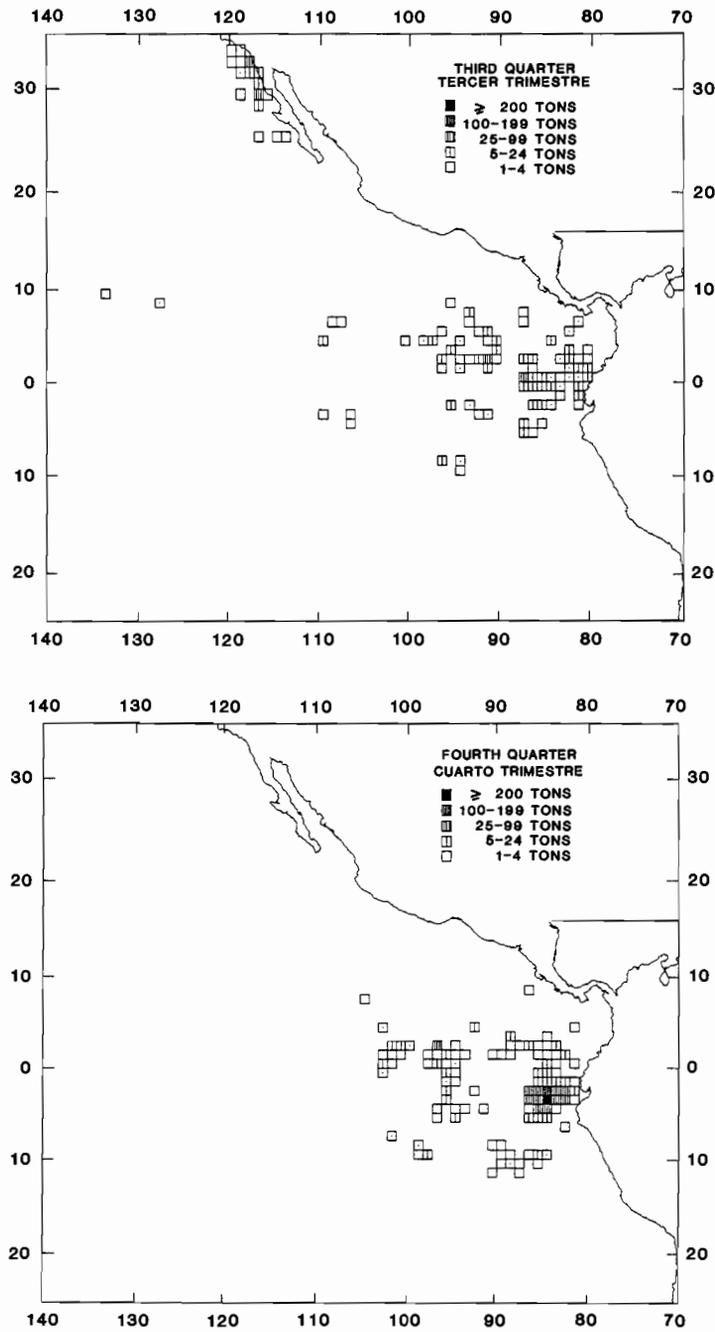
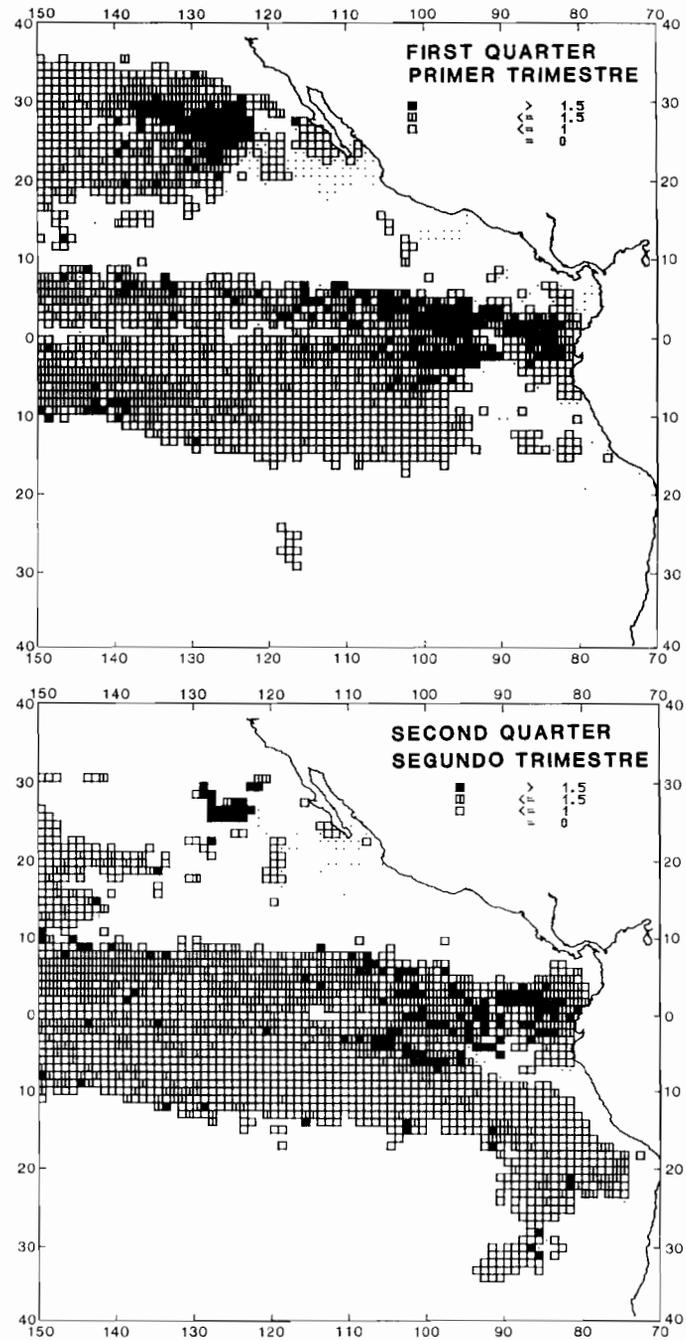


FIGURE 66. (continued)  
FIGURA 66. (continuación)



**FIGURE 67.** Quarterly distributions of the average CPUEs of bigeye by longline vessels in the eastern Pacific Ocean for the 1981-1987 period.

**FIGURA 67.** Distribución trimestral de las CPUE medias de patudo por barcos palangreros en el Océano Pacífico oriental en el período de 1981-1987.

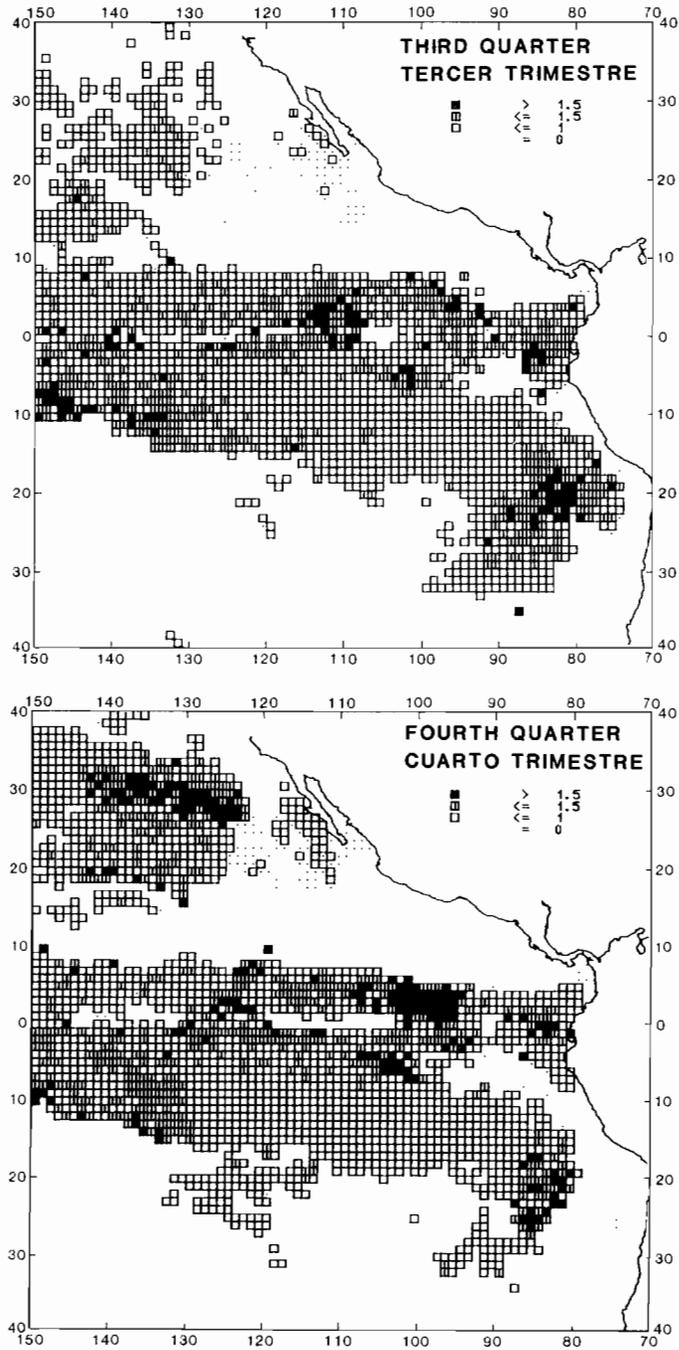
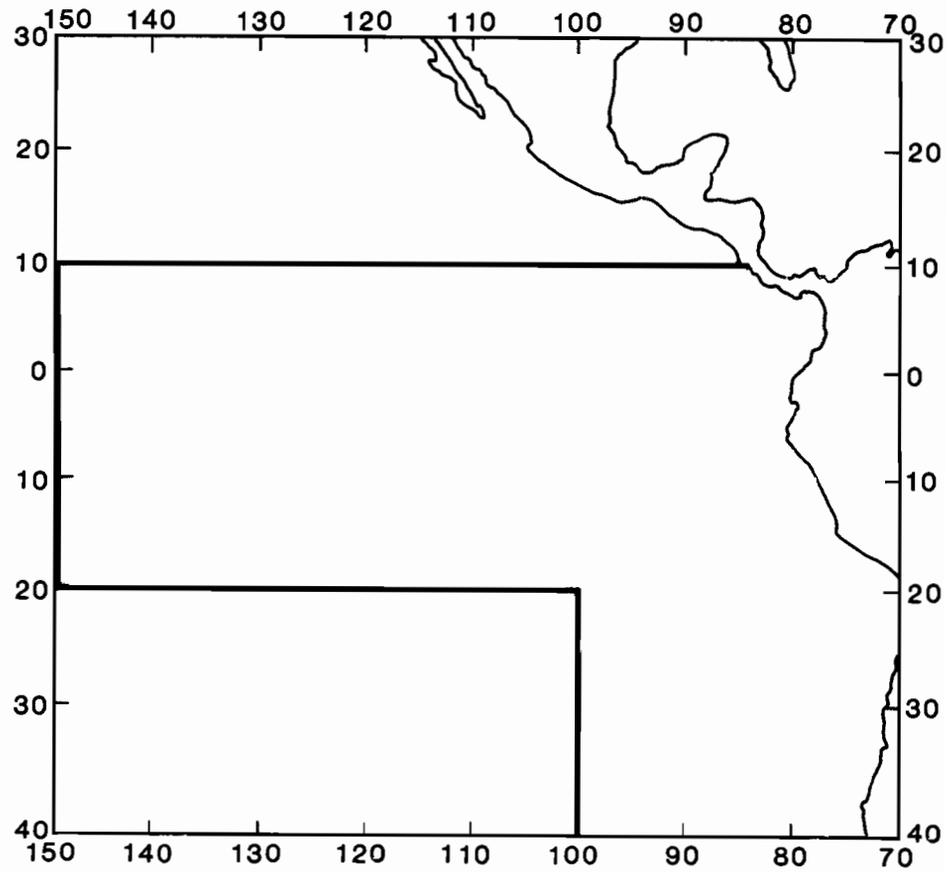
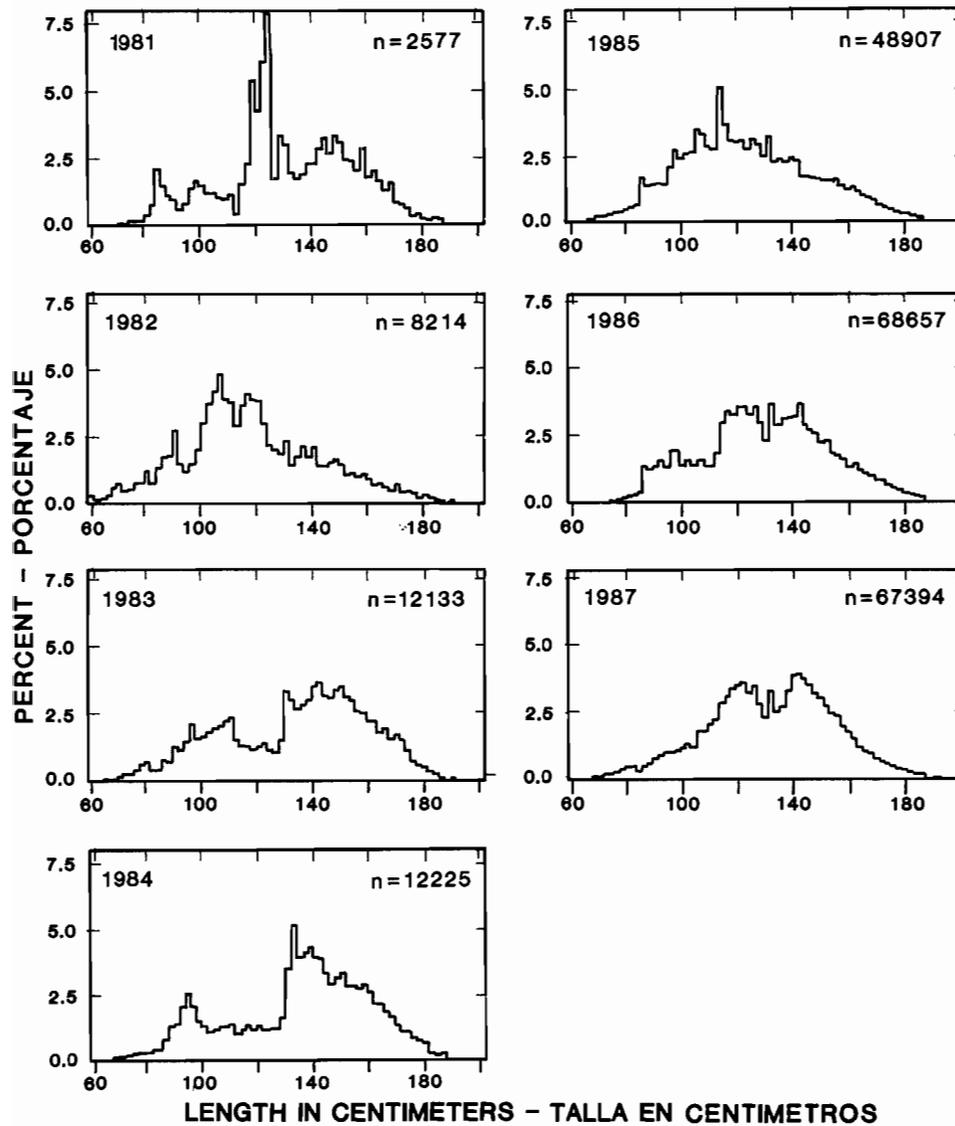


FIGURE 67. (continued)  
FIGURA 67. (continuación)



**FIGURE 68.** Area from which the data used for Figures 69 and 71 were collected.

**FIGURA 68.** Area en la que se tomaron los datos usados en las Figuras 69 y 71.



**FIGURE 69.** Annual length-frequency distributions of bigeye caught by longliners in the area delineated in Figure 68 during 1981-1987.

**FIGURA 69.** Distribuciones anuales de frecuencia de talla de patudo capturado con palangre durante 1981-1987 en el área delineada en la Figura 68.

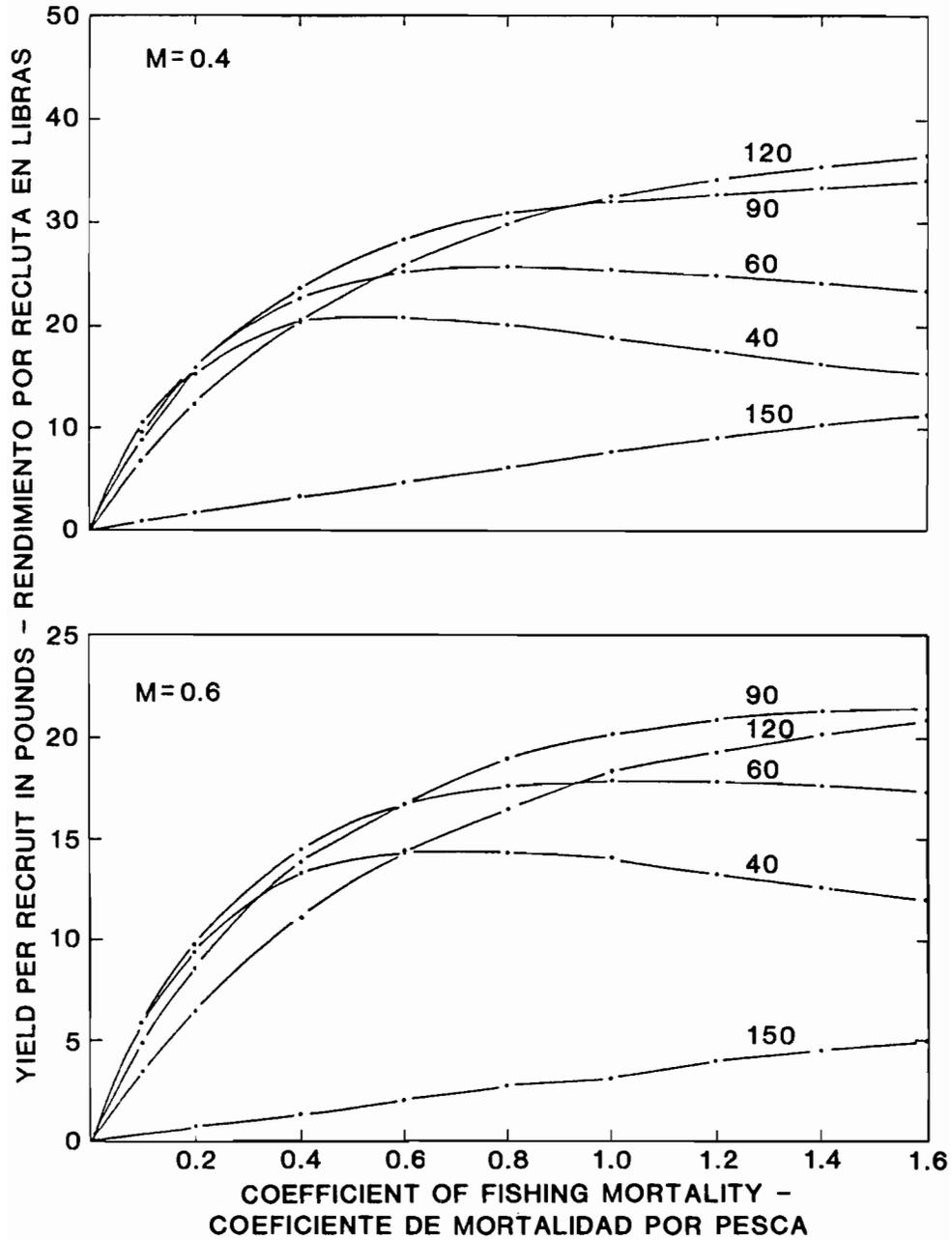
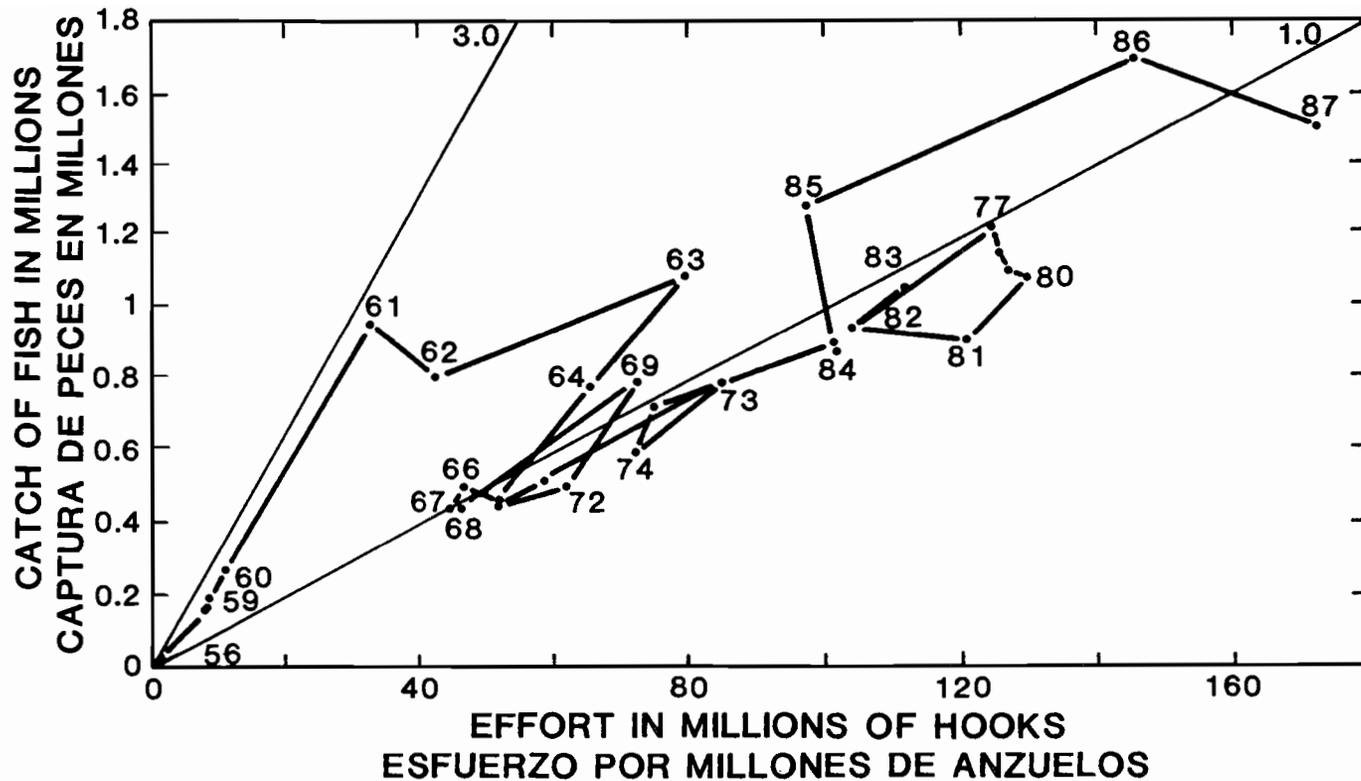


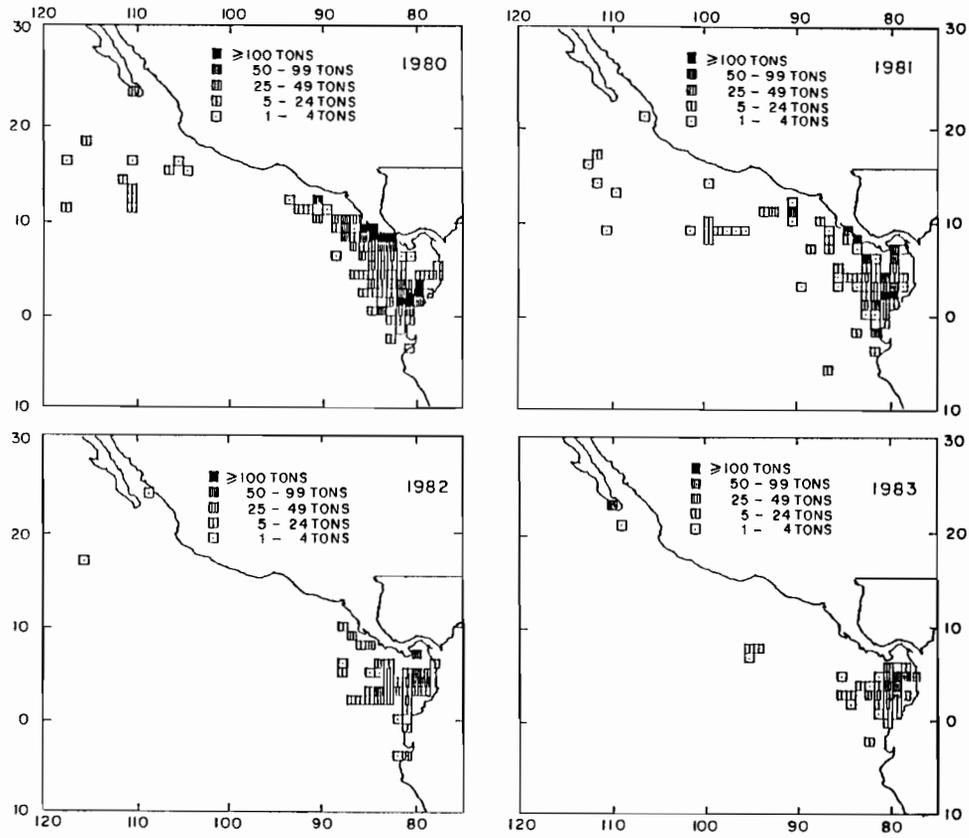
FIGURE 70. Estimated yields per recruit of bigeye with various combinations of fishing mortality and lengths at entry for annual natural mortality rates of 0.4 and 0.6.

FIGURA 70. Estimación del rendimiento por recluta del patudo con distintas combinaciones de mortalidad por pesca y talla de ingreso correspondientes a tasas anuales de mortalidad natural de 0.4 y 0.6.



**FIGURE 71.** Relationship between estimated longline catch and effort for bigeye in the portion of the eastern Pacific Ocean delineated in Figure 68 for the 1954-1987 period. The fine lines denote CPUEs in numbers of fish per 100 hooks.

**FIGURA 71.** Relación entre el esfuerzo y la captura palangrera estimada de patudo en el área delineada en la Figura 68 durante el período de 1954-1987. Las líneas finas denotan la CPUE en número de peces por 100 anzuelos.



**FIGURE 72.** Logged purse-seine catches of black skipjack in the eastern Pacific Ocean during 1980-1983.  
**FIGURA 72.** Capturas cerqueras de barrilete negro registradas en el Océano Pacífico oriental en 1980-1983.

**TABLE 1.** Estimated catches by surface gear, in short tons, by the eastern Pacific tuna fleet. The abbreviations used in the table are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; BET, bigeye; BFT, bluefin; BEP, bonito; ALB, albacore; BKJ, black skipjack; MISC, other species including sharks, other tunas, and miscellaneous fishes; CYRA, Commission's Yellowfin Regulatory Area; outside, area between the CYRA and 150°W. The 1993 data are preliminary. Additional information concerning this table is given in the text.

**TABLA 1.** Capturas estimadas, en toneladas cortas, logradas con artes superficiales 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, otros túnidos, y peces diversos; ARCAA: Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla; exterior: zona entre el ARCAA y 150°W. Los datos de 1993 son preliminares. En el texto se ofrece mayor información sobre esta tabla.

Year Año	CYRA ARCAA	Outside Exterior	Pacific Ocean east of 150°W Océano Pacífico al este de 150°W								Total
	YFT	YFT	YFT	SKJ	BET	BFT	BEP	ALB	BKJ	MISC	
1961	113,144	0	113,144	75,465	235	8,968	3,206	2,670	0	236	203,924
1962	81,597	0	81,597	78,256	361	12,420	3,575	1,292	0	193	177,695
1963	68,374	0	68,374	105,333	83	13,528	3,442	3,772	0	265	194,797
1964	97,720	0	97,720	65,321	75	10,160	7,387	3,671	5	249	184,589
1965	86,971	0	86,971	86,195	130	7,593	4,463	710	18	171	186,249
1966	88,859	0	88,859	66,670	294	17,524	4,910	2,139	10	465	180,870
1967	88,140	0	88,140	132,999	1,834	6,491	11,072	4,133	0	127	244,797
1968	111,246	1,207	112,453	78,385	2,820	6,587	8,772	4,955	0	139	214,111
1969	122,824	19,217	142,041	65,111	635	7,635	3,252	3,246	0	1	221,920
1970	140,868	30,680	171,548	61,752	1,469	4,372	5,223	4,934	0	30	249,328
1971	112,650	22,757	135,407	115,435	2,829	9,215	10,582	2,745	6	67	276,286
1972	150,483	44,767	195,250	36,827	2,467	14,713	9,780	5,327	662	405	265,431
1973	176,746	49,507	226,253	48,451	2,181	11,844	8,668	2,553	1,845	392	302,186
1974	190,898	40,988	231,886	86,865	981	6,191	4,889	5,272	4,125	1,086	341,297
1975	175,094	47,729	222,824	136,541	4,104	10,564	18,561	3,673	563	305	397,135
1976	209,677	50,828	260,506	139,069	11,228	11,734	4,817	4,115	1,682	1,462	434,613
1977	201,366	17,792	219,158	95,171	7,777	6,033	12,428	2,164	1,607	2,149	346,487
1978	182,967	16,037	199,005	187,184	12,912	5,950	5,331	1,923	2,383	888	415,576
1979	193,903	15,177	209,080	145,531	8,303	6,743	1,989	361	1,506	1,376	374,889
1980	145,343	29,639	174,981	143,763	16,999	3,240	6,735	661	4,057	1,050	351,486
1981	173,871	26,544	200,415	131,843	11,124	1,200	6,523	830	2,106	1,114	355,154
1982	117,778	20,079	137,857	108,781	4,522	3,472	2,339	610	1,475	863	259,918
1983	90,392	13,481	103,873	64,049	3,593	941	4,221	503	1,362	1,884	180,426
1984	141,716	18,187	159,902	66,746	6,543	972	3,873	5,899	734	1,088	245,757
1985	212,242	26,950	239,192	54,520	4,996	4,470	3,973	956	327	591	309,024
1986	251,465	44,257	295,721	70,054	2,137	5,605	540	148	656	1,256	376,118
1987	273,541	26,559	300,100	68,723	855	1,108	3,666	460	614	1,777	377,304
1988	294,561	22,941	317,502	94,101	1,161	1,569	10,527	178	1,397	1,430	427,866
1989	267,135	51,845	318,980	101,825	1,621	1,289	13,332	1	863	1,182	439,092
1990	249,729	51,689	301,417	80,984	5,233	1,699	15,274	203	1,092	1,283	407,185
1991	241,855	21,545	263,400	69,732	4,122	509	1,420	919	492	715	341,308
1992	242,209	20,450	262,660	91,306	6,037	2,092	338	337	115	1,428	364,312
1993	229,414	20,072	249,486	92,319	7,761	671	427	1	35	523	351,223

TABLE 1. (continued)  
 TABLA 1. (continuación)

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic and Caribbean Atlántico y Caribe				Total, all areas and species Total, todas las zonas y especies
	YFT	SKJ	MISC	YFT	SKJ	BET	MISC	
1961	0	0	0	14	111	0	0	206,589
1962	0	0	0	0	0	0	0	183,258
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	203,385
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	195,780
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	191,059
1966	0	0	0	0	4	0	124	183,653
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	249,424
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	228,966
1969	0	0	0	20,243	5,202	163	0	251,601
1970	0	227	0	10,321	13,094	215	1,790	276,532
1971	0	0	0	4,595	20,156	649	1,820	304,740
1972	0	0	0	14,158	14,797	234	1,094	298,129
1973	0	0	0	4,248	25,494	125	746	334,041
1974	35	0	0	6,528	21,693	957	178	371,391
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	423,622
1976	247	5,435	2	2,509	2,842	43	469	446,952
1977	157	6,822	4	8,821	7,054	365	130	370,880
1978	24	8,050	44	11,474	9,381	274	369	446,218
1979	0	4,826	0	3,491	3,097	234	659	388,267
1980	351	6,062	0	5,540	4,269	222	32	369,096
1981	5,369	6,603	0	4,401	5,047	141	186	377,428
1982	6,106	13,402	66	5,502	3,277	380	243	289,841
1983	27,930	55,325	390	10,269	6,742	0	276	282,366
1984	5,877	17,971	537	7,696	5,934	3	193	284,486
1985	991	5,368	7	7,851	4,096	0	49	328,439
1986	4,321	5,341	0	1,068	1,767	9	15	388,601
1987	1,532	3,427	54	4,009	2,428	26	107	389,914
1988	772	2,102	556	334	202	0	0	433,537
1989	0	0	269	2,957	1,762	0	2	446,588
1990	2,247	9,708	484	2,893	1,999	69	11	424,597
1991	4	1,792	8	5,513	3,760	0	38	354,424
1992	0	0	90	3,490	2,039	30	241	370,165
1993	0	0	165	4,274	3,538	0	0	358,761

**TABLE 2.** Estimates of the catches and landings of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1992 by species and vessel flag, in short tons.  
**TABLA 2.** Estimaciones de las capturas y desembarcos de atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 1992, por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras <sup>1</sup>	Total	Porcentaje del total
	ARCAA	Exterior									
<b>CATCHES — CAPTURAS</b>											
Costa Rica	300	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0.1
Ecuador	14,286	0	28,974	1,414	0	0	0	58	1,062	45,794	12.6
México	114,420	15,800	11,523	777	0	37	0	24	0	142,581	39.1
Perú	14	0	47	0	0	0	0	0	0	61	0.0
U.S.A.	23,544	888	15,140	1,803	2,092	301	337	2	161	44,268	12.2
Vanuatu	30,845	511	13,911	1,103	0	0	0	0	196	46,566	12.8
Venezuela	47,389	3,251	9,562	144	0	0	0	0	0	60,346	16.6
Other—Otras <sup>2</sup>	11,403	0	12,119	796	0	0	0	31	9	24,358	6.7
<b>Total</b>	<b>242,201</b>	<b>20,450</b>	<b>91,276</b>	<b>6,037</b>	<b>2,092</b>	<b>338</b>	<b>337</b>	<b>115</b>	<b>1,428</b>	<b>364,274</b>	
<b>LANDINGS — DESEMBARCOS</b>											
Colombia	30,033	443	15,651	511	0	0	0	8	19	46,665	13.1
Costa Rica	22,286	853	4,579	90	0	0	0	71	2	27,881	7.8
Ecuador	26,807	156	44,531	2,121	0	0	0	51	1,082	74,748	20.9
France	724	248	571	0	0	0	0	0	0	1,543	0.4
Italy	5,844	1,523	6	0	0	0	0	0	0	7,373	2.1
Japan	892	0	0	0	23	0	0	0	0	915	0.3
México	99,649	13,116	7,443	104	0	37	0	0	0	120,349	33.7
Panamá	2,939	0	10	6	0	0	0	0	0	2,955	0.8
Spain	6,172	334	716	1	0	0	0	0	0	7,223	2.0
U.S.A.	6,416	516	10,988	214	2,070	301	303	0	161	20,969	5.9
Venezuela	33,421	3,251	7,087	209	0	0	0	0	0	43,968	12.3
Other—Otras <sup>3</sup>	1,519	240	828	0	0	0	34	21	4	2,646	0.7
<b>Total</b>	<b>236,702</b>	<b>20,680</b>	<b>92,410</b>	<b>3,256</b>	<b>2,093</b>	<b>338</b>	<b>337</b>	<b>151</b>	<b>1,268</b>	<b>357,235</b>	

<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 Colombia, Cyprus, New Zealand, Panama, and Spain. This category is used to avoid revealing the operations of individual vessels or companies.

<sup>2</sup> Incluye Chipre, Colombia, España, Nueva Zelanda, y Panamá. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

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

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

**TABLE 3.** Preliminary estimates of the catches and landings of tunas in the eastern Pacific Ocean (EPO) in 1993, by species and vessel flag, in short tons.  
**TABLA 3.** Estimaciones preliminares de las capturas y desembarcos de atunes en el OPO en 1993 por especie y bandera, en toneladas cortas.

Flag	Yellowfin		Skipjack	Bigeye	Bluefin	Bonito	Albacore	Black skipjack	Other <sup>1</sup>	Total	Percentage of total
	CYRA	Outside									
Bandera	Aleta amarilla		Barrilete	Patudo	Aleta azul	Bonito	Albacora	Barrilete negro	Otras <sup>1</sup>	Total	Porcentaje del total
	ARCA	Exterior									
<b>CATCHES — CAPTURAS</b>											
Ecuador	19,774	0	23,375	1,603	0	0	0	27	332	45,111	12.9
México	102,165	10,040	16,795	1,388	0	266	0	1	17	130,672	37.3
U.S.A.	19,836	1,707	20,174	2,041	668	172	1	0	29	44,628	12.7
Vanuatu	27,496	824	11,685	1,223	0	0	0	0	105	41,333	11.8
Venezuela	43,051	6,512	6,656	199	0	0	0	7	2	56,427	16.1
Other—Otras <sup>2</sup>	16,873	931	13,426	1,344	0	0	0	0	39	32,613	9.3
<b>Total</b>	<b>229,195</b>	<b>20,014</b>	<b>92,111</b>	<b>7,798</b>	<b>668</b>	<b>438</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>524</b>	<b>350,784</b>	
<b>LANDINGS — DESEMBARCOS</b>											
Colombia	22,393	529	7,926	510	0	0	0	0	7	31,365	8.8
Costa Rica	23,698	1,496	5,761	1,163	0	0	0	0	17	32,135	9.0
Ecuador	44,271	285	48,541	5,234	0	0	0	27	496	98,854	27.6
Italy	1,732	753	0	0	0	0	0	0	0	2,485	0.7
México	84,351	8,800	9,742	602	0	266	0	1	1	103,763	29.0
Panamá	3,970	187	265	242	0	0	0	0	0	4,664	1.3
Spain	575	0	648	0	0	0	0	0	0	1,223	0.3
U.S.A.	10,724	198	16,183	2,725	668	171	1	0	0	30,670	8.6
Venezuela	37,268	7,278	5,018	104	0	0	0	7	2	49,677	13.9
Other—Otras <sup>3</sup>	2,695	0	9	0	0	0	0	0	0	2,704	0.8
<b>Total</b>	<b>231,677</b>	<b>19,526</b>	<b>94,093</b>	<b>10,580</b>	<b>668</b>	<b>437</b>	<b>1</b>	<b>35</b>	<b>523</b>	<b>357,540</b>	

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

<sup>2</sup> Incluye macarelas, tiburones, otros túnidos, y peces diversos.

<sup>3</sup> Includes Belize, Colombia, 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, Colombia, España, Nueva Zelandia, y Panamá. Se usa esta categoría para no revelar información sobre faenas de barcos o empresas individuales.

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

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

**TABLE 4.** World catches of the principal market species of tunas, in thousands of short tons. The data come mostly from the FAO yearbooks of fisheries statistics.

**TABLA 4.** Capturas mundiales de las principales especies comerciales de atunes, en miles de toneladas cortas. La mayoría de los datos provienen de compendios anuales de la FAO de estadísticas pesqueras.

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
Pacific Ocean — Océano Pacífico																			
SKJ	481	611	561	739	644	677	623	625	783	910	729	899	833	1030	957	1043	1265	1104	
YFT	375	420	398	394	412	396	450	420	427	451	524	597	662	663	722	784	739	796	
BET	115	139	159	130	139	145	115	121	123	114	137	166	166	133	141	183	160	160	
ALB	121	169	115	150	117	118	122	122	98	114	115	119	122	128	178	148	109	146	
NBF	23	21	20	28	33	26	35	31	20	12	18	21	23	10	16	8	20	15	
SBF	11	11	5	8	11	10	13	7	5	3	3	3	3	2	3	4	3	4	
Total	1126	1371	1258	1449	1356	1372	1358	1326	1456	1604	1526	1805	1809	1966	2017	2170	2296	2225	
Atlantic Ocean—Océano Atlántico																			
SKJ	75	81	108	105	97	127	144	170	148	142	126	127	128	157	128	153	215	168	
YFT	137	138	144	142	146	139	166	176	178	126	164	147	151	145	172	193	176	166	
BET	55	34	40	45	38	40	72	80	66	77	84	66	54	63	77	72	75	79	
ALB	67	72	89	80	82	70	66	80	74	62	81	83	72	75	72	73	59	69	
NBF	24	26	23	21	16	17	21	26	26	29	29	23	22	29	26	27	28	30	
SBF	2	5	7	8	11	11	8	6	5	6	4	3	4	3	3	3	4	3	
Total	360	356	411	401	390	404	477	538	497	442	488	449	431	472	478	521	557	515	
Indian Ocean—Océano Índico																			
SKJ	40	42	33	34	37	47	52	58	69	114	151	164	187	226	263	239	238	295	
YFT	49	56	57	50	41	39	41	55	66	106	111	131	142	198	170	189	180	242	
BET	42	31	37	54	35	33	36	43	49	39	47	51	54	60	45	45	39	36	
ALB	12	14	13	15	12	11	15	23	19	16	10	31	47	45	21	31	38	19	
NBF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	
SBF	25	31	30	19	17	21	29	32	41	33	32	24	21	21	15	12	8	9	
Total	168	174	170	172	142	151	173	211	244	308	351	401	451	550	514	516	503	601	
All oceans—Todos océanos																			
SKJ	596	734	702	878	778	851	819	853	1000	1166	1006	1190	1148	1413	1348	1435	1718	1567	
YFT	561	614	599	586	599	574	657	651	671	683	799	875	955	1006	1064	1166	1095	1204	
BET	212	204	236	229	212	218	223	244	238	230	268	283	274	256	263	300	274	275	
ALB	200	255	217	245	211	199	203	225	191	192	206	233	241	248	271	252	206	234	
NBF	47	47	43	49	49	43	56	57	46	41	47	44	45	39	42	35	48	45	
SBF	38	47	42	35	39	42	50	45	51	42	39	30	28	26	21	19	15	16	
Total	1654	1901	1839	2022	1888	1927	2008	2075	2197	2354	2365	2655	2691	2988	3009	3207	3356	3341	

**TABLE 5.** Numbers and carrying capacities, in short tons, of vessels of the eastern Pacific tuna fleet. *Bolicheras* are small purse seiners with limited ranges. Information for 1950-1960 is given in Table 4 of the IATTC Annual Report for 1988. The data for 1993 are preliminary.

**TABLA 5.** Número y capacidad de acarreo, en toneladas cortas, de los barcos de la flota atunera del Pacífico oriental. Las *bolicheras* son cerqueros pequeños con radio de acción limitado. En la Tabla 4 del Informe Anual de la CIAT de 1988 se presentan las datos de 1950-1960. Los datos de 1993 son preliminares.

Year	Seiners		Baitboats		Bolicheras		Trollers		Total	
	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons	No.	Tons
<b>Año</b>	<b>Cerqueros</b>		<b>De carnada</b>		<b>Bolicheras</b>		<b>Curricanes</b>		<b>Total</b>	
	<b>No.</b>	<b>Ton.</b>	<b>No.</b>	<b>Ton.</b>	<b>No.</b>	<b>Ton.</b>	<b>No.</b>	<b>Ton.</b>	<b>No.</b>	<b>Ton.</b>
1961	124	30,011	93	10,510	1	25	0	0	218	40,546
1962	130	33,945	89	6,725	27	675	0	0	246	41,345
1963	141	39,834	108	5,964	18	450	3	55	270	46,303
1964	134	40,307	88	4,712	3	65	0	0	225	45,084
1965	146	42,283	109	5,777	17	395	7	182	279	48,637
1966	126	39,869	113	6,217	7	140	2	29	248	46,255
1967	122	40,221	108	5,862	8	170	0	0	238	46,253
1968	139	50,613	89	5,743	4	100	2	24	234	56,480
1969	149	57,008	69	4,957	4	95	3	71	225	62,131
1970	162	67,508	49	4,302	0	0	9	177	220	71,987
1971	185	88,770	102	5,569	6	150	66	1,514	359	96,003
1972	206	112,361	108	6,707	4	100	74	1,946	392	121,114
1973	216	131,910	106	6,856	3	75	28	729	353	139,570
1974	230	146,990	111	7,766	4	110	7	150	352	155,016
1975	249	163,766	102	7,403	4	105	9	181	364	171,455
1976	250	176,469	99	7,071	4	115	38	909	391	184,564
1977	250	178,813	79	5,436	3	87	37	953	369	185,289
1978	262	180,781	68	5,044	9	272	50	1,303	389	187,400
1979	268	183,695	45	3,979	14	405	5	112	332	188,191
1980	258	184,669	46	3,838	12	355	4	106	320	188,968
1981	248	184,953	39	3,063	3	72	2	55	292	188,143
1982	221	167,780	36	2,713	2	60	4	131	263	170,684
1983	203	140,387	52	3,470	12	300	8	244	275	144,401
1984	166	114,322	40	3,055	0	0	9	232	215	117,609
1985	177	129,758	25	2,424	0	0	1	14	203	132,196
1986	166	124,118	17	1,939	0	0	0	0	183	126,057
1987	177	143,465	29	2,237	0	0	0	0	206	145,702
1988	187	148,322	36	3,081	0	0	3	70	226	151,473
1989	176	133,641	30	2,951	0	0	2	36	208	136,628
1990	172	135,552	22	1,749	0	0	2	267	196	137,568
1991	152	116,895	19	1,537	0	0	3	346	174	118,778
1992	154	109,579	19	1,518	0	0	1	177	174	111,274
1993	148	111,348	15	1,453	0	0	0	0	163	112,801

**TABLE 6.** Estimates of the numbers and carrying capacities in short tons of vessels (exclusive of longliners and miscellaneous small vessels) operating in the EPO in 1992 and 1993 by flag, gear, and size class. Each vessel is included in the totals for each flag under which it fished during the year, but is included only once in the fleet total. Therefore the totals for the fleet may not equal the sums of the individual flag entries. The data for 1993 are preliminary. (PS = purse seiner; BB = baitboat; JB = jigboat)

**TABLA 6.** Estimaciones del número de barcos que pescaron en el OPO en 1992 y 1993 (sin incluir palangreros y barcos pequeños diversos), y capacidad de acarreo de los mismos, en toneladas cortas, por bandera, arte de pesca, y clase de arqueo. Se incluye cada barco en los totales de cada bandera bajo la cual pescó durante el año, pero solamente una vez en el total de la flota; por consiguiente, los totales de las flotas no son necesariamente iguales a las sumas de las banderas individuales. Los datos de 1993 son preliminares. (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		
<b>NUMBER — NUMERO</b>									
1992									
Colombia	PS	-	1	-	-	-	2	3	*
Cyprus	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	-	6	8	9	2	10	35	11,078
	BB	5	-	-	-	-	-	5	137
México	PS	2	6	5	-	2	43	58	47,627
	BB	1	1	6	-	-	-	8	926
New Zealand	PS	-	-	-	1	-	-	1	*
Panamá	PS	-	-	1	2	-	4	7	4,282
Spain	PS	-	-	-	-	-	2	2	*
USA-EE.UU.	PS	-	6	5	-	1	8	20	10,526
	BB	1	5	-	-	-	-	6	455
	JB	-	-	1	-	-	-	-	177
Vanuatu	PS	-	-	-	-	1	10	11	11,896
Venezuela	PS	-	-	-	-	-	17	17	19,440
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	-	5,412
All flags	PS	2	19	19	12	6	96	154	
Todas las banderas	BB	7	6	6	-	-	-	19	
	JB	-	-	1	-	-	-	1	
	All gear	9	25	26	12	6	96	174	
<b>CAPACITY — CAPACIDAD</b>									
All flags	PS	100	1,601	2,650	3,069	2,242	99,917		109,579
Todas las banderas	BB	227	511	780	-	-	-		1,518
	JB	-	-	177	-	-	-		177
	All gear	327	2,112	3,607	3,069	2,242	99,917		111,274
<b>NUMBER — NUMERO</b>									
1993									
Belize	PS	-	-	-	-	-	2	2	*
Colombia	PS	-	-	-	-	-	4	4	3,800
Cyprus	PS	-	-	-	-	-	1	1	*
Ecuador	PS	-	6	7	9	3	9	34	10,724
	BB	1	-	-	-	-	-	1	*
México	PS	-	-	4	-	2	43	49	46,999
	BB	1	2	4	-	-	-	7	756
New Zealand	PS	-	-	-	1	-	-	1	*
Panamá	PS	-	-	1	2	1	1	5	2,559
Spain	PS	-	-	-	-	-	3	3	*
USA-EE.UU.	PS	-	8	5	-	2	9	24	12,322
	BB	-	6	1	-	-	-	7	667
Vanuatu	PS	-	-	-	-	1	12	13	14,141
Venezuela	PS	-	-	-	-	-	18	18	20,939
Others—Otras*	PS	-	-	-	-	-	-	-	10,045
All flags	PS	-	14	17	12	8	97	148	
Todas las banderas	BB	2	8	5	-	-	-	15	
	All gear	2	22	22	12	8	97	163	
<b>CAPACITY — CAPACIDAD</b>									
All flags	PS	-	1,266	2,380	3,069	3,028	101,605		111,348
Todas las banderas	BB	80	678	695	-	-	-		1,453
	All gear	80	1,944	3,075	3,069	3,028	101,605		112,801

\* 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 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 in short tons, are as follows: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. The abbreviations for the species are as follows: YFT, yellowfin; SKJ, skipjack; All, all species reported. The 1993 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 pesqueras oceánicas (All). Las clases de arqueo, por capacidad en toneladas cortas, son las siguientes: 1, <301; 2, 301-400; 3, 401-600; 4, 601-800; 5, 801-1000; 6, 1001-1200; 7, 1201-1400; 8, >1400. Las abreviaturas de las especies son: YFT: aleta amarilla; SKJ: barrilete. La abreviatura "All" en la columna de "Especie" indica todas las especies informadas. Los datos de 1993 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 área de captura																	
Año	Especie	1		2		3		4		5		6		7		8		Total	
		OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All	OPO	All
1983	YFT	1.2	1.2	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	0.7	1.1	0.6	0.8	0.3	0.9	0.7	1.0
	SKJ	1.7	1.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	1.0	0.3	0.9	0.1	0.9	0.4	0.9
	All	3.7	3.7	2.0	2.0	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.5	1.0	2.1	0.9	1.7	0.3	1.8	1.2	1.9
1984	YFT	1.8	1.8	1.9	1.9	1.2	1.2	1.7	1.7	1.5	1.6	1.4	1.6	1.0	1.1	0.2	0.6	1.4	1.5
	SKJ	1.9	1.9	1.6	1.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.8	0.3	0.6	0.3	0.6	0.6	0.8
	All	5.0	5.0	3.9	3.9	2.0	2.0	2.3	2.3	2.2	2.3	2.0	2.5	1.3	1.7	0.6	1.2	2.1	2.4
1985	YFT	1.4	1.4	1.1	1.1	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.6	2.1	2.1	2.1	2.1	1.3	1.6	1.9	1.9
	SKJ	2.1	2.2	1.5	1.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	1.0	1.1	0.4	0.5
	All	4.7	4.7	3.0	3.0	1.9	1.9	2.1	2.1	1.5	1.8	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.7	2.4	2.5
1986	YFT	2.0	2.0	1.8	1.8	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.6	2.6	2.7	2.1	2.1	2.4	2.4
	SKJ	2.4	2.4	2.0	2.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.1	0.2	0.9	0.9	0.6	0.6
	All	5.3	5.3	4.3	4.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.1	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
1987	YFT	2.0	2.0	2.1	2.1	1.2	1.4	1.8	1.8	1.4	1.5	2.2	2.3	2.4	2.4	1.1	1.4	2.1	2.1
	SKJ	2.0	2.0	3.2	3.2	1.2	1.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6	0.4	0.5
	All	5.0	5.0	5.4	5.4	2.4	2.9	2.4	2.4	2.0	2.1	2.5	2.6	2.6	2.7	1.4	2.0	2.6	2.7
1988	YFT	2.8	2.8	3.3	3.3	1.9	1.9	2.2	2.2	1.5	1.5	2.1	2.2	2.1	2.1	1.1	1.2	2.1	2.1
	SKJ	1.7	1.7	1.4	1.4	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.2	0.5	0.6	0.6
	All	5.7	5.7	5.4	5.4	2.8	2.8	3.0	3.0	2.0	2.1	2.7	2.7	2.7	2.7	1.3	1.7	2.8	2.8
1989	YFT	2.0	2.0	2.4	2.4	1.9	1.9	2.0	2.0	1.5	1.5	2.5	2.6	2.6	2.6	1.6	1.9	2.3	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	5.5	5.5	2.9	2.9	2.6	2.6	1.7	1.7	3.1	3.2	2.5	2.8	2.2	2.4	2.9	3.1
1991	YFT	2.0	2.0	3.3	3.3	1.2	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	1.6	1.6	2.1	2.1	0.9	0.9	1.8	1.8	1.3	1.3	2.6	2.7	3.4	3.4	1.1	1.1	2.3	2.4
	SKJ	2.2	2.2	2.1	2.1	1.2	1.2	1.1	1.1	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8
	All	4.2	4.2	4.4	4.4	2.4	2.4	3.0	3.0	2.1	2.1	3.2	3.3	3.9	3.9	2.1	2.1	3.2	3.3
1993	YFT	2.2	2.2	2.9	2.9	0.9	1.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	3.0	3.0	1.2	1.3	2.2	2.2
	SKJ	1.7	1.7	1.9	1.9	1.5	1.6	1.1	1.1	0.8	0.8	0.5	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	0.8	0.8
	All	4.1	4.1	4.9	4.9	2.5	2.7	3.3	3.3	3.0	3.0	2.7	2.8	3.8	3.8	2.3	2.4	3.1	3.1

**TABLE 8.** Search classifications. YF: yellowfin; SJ: skipjack.  
**TABLA 8.** Clasificaciones de búsqueda. YF: aleta amarilla; SJ: barrilete.

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

**TABLE 9.** Means and ratios of environmental variables for 2°- by 2°-quadrangle-months with and without yellowfin catch and effort. Only data for yellowfin larger than 15 pounds (7 kg) were considered for this analysis.

**TABLA 9.** Promedios y razones de las variables ambientales correspondientes a cuadrángulos de 2° por 2°-meses con y sin captura y esfuerzo de aleta amarilla. Para este análisis se consideraron solamente datos de aletas amarillas de más de 7 kg (15 libras).

Variable	E>0	E=0	C2/C3	C>0	C=0,E>0	C5/C6	S>0	S=0,E>0	C8/C9	D>0	D=0,E>0	C11/C12
MLD	31	58	0.53	32	30	1.07	28	30	0.93	33	33	1.00
D20	58	114	0.51	59	56	1.05	53	54	0.98	61	61	1.00
D14	113	172	0.66	107	120	0.89	108	120	0.90	105	115	0.91
THD	65	129	0.50	65	63	1.03	60	62	0.97	67	67	1.00
xW	-1.0	-4.3	0.23	-1.3	-0.5	2.60	-0.8	-0.5	1.60	-1.5	-0.9	1.67
yW	0.3	0.1	3.00	0.3	0.3	1.00	0.3	0.3	1.00	0.3	-0.1	3.00
sW	4	6	0.67	4	4	1.00	4	4	1.00	4	4	1.00
xP	-6	-33	0.18	-9	-3	3.00	-5	-3	1.67	-10	-6	1.67
yP	1.8	0.1	18.00	2.0	1.6	1.25	1.6	1.8	0.89	1.7	-0.6	2.83
sP	25	42	0.60	25	25	1.00	24	25	0.96	25	24	1.04
Curl	-0.2	-0.9	0.22	0.2	-0.6	0.33	0	-0.4	0.00	0.3	-0.3	1.00

E = fishing effort—esfuerzo de pesca

C = catch, all set types—captura, todos tipos de lance

D = catch, dolphin sets only—captura, lances sobre delfines solamente

S = catch, schoolfish and floating-object sets only—captura, lances sobre peces no asociados y objetos flotantes

C2/C3, C5/C6, etc. = Column 2/Column 3, Column 5/Column 6, etc.—Columna 2/Columna 3, Columna 5/Columna 6, etc.

MLD = depth of mixed layer (m)—profundidad de la capa de mezcla (m)

D20 = depth of the 20-degree isotherm (m)—profundidad de la isoterma de 20° (m)

D14 = depth of the 14-degree isotherm (m)—profundidad de la isoterma de 14° (m)

THD = depth of thermocline (m)—profundidad de la termoclina (m)

xW = longitudinal component of wind speed (m/s)—componente longitudinal de la velocidad del viento (m/s)

yW = latitudinal component of wind speed (m/s)—componente latitudinal de la velocidad del viento (m/s)

sW = scalar of wind speed (m/s)—escalar de la velocidad del viento (m/s)

xP = longitudinal component of pseudostress ( $m^2/s^2$ )—componente longitudinal de la seudotensión ( $m^2/s^2$ )

yP = latitudinal component of pseudostress ( $m^2/s^2$ )—componente latitudinal de la seudotensión ( $m^2/s^2$ )

sP = scalar of pseudostress ( $m^2/s^2$ )—escalar de la seudotensión ( $m^2/s^2$ )

Curl = wind-stress curl ( $10^{-9}$  dynes/cm<sup>2</sup>)—rotación de la tensión del viento ( $10^{-9}$  dinas/cm<sup>2</sup>)

**TABLE 10.** Independent variables which were significant in at least one of the general linear models. The covariates were calculated by (variable - mean value of variable)/standard deviation of variable.

**TABLA 10.** Variables independientes significativas en al menos uno de los modelos lineales generales. Las covariables fueron calculadas mediante (variable - valor promedio de la variable)/desviación estándar de la variable.

Variable	Type	Description	Degrees of freedom
Variable	Tipo	Descripción	Grados de libertad
year— año	classification clasificación	1980-1990	10
set type— tipo de lance	"	school, dolphin, floating object— no asociado, delfin, objeto flotante	2
vessel capacity— capacidad del barco	"	0-499, 500-1000, >1000 tons	2
region— región	"	Figure 12—Figura 12	5
bimonthly period— bimestre	"	1-6	5
helicopter— helicóptero	covariate covariable		1
vessel speed— velocidad del barco	"		1
net length— longitud de la red	"		1
net depth— profundidad de la red	"		1
thermocline depth— prof. de la termoclina	"		1
depth of 14° isotherm— prof. de la isoterma de 14°	"		1
depth of 20° isotherm— prof. de la isoterma de 20°	"		1
SST <sup>2</sup> — TSM <sup>2</sup>	"		1
depth of bottom— profundidad del fondo	"		1
x-pseudostress— seudotensión x	"		1
y-pseudostress— seudotensión y	"		1
scalar of pseudostress— escalar de seudotensión	"		1
wind speed— velocidad del viento	"		1

**TABLE 11.** Regression coefficients obtained for the main effects from the general linear models.  
**TABLA 11.** Coeficientes de regresión obtenidos para los efectos principales de los modelos lineales generales.

Semi-annual age group	Dolphin	Float- ing object	<500 tons tons	500- 1000 tons	Heli- copter	Vessel speed	Thermo- cline depth	20° iso- therm	14° iso- therm	SST <sup>2</sup>	Y- pseu- do- stress	Scalar pseu- do- stress	Wind speed	R <sup>2</sup>	Other significant variables
Grupo de edad semi- anual	Delfin	Objeto flo- tante	<500 tone- ladas	500- 1000 tone.	Heli- cóptero	Veloci- dad del barco	Prof. de la ter- mo- clina	Iso- terma de 20°	Iso- terma de 14°	TSM <sup>2</sup>	Seuso- tensión Y	Seudo- tensión escalar	Veloci- dad del viento	R <sup>2</sup>	Otras variables significativas
Y0	-0.44	-0.07	0.69	-0.04	—	0.12	—	-0.27	—	—	—	—	—	0.22	a,b,c
X1	-0.35	0.02	0.29	-0.11	—	0.09	—	-0.24	—	—	-0.17	—	-0.13	0.19	a,b,c,d,e,f
Y1	-0.17	-0.20	0.69	0.10	0.24	—	-0.14	—	—	—	-0.12	—	—	0.20	a,b,c,d,e,f,g
X2	-0.09	-0.23	0.58	-0.11	0.18	0.07	—	—	-0.10	—	-0.08	—	—	0.18	a,b,c,d,e,f
Y2	0.08	-0.11	0.34	-0.05	0.37	0.09	—	—	—	—	—	—	0.08	0.16	a,b,c,d,e,f,i
X3	-0.09	-0.36	0.38	-0.22	0.30	—	—	—	—	-0.06	—	—	—	0.20	a,b,c,d,e,f,i
Y3	-0.10	-0.37	0.74	-0.23	0.25	—	—	—	—	-0.09	0.26	—	—	0.21	a,b,c,d,e,f
X4	—	—	0.69	-0.45	—	—	—	—	—	-0.13	—	—	-0.17	0.21	d,e,f,h
Y4	—	—	1.28	-0.55	—	—	—	—	—	—	—	-0.21	—	0.29	c,d,e,f
X5	-0.14	2.42	-3.22	-1.55	—	—	—	—	—	—	—	-0.51	—	0.43	c,e

Other variables—Otras variables

- a) Year—Año
- b) Region (Figure 12)—Región (Figura 12)
- c) Bimonthly period—Bimestre
- d) Year-region interaction—Interacción año-región
- e) Year-bimonthly period interaction—Interacción año-bimestre
- f) Region-bimonthly period interaction—Interacción región-bimestre
- g) The net length has a regression coefficient of 0.10—La profundidad de la red tiene un coeficiente de regresión de 0.10.
- h) The bottom depth has a regression coefficient of 0.17—La profundidad del fondo tiene un coeficiente de regresión de 0.17.
- i) The x-pseudostress has a regression coefficient of -0.14—La seudotensión x tiene un coeficiente de regresión de -0.14.

Note: The regression coefficients for school sets are all zero because school sets are the standard.

Nota: Los coeficientes de regresión de lances sobre atunes no asociados equivalen a cero porque este tipo de lance es la norma.

Note: The regression coefficients for vessel capacity >1000 tons are all zero because this size class is the standard.

Nota: Los coeficientes de regresión de capacidad de barco de >1000 toneladas equivalen a cero porque esta clase de arqueo es la norma.

Note: Interactions among vessel characteristics and environmental factors will be added to the models.

Nota: Las interacciones entre características del barco y factores ambientales serán añadidas a los modelos.

**TABLE 12.** Significant interactions between environmental variables and vessel characteristics.  
**TABLA 12.** Interacciones significativas entre variables ambientales y características del barco.

Semi-annual age group	Interactions
Grupo de edad semianual	Interacciones
Y0	Set type x Vessel capacity, Vessel capacity x Vessel speed Tipo de lance x Capacidad del barco, Capacidad del barco x Velocidad del barco
X1	Set type x Depth of 20° isotherm, Depth of 20° isotherm x Wind speed, Y-pseudostress x Wind speed Tipo de lance x Profundidad de la isoterma de 20°, Profundidad de la isoterma de 20° x Velocidad del viento, Seudotensión Y x Velocidad del viento
Y1	Set type x Y-pseudostress Tipo de lance x Seudotensión Y
X2	Set type x Vessel capacity, Set type x Vessel speed, Net depth x Depth of 14° isotherm Tipo de lance x Capacidad del barco, Tipo de lance x Velocidad del barco, Profundidad de la red x Profundidad de la isoterma de 14°
Y2	Set type x Vessel capacity, Set type x Vessel speed, Set type x Depth of bottom Tipo de lance x Capacidad del barco, Tipo de lance x Velocidad del barco, Tipo de lance x Profundidad del fondo
X3	Set type x SST <sup>2</sup> , Set type x Depth of bottom Tipo de lance x TSM <sup>2</sup> , Tipo de lance x Profundidad del fondo
Y3	Set type x SST <sup>2</sup> , SST <sup>2</sup> x X-pseudostress, X-pseudostress x Y-pseudostress Tipo de lance x TSM <sup>2</sup> , TSM <sup>2</sup> x Seudotensión X, Seudotensión X x Seudotensión Y
X4	none—ninguna
Y4	none—ninguna
X5	none—ninguna
Y5	none—ninguna

**TABLE 13.** Growth and weight-length equations employed to calculate the lengths and weights of bluefin (upper panel) and the lengths and weights of bluefin used for calculation of yield-per-recruit curves for bluefin tuna in the Pacific Ocean (lower panel). The sources of the equations are as follows: first two growth equations, IATTC Bulletin, Vol. 20, No. 1, Table 5; third growth equation, linear interpolation (IATTC Annual Report for 1991: page 73 and Table 29); weight-length equations, IATTC Special Report 7, page 55.

**TABLA 13.** Ecuaciones de crecimiento y peso-talla usadas para calcular la talla y peso de aletas azules (recuadro superior) y la talla y peso de aletas azules usados para el cálculo de curvas de rendimiento por recluta del aleta azul en el Océano Pacífico (recuadro inferior). Las fuentes de las ecuaciones son: dos primeras ecuaciones de crecimiento, Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, Tabla 5; tercera ecuación de crecimiento, interpolación lineal (Informe Anual de la CIAT, 1991: página 254 y Tabla 29); ecuaciones de peso-talla, Informe Especial 7 de la CIAT, página 55.

Age in years	Equation		Units of measurement	
Edad en años	Ecuación		Unidades de medir	
<b>Growth—Crecimiento</b>				
0.1250-1.0037	$L_{t2}^{0.001} = 581^{0.001} + (L_{t1}^{0.001} - 581^{0.001})e^{-0.01184(t_2 - t_1)}$		millimeters, days	
1.0037-5.0000	$L_t = 564 + 0.709\Delta t$		millimeters, days	
5.0000-15.0000	$L_t = 1595 + 63.5000\Delta t$		millimeters, years	
<b>Weight-length—Peso-talla</b>				
0.1250-0.6250	$w = (2.87819 \times 10^{-9})l^{3.3350}$		millimeters, kilograms	
0.6250-15.0000	$w = (1.92917 \times 10^{-7})l^{2.79464}$		millimeters, pounds	

Age (years)	Date	Age (days)	Length (mm)	Weight (lb)	Weight (kg)	Age (years)	Date	Age (days)	Length (mm)	Weight (lb)	Weight (kg)	
Edad (años)	Fecha	Edad (días)	Talla (mm)	Peso (lb)	Peso (kg)	Edad (años)	Fecha	Edad (días)	Talla (mm)	Peso (lb)	Peso (kg)	
0	Jul. 16	61	187	0.236	0.107	2	May 16	730	818	26.650	12.088	
	Aug. 16	92	265	0.754	0.342		Aug. 16	822	883	33.022	14.979	
	Sep. 16	123	337	1.689	0.776		Nov. 16	914	949	40.296	18.278	
	Oct. 16	153	396	2.906	1.318		Mar. 8	1026	1028	50.251	22.794	
	Nov. 16	184	446	4.297	1.949	3	Nov. 16	1279	1207	79.074	35.867	
	Dec. 16	214	482	5.591	2.536		4	Sep. 8	1575	1417	123.748	56.131
	Jan. 16	245	511	7.139	3.238	4	Mar. 8	1756	1546	157.667	71.516	
	Feb. 15	275	531	7.948	3.605	5	Nov. 16	2009	1627	181.910	82.513	
	Mar. 16	304	545	8.551	3.879	6	Nov. 16	2374	1690	202.455	91.832	
	Apr. 16	335	556	9.034	4.098	7	Nov. 16	2739	1754	224.435	101.802	
	1	May 16	365	563	9.374	4.252	8	Nov. 16	3104	1817	247.890	112.441
		Jun. 16	396	581	10.256	4.652	9	Nov. 16	3469	1881	272.864	123.769
Aug. 16		457	625	12.533	5.685	10	Nov. 16	3834	1944	299.397	135.804	
Nov. 16		549	690	16.544	7.504	11	Nov. 16	4199	2008	327.532	148.566	
Feb. 15		640	754	21.240	9.634	12	Nov. 16	4564	2071	357.310	162.073	
						13	Nov. 16	4929	2135	388.774	176.345	
					14	Nov. 16	5294	2198	421.960	191.398		

**TABLE 14.** Mortality data used for the calculation of yield-per-recruit curves for bluefin tuna in the eastern Pacific Ocean.**TABLA 14.** Datos de mortalidad usados para el cálculo de curvas de rendimiento por recluta para atunes aleta azul en el Océano Pacífico oriental.

Year	Period	Natural mortality vectors						Fishing mortality vectors		
		1	2	3	4	5	6	Option 0	Option 1	Option 2
Año	Período	Vectores de mortalidad natural						Vectores de mortalidad por pesca		
		1	2	3	4	5	6	Opción 0	Opción 1	Opción 2
0	May 16-Jun. 30	0.2	0.35	0.5	0.3	0.45	0.6	0.0	0.0	0.0
	Jul.	0.2	0.35	0.5	0.3	0.45	0.6	0.2	0.2	0.2
	Aug.-Sep.	0.2	0.35	0.5	0.3	0.45	0.6	0.4	0.4	0.4
	Oct.-Dec.	0.2	0.35	0.5	0.3	0.45	0.6	0.4	0.2	0.4
1	Jan.-Jun.	0.2	0.30	0.4	0.3	0.40	0.5	0.4	0.0	0.4
	Jul.-Sep.	0.2	0.30	0.4	0.3	0.40	0.5	0.4	0.4	0.4
	Oct.-Dec.	0.2	0.30	0.4	0.3	0.40	0.5	0.4	0.2	0.2
2	Jan.-Mar.	0.2	0.25	0.3	0.3	0.35	0.4	0.4	0.0	0.0
	Apr.-Jun.	0.2	0.25	0.3	0.3	0.35	0.4	0.4	0.2	0.2
	Jul.-Sep.	0.2	0.25	0.3	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.4
	Oct.-Dec.	0.2	0.25	0.3	0.3	0.35	0.4	0.4	0.2	0.2
3-4	Jan.-Dec.	0.2	0.20	0.2	0.3	0.30	0.3	0.4	0.0	0.0
5	Jan. 1-May 15	0.2	0.20	0.2	0.3	0.30	0.3	0.4	0.2	0.2
	May 16-Dec. 31	0.2	0.20	0.2	0.3	0.30	0.3	0.4	0.4	0.4
>5	Jan.-Dec.	0.2	0.20	0.2	0.3	0.30	0.3	0.4	0.4	0.4

**TABLE 15.** Catches of age-0 bluefin, in numbers of fish, in the western Pacific Ocean.**TABLA 15.** Capturas de aletas azules de edad 0, en número de peces, en el Océano Pacífico occidental.

Year-Año	Catch-Captura	Year-Año	Catch-Captura	Year-Año	Catch-Captura
1966	1,270,126	1973	4,874,614	1980	2,809,872
1967	3,607,167	1974	3,952,696	1981	1,974,960
1968	2,299,952	1975	1,277,064	1982	665,194
1969	2,969,742	1976	1,784,074	1983	1,362,269
1970	1,937,810	1977	2,541,891	1984	2,416,599
1971	3,616,052	1978	5,091,160	1985	2,046,064
1972	497,627	1979	2,088,317	1986	1,470,410

**TABLE 16.** Total weights of exploited and unexploited stocks and spawning potential ratios for mature northern bluefin tuna. The three options are explained in the text. The vectors of natural mortality are listed in Table 14. The two rows for each combination of option and vector of natural mortality correspond to exploited and unexploited stocks of fish. Each calculation was begun with 1,000 90-day-old fish.

**TABLA 16.** Pesos totales de stocks explotados y no explotados y razones de potencial de desove de atunes aleta azul del norte maduros. En el texto se explican las tres opciones. En la Tabla 14 se detallan los vectores de mortalidad natural. Las dos filas para cada combinación de opción y vector de mortalidad natural corresponden a stocks de peces explotados y no explotados. Se comenzó cada cálculo con 1,000 peces de 90 días de edad.

Option	Vector of natural mortality	Total weight, in kilograms, of all fish at age										SPR
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	
0	1	3391	2066	1252	765	470	272	163	97	53	8529	0.05
		28208	25703	23329	21096	19012	17080	15298	13663	12172	175561	
0	2	2706	1653	1008	607	371	231	134	81	53	6844	0.05
		22525	20525	18629	16846	15182	13638	12215	10910	9719	140189	
0	3	2162	1322	804	495	297	177	119	65	35	5476	0.05
		17987	16389	14875	13452	12123	10890	9754	8712	7761	111943	
0	4	1989	1093	611	326	173	95	53	23	12	4375	0.06
		16514	13615	11182	9149	7461	6065	4915	3972	3202	76074	
0	5	1593	882	478	270	149	81	43	23	12	3531	0.06
		13187	10872	8929	7306	5958	4843	3925	3172	2557	60747	
0	6	1271	698	387	214	111	58	33	23	12	2807	0.06
		10530	8682	7130	5834	4757	3867	3134	2533	2042	48507	
1	1	13392	8173	4978	3013	1819	1086	654	389	247	33751	0.19
		28208	25703	23329	21096	19012	17080	15298	13663	12172	175561	
1	2	10694	6529	3970	2406	1448	883	520	324	194	26968	0.19
		22525	20525	18628	16846	15182	13638	12215	10910	9719	140189	
1	3	85405	5216	3166	1923	1163	706	431	259	141	21545	0.19
		17987	16389	14875	13452	12123	10890	9754	8712	7761	111943	
1	4	7863	4344	2392	1316	718	394	208	113	71	17419	0.23
		16514	13615	11182	9149	7461	6065	4915	3972	3202	76074	
1	5	6279	3471	1914	1046	569	312	178	97	53	13919	0.23
		13187	10872	8929	7306	5958	4843	3925	3172	2557	60747	
1	6	5017	2773	1527	832	458	258	134	65	35	11099	0.23
		10530	8682	7130	5834	4757	3867	3134	2533	2042	48507	
2	1	10430	6364	3879	2350	1411	856	520	308	194	26312	0.15
		28208	25703	23329	21096	19012	17080	15298	13663	12172	175561	
2	2	8326	5087	3095	1878	1139	679	416	243	141	21004	0.15
		22525	20525	18628	16846	15182	13638	12215	10910	9719	140189	
2	3	6651	4059	2474	1495	904	543	327	194	123	16770	0.15
		17987	16389	14875	13452	12123	10890	9754	8712	7761	111943	
2	4	6122	3389	1863	1023	557	299	163	97	53	13566	0.18
		16514	13615	11182	9149	7461	6065	4915	3972	3202	76074	
2	5	4893	2700	1486	821	446	244	134	65	35	10824	0.18
		13187	10872	8929	7306	5958	4843	3925	3172	2557	60747	
2	6	3903	2158	1191	652	359	190	104	65	18	8640	0.18
		10530	8682	7130	5834	4757	3867	3134	2533	2042	48507	

**TABLE 17.** Results of an age validation experiment using increments counted on the otoliths of yellowfin tuna larvae reared from fertilized eggs at Yaeyama Station, Ishigaki Island, Japan.**TABLA 17.** Resultados de un experimento de validación de edad usando incrementos contados en los otolitos de larvas de atún aleta amarilla criados de huevos fertilizados en la Estación Yaeyama, Isla Ishigaki, Japón.

Days after hatching	Sample size	Total length of fish (mm) (Mean $\pm$ SD)	Number of increments (Mean $\pm$ SD)	Diameter of sagitta ( $\mu$ m) (Mean $\pm$ SD)
Días desde la cría	Tamaño de la muestra	Talla total del pez (mm) (Promedio $\pm$ DE)	Número de incrementos (Promedio $\pm$ DE)	Diámetro de la ságitá ( $\mu$ m) (Promedio $\pm$ DE)
0	5	2.2 $\pm$ 0.19	*	11.6 $\pm$ 1.67
1.5	2	3.1 $\pm$ 0.35	1.5 $\pm$ 0.71	15.0 $\pm$ 1.41
4.0	11	3.6 $\pm$ 0.22	4.0 $\pm$ 0.00	20.4 $\pm$ 0.67
10.0	3	4.9 $\pm$ 0.23	10.0 $\pm$ 0.00	33.3 $\pm$ 1.15
16.0	3	7.0 $\pm$ 0.44	15.7 $\pm$ 0.57	58.6 $\pm$ 4.16
24.0	3	7.8 $\pm$ 0.57	22.3 $\pm$ 1.15	83.0 $\pm$ 12.12

\* preparation for scanning electron microscope not possible—preparación para el microscopio electrónico de barrida imposible

**TABLE 18.** Sampling activities aboard the research vessel *Achotines III* during 1993. Tucker trawl surveys, oceanographic surveys, mesh extrusion comparisons, and the plankton shrinkage experiment are explained under *Ichthyoplankton and oceanographic studies* in the *Early life history studies* section. No cruises were made in December because the sampling had been suspended.**TABLA 18.** Actividades de muestreo a bordo del barco de investigación *Achotines III* durante 1993. En la sección de *Estudios del ciclo vital temprano*, bajo *Estudios de ictioplancton y oceanográficos*, se explican los términos arrastres con red de Tucker, análisis oceanográficos, comparaciones de extrusión de malla, y el experimento de encogimiento de plancton. No se realizaron salidas en diciembre porque se había suspendido el muestreo.

Month	Tucker, daytime	Tucker, nighttime	Tucker 24-hr	Oceanographic	Mesh comparison	Comments
January	1			1		
February	1					included tows at two deepest strata
March	1					
April	2		1			
May	5			1		four surveys included tows at two deepest strata
June	3		2	1		
July	4		1	1		
August	4	1			1	two surveys included tows at two deepest strata
September	1		1			
October	3		1	1	1	
November	1					also plankton tows for shrinkage experiment

TABLE 19. Sampling coverage during 1993 of trips by vessels of capacity &gt;400 short tons.

TABLA 19. Cobertura de muestreo en 1993 de viajes de barcos de capacidad &gt;400 toneladas cortas.

	Number of trips <sup>1</sup>		
	Total	Sampled	Percent
	Número de viajes <sup>1</sup>		
	Total	Muestreados	Porcentaje
Mexican vessels sampled by:			
Barcos mexicanos muestreados por:			
IATTC—CIAT		110	(51.9)
National program—Programa nacional		102	(48.1)
Total	212	212	100.0
U.S. vessels sampled by:			
Barcos de EE.UU. muestreados por:			
IATTC—CIAT		22	(45.8)
National program—Programa nacional		25	(52.1)
Total	48	47	97.9
Other fleets sampled by IATTC:			
Otras flotas muestreadas por la CIAT:			
Belize—Belice	2	2	100.0
Colombia	15	15	100.0
Ecuador <sup>1</sup>	62	62	100.0
Panamá	3	3	100.0
Spain—España	8	8	100.0
Vanuatu	53	53 <sup>2</sup>	100.0
Venezuela	72	72	100.0
International fleet sampling by IATTC program			
Muestreo de la flota internacional por el programa de la CIAT	475	347 <sup>3</sup>	73.1
International fleet sampling by three programs (IATTC, U.S., Mexico)			
Muestreo de la flota internacional por tres programas (CIAT, EE.UU, México)	475	474 <sup>4</sup>	99.8

<sup>1</sup> Includes one Spanish-flag and one Cyprus-flag vessel.<sup>1</sup> Incluye un barco de bandera española y un barco de bandera de Chipre.<sup>2</sup> One set of data was lost in a vessel sinking.<sup>2</sup> Se perdió un juego de datos al hundirse un barco.<sup>3</sup> Includes 22 trips which departed in late 1992 and ended in 1993, and 325 trips which departed during 1993.<sup>3</sup> Incluye 22 viajes que salieron a fines de 1992 y terminaron en 1993, y 325 viajes que salieron durante 1993.<sup>4</sup> Includes 34 trips which departed in late 1992 and ended in 1993, and 441 trips which departed during 1993.<sup>4</sup> Incluye 34 viajes que salieron a fines de 1992 y terminaron en 1993, y 441 viajes que salieron durante 1993.

**TABLE 20.** Dolphin mortality workshops sponsored by the IATTC during 1993.  
**TABLA 20.** Talleres sobre la mortalidad de delfines auspiciados por la CIAT en 1993.

Date	Location	Attendees		
		Fishing captains	Others	Total
Fecha	Sede	Asistentes		
		Técnicos de pesca	Otros	Total
January 15	Caracas, Venezuela	10	2	12
January 19	La Jolla, U.S.A.	6	0	6
March 25	Ensenada, México	8	18	26
October 19	La Jolla, U.S.A.	3	3	6
December 20	Ensenada, México	4	14	18
Total (5 workshops—talleres)		31	37	68

**TABLE 21.** Estimates of incidental mortality of dolphins in 1993, based on the sums of known and prorated stock mortalities.

**TABLA 21.** Estimaciones de la mortalidad incidental de delfines en 1993, basadas en las sumas de mortalidades por stock conocidas y prorrateadas.

Species and stock—Especie y stock	Estimate Estimación	Standard error Error estándar
Offshore spotted—Manchado de altamar		
Northeastern—Nororiental	1,139	89
Western and southern—Occidental y sureño	757	52
Spinner—Tornillo		
Eastern—Oriental <sup>1</sup>	821	96
Whitebelly—Panza blanca <sup>1</sup>	412	33
Common—Común		
Northern-Norteño	81	27
Central	230	-
Southern—Sureño <sup>2</sup>	-	-
Other dolphins—Otros delfines <sup>3</sup>	161	29
Total	3,601	-

<sup>1</sup> Unidentified spinner dolphins are prorated to the eastern or whitebelly stocks. The estimates of the mortalities for eastern and whitebelly spinner dolphins include 11 and 13 unidentified spinner dolphins, respectively.—Los delfines tornillo no identificados son prorrateados al stock oriental o panza blanca. Las estimaciones de la mortalidad correspondientes a los delfines tornillo oriental y panza blanca incluyen 11 y 13 delfines tornillo no identificados, respectivamente.

<sup>2</sup> No observed mortality occurred for this stock—Ninguna mortalidad observada para este stock.

<sup>3</sup> “Other dolphins” includes the following species and stocks, whose observed mortalities are shown in brackets: striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) [17], bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) [24], rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) [1], Central American spinner dolphins (*Stenella longirostris centroamericana*) [18], melon-headed whales (*Peponocephala electra*) [2], whitebelly dolphins (includes common, striped, Fraser’s, Pacific whitesided, and whitebelly spinner dolphins) [14], and unidentified dolphins [41]. There are not enough data to make separate estimates for these species or stocks.—“Otros delfines” incluye las siguientes especies y stocks, con las mortalidades observadas en paréntesis: delfin listado (*Stenella coeruleoalba*) [17], tursión (*Tursiops truncatus*) [24], esteno (*Steno bredanensis*) [1], delfin tornillo centroamericano (*Stenella longirostris centroamericana*) [18], ballena cabeza de melón (*Peponocephala electra*) [2], delfines panza blanca (incluye comunes, listados, de Fraser, de costados blancos del Pacífico, y tornillos panza blanca) [14], y delfines no identificados [41]. Hay insuficientes datos para hacer estimaciones separadas para estas especies y stocks.

**TABLE 22.** Searching effort and number of sightings, 1993  
**TABLA 22.** Esfuerzo de búsqueda y número de observaciones, 1993.

Species and stocks	Numbers of sightings	Area of stocks (1,000 nm)	Searching effort (1,000 nm)
Especie y stock	Número de observaciones	Area del stock (1,000 mn)	Esfuerzo de búsqueda (1,000 mn)
Offshore spotted—Manchado de altamar			
Northeastern—Nororiental	2583	1658.3	258.4
Western and southern—Occidental y sureño	898	3552.8	207.1
Spinner—Tornillo			
Eastern—Oriental	927	2267.1	396.3
Whitebelly—Panza blanca	346	4194.9	292.2
Common			
Northern—Norteño	84	615.3	67.3
Central	392	2186.3	314.0
Southern—Sureño	120	842.4	99.6

**TABLE 23.** Estimates of relative abundances of dolphins for 1993. The bootstrap standard errors are given in parentheses. The asterisks indicate unidentified spinner herds prorated between the eastern and whitebelly stocks.

**TABLA 23.** Estimaciones de la abundancia relativa de los delfines en 1993. Los valores en paréntesis son los errores estándar del procedimiento de "bootstrap." Los asteriscos indican manadas de tornillos no identificados prorrateados entre los stocks oriental y panza blanca.

Species and stock	Effective half-width of strip (nm)	Encounter rate (herds/1,000 nm)	Average herd size	Number of herds (000s)	Number of dolphins (000s)	Number of dolphins (000s)
Especie y stock	Medio ancho efectivo de la banda (mn)	Tasa de encuentro (manadas/1,000 mn)	Tamaño medio de manada	Número de manadas (000s)	Número de delfines (000s)	Número de delfines (000s)
Offshore spotted—Manchado de altamar						
Northeastern—	3.97	9.33	467.9	1947	911	
Nororiental	(0.12)	(0.43)	(23.4)	(111)	(68)	
Western and southern—	4.03	4.72	641.4	2078	1333	
Occidental y sureño	(0.19)	(0.34)	(53.7)	(172)	(148)	
Spinner—Tornillo						
Eastern, whitebelly, and unidentified—	3.83	3.32	318.5	2195	699	
Oriental, panza blanca, y no identificado	(0.16)	(0.27)	(22.8)	(212)	(84)	
Eastern—	4.14	2.68	366.1	732	268	295*
Oriental	(0.20)	(0.17)	(32.6)	(57)	(35)	(54)
Whitebelly—	3.86	2.08	324.2	1133	367	404*
Panza blanca	(0.27)	(0.36)	(36.4)	(190)	(74)	(64)
Common—Común						
Northern—	2.19	1.25	750.2	176	132	
Norteño	(0.49)	(0.26)	(146.6)	(45)	(43)	
Central	2.35	0.77	519.5	358	186	
	(0.40)	(0.07)	(86.3)	(68)	(48)	
Southern—	2.00	1.21	559.6	254	142	
Sureño	(0.28)	(0.25)	(79.6)	(63)	(39)	

**TABLE 24.** Preliminary estimates of incidental mortalities of coastal spotted dolphins. The mortality rates were calculated on the basis of an estimate of abundance of 29,800 animals.

**TABLA 24.** Estimaciones preliminares de las mortalidades incidentales de delfines manchados costeros. Se calcularon las tasas de mortalidad a partir de una estimación de abundancia de 29,800 animales.

Year	Number of dolphin sets <sup>1</sup>	Mortality per set		Mortalities of coastal spotted dolphins		Mortality rate (percent)
		Coastal	Coastal and prorated <sup>2</sup>	Coastal	Coastal and prorated <sup>2</sup>	
Año	Número de lances sobre delfines <sup>1</sup>	Mortalidad por lance		Mortalidades de delfines manchados costeros		Tasa de mortalidad (%)
		Costero	Costero y prorrateado <sup>2</sup>	Costero	Costero y prorrateado <sup>2</sup>	
1986	1383	-	-	-	-	0.00
1987	2400	0.050	0.079	120	189	0.63
1988	2107	0.087	0.093	183	195	0.65
1989	1778	0.030	0.039	53	70	0.23
1990	954	0.750	0.853	716	814	2.73
1991	2190	0.058	0.064	128	140	0.47
1992	1807	0.066	0.067	119	122	0.41
1993	1956	0.020	0.026	40	51	0.17

<sup>1</sup> Estimated as sum of all dolphin sets in the tuna and dolphin data bases within 100 miles of the coast, multiplied by the estimated coverage adjustment factor for the tuna and dolphin data bases. — Estimado como la suma de todos los lances sobre delfines en las bases de datos de atunes y delfines a menos de 100 millas de la costa, multiplicada por el factor de ajuste por cobertura estimada para esas bases de datos.

<sup>2</sup> Prorated refers to proration of unidentified spotted dolphin mortality to the coastal stock. — Prorrateado se refiere al prorrateo de la mortalidad de delfines manchados no identificados al stock costero.

**TABLE 25.** Incidental mortalities of eastern spinner dolphins. The mortality rates were calculated on the basis of an estimate of abundance of 631,800 animals.

**TABLA 25.** Mortalidades incidentales de delfines tornillo oriental. Se calcularon las tasas de mortalidad a partir de una estimación de abundancia de 631,800 animales.

Year	Total incidental mortality	Mortality rate (percent)
Año	Mortalidad incidental total	Tasa de mortalidad (%)
1986	19,526	3.09
1987	10,358	1.64
1988	18,793	2.97
1989	15,245	2.41
1990	5,378	0.85
1991	5,879	0.93
1992	2,794	0.44
1993	824	0.13

**TABLE 26.** Estimated average numbers of yellowfin in the eastern Pacific Ocean, in thousands, for the X and Y cohorts during the 1967 through 1993 seasons.  
**TABLA 26.** 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 1993.

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

TABLE 26. (continued)  
 TABLA 26. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	Cohort X						Cohort Y							
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1977	1	0	15293	4850	2324	259	9	3	0	13929	2693	1032	34	5	2
	2	0	12109	3183	1515	152	6	3	69666	8012	1886	698	23	4	2
	3	0	9320	2210	671	57	5	2	56693	4613	1097	252	12	3	1
	4	34335	6733	1554	303	15	4	2	43582	3213	772	75	7	2	1
1978	1	0	27965	4919	1171	174	9	3	0	29044	2337	555	32	5	2
	2	0	19591	3349	744	113	6	3	42531	13648	1585	377	18	4	2
	3	0	12208	2494	504	54	5	2	34119	7993	1177	226	10	3	1
	4	39612	8919	1784	284	14	4	2	25755	5773	843	79	4	3	1
1979	1	0	32402	5961	1286	151	7	3	0	16715	4039	516	39	2	2
	2	0	24352	3937	767	87	5	3	40076	9713	2244	334	23	2	2
	3	0	16531	3018	493	35	4	2	31868	6014	1540	174	13	2	1
	4	30239	9421	2259	314	22	3	2	20541	4129	1036	113	10	1	1
1980	1	0	24251	6248	1627	160	9	2	0	13604	3080	584	51	6	1
	2	0	16941	3206	1186	75	3	2	42635	7385	2296	370	16	2	1
	3	0	10043	2279	821	31	2	2	34446	4662	1577	182	7	1	1
	4	22106	6710	1679	544	16	2	1	26610	3404	1093	100	4	1	1
1981	1	0	17819	4775	1177	300	10	1	0	19216	2593	797	51	2	1
	2	0	12763	3080	811	133	4	1	31347	11176	1815	521	15	1	1
	3	0	7757	2072	536	63	4	1	25366	5737	1308	226	8	1	0
	4	24063	4170	1386	309	42	3	1	19374	3377	820	140	5	1	0
1982	1	0	19281	2577	989	174	10	2	0	13089	2135	555	41	3	1
	2	0	12656	1752	671	100	5	2	39268	8269	958	369	21	3	1
	3	0	7702	1333	440	50	4	2	31013	5205	686	180	13	2	1
	4	31699	5386	1044	249	24	2	1	21259	4026	445	93	7	2	0
1983	1	0	25770	4081	818	77	6	2	0	15094	3262	268	20	2	1
	2	0	19628	2982	612	28	3	1	42005	10360	2529	147	7	2	1
	3	0	13539	2272	404	13	2	1	34237	7683	1779	80	5	1	1
	4	40064	10068	1743	264	8	1	1	27251	6131	981	42	3	1	1
1984	1	0	32495	8124	1340	123	5	1	0	21484	4833	590	18	2	1
	2	0	25490	6193	983	55	3	1	39097	16566	3349	345	8	1	1
	3	0	17976	4880	654	18	2	1	31766	12780	2358	148	2	1	1
	4	41515	12419	3677	352	6	2	1	25870	9613	1517	58	1	1	0
1985	1	0	33988	9532	2697	140	2	1	0	21071	7155	923	20	1	1
	2	0	27185	7404	1771	56	1	1	34516	16415	4897	448	7	1	1
	3	0	21843	5354	1062	16	1	1	28021	12892	3217	171	2	1	1
	4	40663	16877	4061	577	4	1	1	22780	10103	2061	55	1	0	0
1986	1	0	33103	10361	2974	296	2	1	0	17335	7688	1273	24	1	0
	2	0	26779	7365	1822	95	1	0	40082	13326	5088	594	7	1	0
	3	0	21232	5887	1020	21	1	0	32612	9669	3331	167	3	1	0
	4	51006	16431	4661	527	7	1	0	24760	6351	2211	54	2	0	0

TABLE 26. (continued)  
 TABLA 26. (continuación)

Year Año	Quarter Trimestre	Cohort X						Cohort Y							
		0	I	II	III	IV	V	VI	0	I	II	III	IV	V	VI
1987	1	0	41493	12530	3515	279	4	1	0	18609	4670	1441	16	1	0
	2	0	33062	8616	2108	155	2	1	76118	13420	3007	838	5	1	0
	3	0	24885	6322	1181	57	1	0	62099	10300	2044	318	2	1	0
	4	49953	16568	4086	610	19	1	0	49976	8076	1400	141	1	1	0
1988	1	0	40795	12067	2936	331	5	1	0	37728	6184	987	43	1	0
	2	0	31983	8179	1996	117	2	1	45938	22096	4568	574	6	1	0
	3	0	23276	6003	1338	39	1	0	37489	15526	3413	295	1	1	0
	4	43462	16639	4144	814	14	1	0	29769	10836	2195	147	0	1	0
1989	1	0	35557	11886	3016	442	5	1	0	23267	7493	1452	68	0	0
	2	0	27641	8248	1942	210	2	1	39927	17117	5363	856	25	0	0
	3	0	20718	5617	1214	89	1	0	32619	12989	3699	407	16	0	0
	4	42631	14437	3817	687	34	1	0	25986	9546	2464	180	11	0	0
1990	1	0	34798	10476	2578	296	15	1	0	20301	7011	1557	53	8	0
	2	0	27717	6838	1670	147	9	0	51685	14035	4371	912	26	6	0
	3	0	21663	4387	1113	62	7	0	42288	9211	2730	412	18	5	0
	4	44546	16898	3028	650	33	6	0	33152	6674	1773	207	13	4	0
1991	1	0	36425	13168	2106	300	20	4	0	24176	4980	1086	86	9	3
	2	0	28507	9352	1361	135	13	4	51853	16765	3332	601	43	7	3
	3	0	22502	6624	814	38	7	3	42372	12411	2231	245	16	5	2
	4	37533	17141	4731	437	20	6	2	33067	8980	1596	93	11	4	2
1992	1	0	30324	13447	3291	217	14	4	0	25587	6668	991	32	8	3
	2	0	23584	10011	2067	90	9	4	37709	18289	4636	553	19	6	3
	3	0	18326	7483	1240	34	7	3	30678	11973	3346	298	13	5	2
	4	36028	14124	5537	685	8	5	2	24695	8724	2438	132	10	4	2
1993	1	0	29496	10706	4131	336	4	4	0	19847	6465	1525	66	8	3
	2	0	23286	7874	2641	171	3	4	38604	14271	4575	870	43	6	3
	3	0	17347	6061	1675	95	2	3	31479	9663	3112	533	31	5	2
	4	41800	11470	4900	1091	49	1	2	25094	7305	2237	311	24	4	2

**TABLE 27.** Estimated recruitment, in thousands of fish, of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined. The initial estimates correspond to the numbers of fish at the beginning of the first month in the first year that they reach a length of 30 cm (November for the X group and May for the Y group). The average estimates correspond to the average numbers alive during that first month; these numbers are the same as those in Table 26.

**TABLA 27.** Reclutamiento estimado, en miles de peces, de las cohortes X e Y, y de las cohortes X e Y combinadas. Las estimaciones iniciales corresponden al número de peces al principio del primer mes del primer año en el cual alcanzaron una talla de 30 cm (noviembre para el grupo X y mayo para el grupo Y). Las estimaciones medias corresponden al número medio vivo durante ese primer mes; estas cantidades son iguales a aquellas en la Tabla 26.

Year—Año	Initial			Average		
	X	Y	X + Y	X	Y	X + Y
1967	21,717	38,677	60,394	21,009	37,416	58,425
1968	24,465	26,162	50,627	23,667	25,309	48,976
1969	28,136	28,161	56,297	27,218	27,242	54,460
1970	35,833	27,774	63,607	34,665	26,869	61,534
1971	20,557	28,555	49,112	19,886	27,624	47,510
1972	17,384	38,114	55,498	16,817	36,871	53,688
1973	48,555	71,264	119,819	46,972	68,941	115,913
1974	38,007	30,082	68,089	36,764	29,101	65,865
1975	17,961	38,233	56,194	17,375	36,986	54,361
1976	19,430	29,498	48,928	18,777	28,536	47,313
1977	35,492	72,014	107,506	34,335	69,666	104,001
1978	40,950	44,043	84,993	39,612	42,531	82,143
1979	31,259	41,451	72,710	30,239	40,076	70,315
1980	22,851	44,078	66,929	22,106	42,635	64,741
1981	24,881	32,409	57,290	24,063	31,347	55,410
1982	32,779	40,597	73,376	31,699	39,268	70,967
1983	41,414	43,429	84,843	40,064	42,005	82,069
1984	42,914	40,435	83,349	41,515	39,097	80,612
1985	42,033	35,680	77,713	40,663	34,516	75,179
1986	52,751	41,433	94,184	51,006	40,082	91,088
1987	51,637	78,685	130,322	49,953	76,118	126,071
1988	44,931	47,498	92,429	43,462	45,938	89,400
1989	44,068	41,272	85,340	42,631	39,927	82,558
1990	46,060	53,427	99,487	44,546	51,685	96,231
1991	38,798	53,600	92,398	37,533	51,853	89,386
1992	37,242	38,981	76,223	36,028	37,709	73,737
1993	43,209	39,906	83,115	41,800	38,604	80,404
Average Promedio	35,012	42,424	77,436	33,867	41,035	74,902

**TABLE 28.** Average weights of yellowfin during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery.

**TABLA 28.** Peso promedio del atún aleta amarilla en cada trimestre, a partir del trimestre en el cual fueron reclutados a la pesquería.

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

**TABLE 29.** Quotas, catches, and CPDFs (Class-6 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean. The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPDFs are in short tons per day. The quotas were for the CYRA only. The catches include all those taken by both surface and longline fishing in the eastern Pacific Ocean.

**TABLA 29.** Cuotas, capturas, y CPDP (cerqueros de la clase 6) de aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental. Se expresan las cuotas y capturas en miles de toneladas cortas, y las CPDP en toneladas cortas por día. Las cuotas son para el ARCAA solamente. Las capturas incluyen todo el pescado capturado con artes de superficie y palangreros en el Océano Pacífico oriental.

Year	Quota		Catch	CPDF
Año	Cuota		Captura	CPDP
1967	84.5	0	99.9	6.8
1968	93.0	0	129.8	16.3
1969	120.0	0	161.6	17.1
1970	120.0	0	186.6	14.0
1971	140.0 + (2x10) <sup>1</sup>		143.5	10.2
1972	120.0 + (2x10)		212.3	14.5
1973	130.0 + (3x10)		239.8	12.6
1974	175.0 + (2x10)		242.3	10.1
1975	175.0 + (2x10)		236.7	9.1
1976	175.0 + (2x10)		277.2	10.1
1977	175.0 + (20+15)		231.6	8.0
1978	175.0 + (20+15)		209.4	6.8
1979	175.0 + (20+15)		219.7	6.0
1980	none		187.1	5.4
1981	none		208.6	6.2
1982	none		147.4	5.3
1983	none		113.6	5.7
1984	none		170.0	10.0
1985	none		250.3	13.6
1986	none		314.9	17.5
1987	none		314.4	14.0
1988 <sup>2</sup>	none		333.4	13.4
1989 <sup>2</sup>	none		333.9	13.8
1990 <sup>2</sup>	none		316.5	14.0
1991 <sup>2</sup>	none		277.2	15.1
1992 <sup>2</sup>	none		277.4	15.4
1993 <sup>2</sup>	none		262.5	14.6

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

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

<sup>2</sup> preliminary estimates

<sup>2</sup> estimaciones preliminares

**TABLE 30.** Logged catches of yellowfin (YFT) and skipjack (SKJ) tuna in three types of purse-seine sets, and total purse-seine catches of yellowfin and skipjack. The numbers of dolphin sets differ slightly from those shown in the IATTC Annual Report for 1992, Figure 35, because the values in the figure were obtained from the observer data base.

**TABLA 30.** Capturas registradas de aleta amarilla (YFT) y barrilete (SKJ) en tres tipos de lance cerquero, y capturas totales de aleta amarilla y barrilete por barcos cerqueros. Los números de lances sobre delfines no equivalen a aquellos presentados en el Informe Anual de la CIAT de 1992, Figura 35, porque los valores en dicha figura provinieron de la base de datos de observadores.

Logged sets and catches											
Year	Dolphin			Floating object			Free-swimming			Total catches	
	Sets	YFT	SKJ	Sets	YFT	SKJ	Sets	YFT	SKJ	YFT	SKJ
Lances y capturas registradas											
Año	Delfin			Objeto flotante			No asociados			Capturas totales	
	Lances	YFT	SKJ	Lances	YFT	SKJ	Lances	YFT	SKJ	YFT	SKJ
1961	3,595	28,523	395	178	679	1,808	3,368	13,753	14,779	92,852	39,360
1962	2,822	17,873	187	108	552	667	7,547	27,947	34,999	62,219	55,727
1963	3,157	16,965	406	124	177	920	8,228	22,103	44,447	56,371	79,268
1964	5,832	34,730	1,012	169	404	608	6,596	30,650	31,777	88,352	48,676
1965	6,031	40,102	822	107	636	641	6,595	17,746	36,757	76,653	61,545
1966	5,326	36,461	1,547	145	978	608	6,059	24,543	30,592	81,582	48,750
1967	3,462	28,290	342	718	1,913	5,382	8,632	33,196	75,249	80,301	106,298
1968	3,753	43,067	561	844	7,312	11,051	7,238	42,476	40,042	103,436	59,820
1969	7,602	98,576	6,738	220	1,589	1,454	5,738	21,836	26,324	131,511	44,930
1970	7,855	100,901	8,021	240	1,386	1,893	8,531	45,489	27,782	160,554	45,703
1971	4,784	72,406	1,211	949	4,151	15,588	8,826	32,283	58,296	125,737	95,914
1972	8,083	129,965	708	577	7,350	5,083	4,051	24,851	13,750	186,759	29,032
1973	8,607	127,921	735	1,001	10,000	6,941	7,517	46,817	17,827	220,071	36,945
1974	7,759	98,296	553	3,384	32,949	32,708	7,443	47,295	28,562	220,193	78,181
1975	7,894	112,711	877	2,694	16,173	32,273	9,482	46,363	54,777	214,335	120,820
1976	7,083	120,374	3,207	4,800	35,625	49,683	10,517	59,561	46,213	255,599	126,300
1977	7,133	90,507	3,293	2,609	19,150	20,777	10,413	57,201	34,390	216,293	84,839
1978	5,098	56,588	1,037	8,418	45,336	97,507	11,082	56,979	47,073	193,345	179,372
1979	7,245	75,910	1,251	5,994	33,243	76,010	12,201	59,789	40,436	203,079	137,245
1980	6,456	67,470	1,948	5,535	29,205	70,447	11,401	49,462	35,066	172,009	135,987
1981	6,618	73,438	490	5,005	25,006	63,711	10,581	59,688	35,582	197,046	124,485
1982	4,940	53,633	370	5,092	23,945	57,188	6,510	27,586	30,814	135,855	104,357
1983	3,583	32,156	1,506	3,057	11,849	26,007	7,630	39,386	23,316	97,550	58,570
1984	5,919	88,089	691	2,278	9,113	34,071	6,784	48,257	17,261	155,970	62,774
1985	10,156	166,416	78	1,430	11,435	21,001	4,721	34,762	25,685	237,668	53,324
1986	8,843	173,857	480	3,370	34,786	38,320	3,682	38,761	15,920	292,617	67,773
1987	11,514	182,922	476	2,596	26,400	28,074	5,088	47,487	24,787	293,968	64,620
1988	10,076	155,923	4,612	2,377	24,042	31,800	9,013	93,470	35,422	310,665	87,952
1989	11,307	191,099	1,298	2,568	26,913	36,984	7,180	59,957	41,035	311,811	97,244
1990	10,269	184,361	817	2,688	34,802	33,166	7,089	54,711	35,365	295,871	77,900
1991	8,918	160,470	868	2,222	23,810	33,529	5,424	50,195	19,414	258,543	65,605
1992	9,801	176,672	1,135	1,843	13,877	44,374	6,048	49,526	31,466	255,971	88,039
1993	6,447	113,512	769	1,660	16,187	42,817	8,029	84,203	28,597	242,641	87,994

TABLE 31. Catches of northern bluefin, in short tons, in the Pacific Ocean.  
 TABLA 31. Capturas de atún aleta azul del norte, en toneladas cortas, en el Océano Pacífico.

Year	Western Pacific nations			Eastern Pacific nations				Total
	Sur-face <sup>1</sup>	Long-line <sup>2</sup>	Sub-total <sup>3</sup>	Purse seine <sup>4</sup>	Gill-net <sup>5</sup>	Long-line <sup>6</sup>	Recrea-tional <sup>7</sup>	
Año	Naciones del Pacífico occidental			Naciones del Pacífico oriental				Total
	Superfi-cie <sup>1</sup>	Palan-gre <sup>2</sup>	Sub-total <sup>3</sup>	Red de de cerco <sup>4</sup>	Red agallera <sup>5</sup>	Palan-gre <sup>6</sup>	Depor-tiva <sup>7</sup>	
1951	*	*	16,976	1,931	*	*	179	19,086
1952	11,746	1,323	13,069	2,288	*	*	4	15,351
1953	17,369	1,231	18,600	4,887	*	*	107	23,594
1954	15,290	1,349	16,639	10,513	*	*	24	27,176
1955	20,034	1,282	21,316	6,805	*	*	204	28,325
1956	29,321	1,259	30,580	6,313	*	*	855	37,748
1957	21,736	607	22,343	10,158	*	*	161	32,662
1958	8,756	368	9,124	15,360	*	*	22	24,506
1959	6,872	1,797	8,669	7,621	*	*	33	16,323
1960	9,180	2,862	12,042	5,977	*	*	2	18,021
1961	8,154	2,967	11,121	8,968	*	*	57	20,146
1962	8,864	2,520	11,384	12,421	*	*	61	23,866
1963	8,529	2,437	10,966	13,527	*	*	18	24,511
1964	9,120	1,141	10,261	10,161	*	*	17	20,439
1965	11,535	954	12,489	7,592	*	*	2	20,083
1966	14,370	496	14,866	17,523	*	*	50	32,439
1967	15,014	356	15,370	6,491	*	*	79	21,940
1968	18,048	275	18,323	6,587	*	*	31	24,941
1969	9,790	170	9,960	7,635	*	*	37	17,632
1970	8,400	140	8,540	4,372	*	*	46	12,922
1971	10,965	110	11,075	9,215	*	*	19	20,309
1972	8,567	80	8,647	14,714	*	*	37	23,398
1973	11,499	180	11,679	11,845	*	*	134	23,658
1974	20,851	54	20,905	6,192	*	*	144	27,241
1975	12,328	58	12,386	10,563	*	*	84	23,033
1976	8,950	117	9,067	11,735	*	*	51	20,853
1977	13,759	82	13,841	6,033	*	*	46	19,920
1978	22,308	210	22,518	5,948	*	*	12	28,478
1979	25,818	157	25,975	6,744	*	*	27	32,746
1980	22,246	74	22,320	3,239	*	*	18	25,577
1981	33,145	184	33,329	1,201	*	*	14	34,544
1982	27,330	151	27,481	3,472	1	*	17	30,971
1983	19,192	47	19,239	940	1	*	48	20,228
1984	11,233	54	11,287	972	3	*	71	12,333
1985	13,901	18	13,919	4,469	3	*	124	18,515
1986	14,676	18	14,694	5,604	2	*	17	20,317
1987	*	*	21,799	1,097	2	*	46	22,944
1988	*	*	7,739	1,569	1	*	8	9,317
1989	*	*	13,530	1,289	2	142	163	15,126
1990	*	*	6,374	1,699	6	101	94	8,274
1991	*	*	19,129	509	*	89	132	19,859
1992	*	*	12,555	2,089	*	51	215	14,910
1993	*	*	*	668	*	52	*	*

**TABLE 31.** (continued)  
**TABLA 31.** (continuación)

<sup>1</sup> Total catch minus longline catch

<sup>1</sup> Captura total menos captura palangrera

<sup>2</sup> Sources: National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan and yearbooks of longline statistics published by the Institute of Oceanography, National Taiwan University, and by the National Fisheries Research and Development Agency, Republic of Korea

<sup>2</sup> Fuentes: National Research Institute of Far Seas Fisheries del Japón y registros anuales de estadísticas de palangre publicadas por el Institute of Oceanography, National Taiwan University, y por la National Fisheries Research and Development Agency, República de Corea

<sup>3</sup> Sources: total catch data for Japan, the Republic of China, and the Republic of Korea. The data for Japan were obtained from the National Research Institute of Far Seas Fisheries of Japan. The data for 1951-1965 include only large fish (greater than about 15 kg or 33 pounds), while those for 1966-1992 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 were obtained from yearbooks of fisheries statistics of the Taiwan Fisheries Bureau and Collected Volume of Scientific Papers, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Vol. 40, No. 1, pages 242-248. No data are available for 1951-1966. The data for the Republic of Korea were obtained from yearbooks of fisheries statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. No data are available for 1951.

<sup>3</sup> Fuentes: datos de capturas totales de Japón, la República de China, y la República de Corea. Los datos de Japón se obtuvieron del National Research Institute of Far Seas Fisheries del Japón. Los datos de 1951-1965 incluyen solamente peces grandes (de más de unos 15 kg o 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 se obtuvieron de los registros anuales de estadísticas pesqueras del Taiwan Fisheries Bureau y Colección de Documentos Científicos, Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, Vol. 40, Nº 1, páginas 242-248. No hay datos para 1951-1966. Los datos de la República de Corea se obtuvieron de los registros anuales de estadísticas pesqueras de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. No hay datos para 1951.

<sup>4</sup> Source: this Annual Report, Table 1

<sup>4</sup> Fuente: este Informe Anual, Tabla 1

<sup>5</sup> Source: Fish Bulletin, California Department of Fish and Game, No. 175, Table 1. The average of the catches for the 1981-1982 and 1982-1983 seasons was used as an estimate of the catch for 1982, and so on.

<sup>5</sup> Fuente: Fish Bulletin, California Department of Fish and Game, No. 175, Tabla 1. Se usó el promedio de las capturas de las temporadas de 1981-1982 y 1982-1983 como estimación de la captura de 1982, y así sucesivamente.

<sup>6</sup> Source: U.S. National Marine Fisheries Service, Long Beach, California. These data include only exports; small amounts were probably consumed in the United States.

<sup>6</sup> Fuente: U.S. National Marine Fisheries Service, Long Beach, California. Estos datos incluyen exportaciones solamente; es probable que hayan sido consumidas pequeñas cantidades en los Estados Unidos.

<sup>7</sup> Source: California's Living Marine Resources and their Utilization, published by the California Department of Fish and Game. It was assumed, based on the average weight of sport-caught fish sampled during 1993 (Figure 20 of this Annual Report), that the average weight of the sport-caught fish was 50 pounds.

<sup>7</sup> Fuente: California's Living Marine Resources and their Utilization, publicado por el California Department of Fish and Game. Se supuso, a partir del peso promedio de peces capturados por la pesquería deportiva y muestreados durante 1993 (Figura 20 del presente Informe Anual), que el peso promedio de peces capturados en esa pesquería era 50 libras.

\* data not available—datos no disponibles

**TABLE 32.** Estimated numbers of bluefin, in thousands, caught in the western and eastern Pacific Oceans.  
**TABLA 32.** Número estimado de aletas azules, en miles, capturados en el Océano Pacífico occidental y oriental.

Year class	Western Pacific Ocean					Eastern Pacific Ocean			
	0	1	2	3	4	1	2	3	4
Clase anual	Océano Pacífico occidental					Océano Pacífico oriental			
	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	1270	461	1	13	17	97	155	32	1
1967	3607	964	78	23	24	416	311	35	0
1968	2300	371	48	14	18	290	258	7	-
1969	2970	378	2	18	16	14	711	-	0
1970	1938	443	15	4	3	467	-	2	0
1971	3316	682	20	12	29	-	589	1	>0
1972	498	124	28	115	26	609	440	2	24
1973	4875	1403	46	61	95	51	722	172	21
1974	3953	676	96	44	10	260	150	21	8
1975	1277	222	61	14	28	488	250	7	>0
1976	1784	698	151	38	7	55	81	>0	0
1977	2542	478	98	76	84	508	539	1	>0
1978	5091	1452	119	584	99	78	284	11	1
1979	2088	611	180	64	56	48	70	2	>0
1980	2810	605	200	54	15	4	120	6	1
1981	1975	785	139	21	75	249	62	6	0
1982	665	213	44	86	30	12	44	>0	>0
1983	1362	421	49	123	-	33	315	5	>0
1984	2417	757	61	-	-	76	388	6	>0
1985	2046	760	-	-	-	22	74	21	>0
1986	1470	-	-	-	-	7	45	6	1
1987	-	-	-	-	-	34	40	8	>0
1988	-	-	-	-	-	45	78	1	-
1989	-	-	-	-	-	5	8	-	-
1990	-	-	-	-	-	52	-	-	-

**TABLE 33.** Annual coefficients of fishing mortality ( $F$ ) for bluefin tuna, derived from cohort analyses and used in the second method of estimating the yield per recruit described in the text.

**TABLA 33.** Coeficientes anuales de mortalidad por pesca ( $F$ ) de atunes aleta azul, derivados de análisis de cohortes y usados en el segundo método de estimar el rendimiento por recluta descrito en el texto.

Annual coefficient of natural mortality = 0.2			Annual coefficient of natural mortality = 0.3		
Year	Quarter	$F$	Year	Quarter	$F$
Coeficiente anual de mortalidad natural = 0.2			Coeficiente anual de mortalidad natural = 0.3		
Año	Trimestre	$F$	Año	Trimestre	$F$
0	3	2.20	0	3	1.81
	4	0.89		4	0.70
1	1	0.13	1	1	0.10
	2	0.50		2	0.40
	3	1.66		3	1.24
	4	0.47		4	0.33
2	1	0.07	2	1	0.05
	2	0.91		2	0.64
	3	1.83		3	1.23
	4	0.30		4	0.19
3	1	0.09	3	1	0.06
	2	0.31		2	0.22
	3	0.71		3	0.49
	4	0.17		4	0.11
4	1	0.09	4	1	0.06
	2	0.28		2	0.20
	3	0.61		3	0.42
	4	0.15		4	0.11
5	1	0.10	5	1	0.07
	2	0.32		2	0.22
	3	0.72		3	0.50
	4	0.20		4	0.13
6	1	0.10	6	1	0.07
	2	0.34		2	0.22
	3	0.72		3	0.46
	4	0.18		4	0.11
7	1	0.12	7	1	0.07
	2	0.39		2	0.25
	3	0.83		3	0.52
	4	0.21		4	0.13
8	1	0.12	8	1	0.07
	2	0.39		2	0.25
	3	0.83		3	0.50
	4	0.21		4	0.12
9	1	0.11	9	1	0.07
	2	0.37		2	0.22
	3	0.78		3	0.46
	4	0.20		4	0.11
10	1	0.13	10	1	0.08
	2	0.43		2	0.26
	3	0.90		3	0.53
	4	0.22		4	0.13

**TABLE 34.** Correlations for various combinations of catches of northern bluefin. WPO and EPO stand for western Pacific Ocean and eastern Pacific Ocean, respectively.

**TABLA 34.** Correlaciones para varias combinaciones de capturas de aleta azul norteño. WPO = Océano Pacífico occidental; EPO = Océano Pacífico oriental.

	<b>Correlation</b>	<b>Degrees of freedom</b>	<b>r</b>
	<b>Correlación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>r</b>
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 35.** Annual catches of bigeye, in short tons, by all gear in the Pacific Ocean and by surface and longline gear in the eastern Pacific Ocean. The 1993 data are preliminary.

**TABLA 35.** Capturas anuales de patudo, en toneladas cortas, logradas por todas las artes en el Océano Pacífico, y por artes de superficie y palangre en el Océano Pacífico oriental. Los datos de 1993 son preliminares.

Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear	Year	Eastern Pacific Ocean		Total Pacific Ocean, all gear
	Surface	Longline			Surface	Longline	
Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes	Año	Océano Pacífico oriental		Total Océano Pacífico, todas las artes
	De superficie	Palangre			De superficie	Palangre	
1954	303	2,187	*	1974	981	48,669	98,533
1955	129	2,459	*	1975	4,104	54,762	115,100
1956	44	3,271	*	1976	11,228	61,348	139,500
1957	75	13,175	*	1977	7,777	81,333	158,718
1958	256	14,389	*	1978	12,912	82,015	129,986
1959	165	16,231	*	1979	8,303	75,098	138,908
1960	202	25,562	*	1980	16,999	78,928	145,184
1961	235	72,942	*	1981	11,124	54,951	111,919
1962	361	63,503	*	1982	4,522	50,632	120,617
1963	83	89,677	*	1983	3,593	63,775	122,775
1964	75	56,889	92,900	1984	6,539	50,285	113,753
1965	130	37,346	75,700	1985	4,996	62,874	136,991
1966	294	42,175	85,000	1986	2,137	84,487	165,568
1967	1,834	43,716	87,900	1987	850	99,049	165,897
1968	2,820	43,072	73,900	1988	1,161	*	133,317
1969	635	63,631	87,900	1989	1,621	*	141,149
1970	1,469	40,519	83,800	1990	5,233	*	182,641
1971	2,829	34,902	74,700	1991	4,129	*	159,939
1972	2,467	43,006	98,000	1992	6,037	*	160,013
1973	2,181	61,170	98,400	1993	7,761	*	*

\* data not available—datos no disponibles

**TABLE 36.** Data on tagged bigeye at liberty for long periods of time. The lengths are given in centimeters and the distances in nautical miles.  
**TABLA 36.** Datos de patudos marcados en libertad durante largos periodos. Se expresan las tallas en centímetros y las distancias en millas náuticas.

Release			Recapture			Distance	Days free	Direction	Reference
Area	Date	Length	Area	Date	Length				
Liberación			Recaptura			Distancia	Días en libertad	Dirección	Referencia
Area	Fecha	Talla	Area	Fecha	Talla				
30°59'N- 171°14'W	Jan. 31, 1955	122.3	32°41'N- 155°57'W	Nov. 24, 1955	126.8	785	298	82	1
30°59'N- 171°14'W	Jan. 31, 1955	109.0	29°50'N- 177°50'W	Feb. 2, 1956	127.5	348	368	259	2
32°59'N- 143°19'E	May 31, 1958	82	29°15'N- 133°45'E	Nov. 11, 1959	110-115	540	530	255	2
32°59'N- 143°19'E	May 31, 1958	81	35°27'N- 141°10'E	Jan. 17, 1960	119	182	597	324	2
3°18'N- 90°50'W	May 6, 1967	80	2°12'S- 81°01'W	Jan. 13, 1968	?	664	253	117	3
3°18'N- 90°50'W	May 12, 1967	50	4°32'N- 107°50'W	Jun. 18, 1969	128.0	1,020	769	274	4
15°10'S- 146°22'E	Nov. 19, 1986	96	16°35'S- 146°56'E	Oct. 29, 1987	112	129	345	148	5
15°10'S- 146°22'E	Nov. 19, 1986	109	7°10'S- 155°40'E	Jun. 2, 1990	160	3,408	1,292	89	5
15°10'S- 146°22'E	Nov. 19, 1986	108	16°26'S- 146°49'E	Nov. 2, 1987	127	110	349	148	5
15°27'S- 146°13'E	Nov. 21, 1986	78	3°25'S- 171°19'E	Jun. 17, 1989	131	2,591	940	79	5
15°27'S- 146°13'E	Nov. 21, 1986	98	16°25'S- 146°43'E	Nov. 1, 1987	124	94	346	143	5

<sup>1</sup> Pacif. Sci., 10 (2): 236

<sup>2</sup> Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Rep., 25: 75-80

<sup>3</sup> IATTC Ann. Rep. for 1968; 28, 77

<sup>4</sup> IATTC Ann. Rep. for 1969; 28, 73

<sup>5</sup> FAO Fish. Tech. Pap., 336 (2): 207-243

**INFORME ANUAL DE LA COMISION  
INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, 1993**

**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, Costa Rica en 1979, y Canadá en 1984. Costa Rica se adhirió de nuevo al Convenio en 1989.

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 determinar los efectos de la pesca y los factores naturales sobre su abundancia, y (2) recomendar las medidas de conservación apropiadas para que los stocks de peces puedan mantenerse a niveles que permitan 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, y (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 minimizan esa mortalidad.

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 el laboratorio. 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 43° 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, adoptado en la reunión intergubernamental celebrada en conjunto con la 50ª reunión de la CIAT en junio de 1992, estableció dos grupos de trabajo permanentes, el Panel Internacional de Revisión (PIR) y el Consejo Científico Asesor (CCA). (Se presenta el texto de dicho Acuerdo en el Anexo 2 del Informe Anual de la CIAT de 1992.) En la sección siguiente se resumen las actas de las reuniones de la CIAT y de estos dos grupos, pero no las intergubernamentales.

#### 51ª REUNION DE LA CIAT

La Comisión celebró su 51ª reunión en Port Vila (Vanuatu) del 8 al 10 de junio de 1993, bajo la presidencia del Sr. Richard Carpenter. Asistieron representantes de siete gobiernos miembros, así como observadores de Colombia, España, la República de China, México, la Federación Rusa, las Islas Seychelles, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Forum Fisheries Agency, la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, la Comisión del Pacífico Sur, la Association Robin de Bois, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza, Greenpeace International, y la Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio.

Se aprobó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Aprobación de la agenda
3. Examen de la investigación atunera actual
4. El año pesquero 1992
5. Condición de los stocks de atunes
6. Examen de las investigaciones atún-delfín y programas de extensión
7. Examen del Programa Internacional para la Conservación de Delfines
8. Recomendaciones para 1993
9. Programa de investigación y presupuesto recomendado para el AF 1994-1995
10. Fecha y sede de la próxima reunión
11. Nombramiento de funcionarios
12. Otros asuntos
13. Clausura

A solicitud de uno de los Comisionados, después de completar los puntos 1 a 7, se discutió el punto 9, y se tomó la acción siguiente:

(1) La Comisión aprobó un presupuesto recomendado de US\$ 4,865,250 para el año financiero de 1994-1995.

La reunión de la Comisión fue suspendida el 9 de junio de 1993, y se convocó una reunión intergubernamental, con la asistencia, como participantes u observadores, de todos los representantes nacionales presentes en la reunión de la Comisión. En esta reunión se adoptaron dos resoluciones y una declaración (Anexo 2). (La declaración no fue apoyada por la delegación de los EE.UU.)

Después de clausurar la reunión intergubernamental el 10 de junio, se reanudó la reunión de la Comisión, y se tomaron las acciones siguientes:

(2) Se aprobó una resolución con respecto a la divulgación de datos colectados por observadores a bordo de barcos atuneros a los gobiernos interesados. El texto de esta resolución reza como sigue:

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical*, en su 51ª Reunión, celebrada en Port Vila, Vanuatu, el 8-10 de junio de 1993:

*Reconociendo que* datos tomados por observadores de programas nacionales e internacionales sobre las actividades de barcos pesqueros cerqueros individuales de capacidad de acarreo superior a las 400 toneladas cortas faenando en el Océano Pacífico oriental deben estar disponibles a los gobiernos y a los programas nacionales e internacionales a fin de lograr los objetivos del Programa Internacional para la Conservación de Delfines, y

*Notando que* dichos datos no pueden ser divulgados sin la autorización escrita del armador y capitán del barco en cuestión,

*Recomienda por lo tanto* que no se asigne un observador a un barco del tipo arriba detallado sin primero obtener una autorización firmada por el armador y capitán del barco.

(3) El personal de la CIAT recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 250,000 toneladas cortas en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA) durante 1993, con la opción de aumentar este límite por un máximo de cuatro incrementos de 25,000 toneladas cada uno debido a incertidumbre sobre la composición por talla del pescado en la captura durante el resto del año. En el Documento 2 preparado para la reunión, disponible de la CIAT a petición, se presentan las razones por esta recomendación. La Comisión adoptó la siguiente resolución con respecto a un programa de conservación de aleta amarilla para 1993:

*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 1992, 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 1993.

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda por lo tanto a las Altas Partes Contratantes que se establezca para el año civil 1993 una cuota de 250,000 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*

cuatro incrementos de 25,000 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 1993.

(4) La Comisión acordó que se celebraría su próxima reunión en Caracas, Venezuela, del 7 al 9 de junio de 1993.

(5) La Comisión eligió al Dr. Francisco Herrera Terán de Venezuela y al Sr. Juan Varela de Panamá Presidente y Secretario, respectivamente, de la próxima reunión de la CIAT.

### **52ª REUNION DE LA CIAT**

La CIAT celebró su 52ª reunión en La Jolla, California, el 26 y 27 de octubre de 1993, bajo la presidencia del Dr. Francisco Herrera Terán de Venezuela. Asistieron representantes de seis gobiernos miembros, así como observadores de Colombia, España, México, la Comunidad Europea, la Fishermen's Coalition, y la Fundación para la Defensa de la Naturaleza.

Se adoptó la agenda siguiente:

1. Apertura de la reunión
2. Adopción de la agenda
3. Repaso del año pesquero 1993 hasta la fecha
4. Repaso del Programa Internacional de Conservación de Delfines hasta la fecha
5. Otros asuntos
6. Clausura

El objetivo principal de la reunión fue proporcionar la información más actual sobre el Programa Internacional de Conservación de Delfines a los representantes de los países miembros y observadores a fin de permitirles llegar a una decisión razonable acerca de la reducción del Límite de Mortalidad de Delfines general para 1994 en la reunión intergubernamental que seguiría.

La reunión de la CIAT fue suspendida el 26 de octubre, y se convocó una reunión intergubernamental, a la que asistieron todos los representantes nacionales presentes en la reunión de la CIAT, como participantes u observadores. En esta reunión fueron aprobadas tres resoluciones (Anexo 3). (La delegación de los Estados Unidos se abstuvo del voto sobre la segunda resolución.)

Tras la clausura de la reunión intergubernamental el 27 de octubre, se reanudó la reunión de la CIAT. Se discutieron varios asuntos misceláneos, y se clausuró la reunión ese mismo día.

### **SEGUNDA REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION**

La segunda reunión del Panel Internacional de Revisión (PIR) tuvo lugar del 27 al 29 de enero de 1993 en La Jolla, California (EE.UU.). Asistieron representantes de Colombia, los Estados Unidos, México, Vanuatu, Venezuela, el American Tunaboat Association, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA), y Greenpeace International. El Sr. Hector López Rojas de FUDENA sirvió como Coordinador de la reunión.

La agenda fue la siguiente:

1. Apertura
2. Elección del Coordinador
3. Aprobación de la agenda

4. Aprobación de las actas de la reunión de octubre
5. Límites de Mortalidad de Delfines
  - a) Revisión de las asignaciones para 1993
  - b) Ajustes a los LMD de 1993
  - c) Criterios uniformes para evaluar si se utilizarán los LMD
  - d) Disposición de los LMD cuando los barcos cambien de estado
6. Infracciones y sanciones
  - i) Distribución de las recomendaciones sobre las infracciones y sanciones a los gobiernos
  - ii) Informe del grupo de trabajo sobre las sanciones internacionales
7. Medios para monitorear el cumplimiento del Programa de Conservación de Delfines
  - a) Manejo de datos de los observadores
  - b) Informes a los gobiernos
  - c) Asuntos de confidencialidad
8. Reglas de procedimiento
9. Fecha y sede de la próxima reunión
10. Otros asuntos
11. Clausura

El PIR acordó que se publicarían las actas resumidas de cada reunión pero no los detalles de lo ocurrido, y que no se incluiría información confidencial en las actas.

Se discutieron detenidamente los Límites de Mortalidad de Delfines (LMD). (Cada barco que anuncie a su gobierno su intención de pescar atunes asociados con delfines en el Océano Pacífico oriental puede ser asignado un LMD, que se calcula dividiendo el límite general para todos los barcos en el año en cuestión por el número de barcos asignados un LMD. El límite general para 1993, estipulado en el Acuerdo para la Conservación de Delfines, era 19,500 animales.) Entre los temas discutidos figuraron la confidencialidad de la información sobre los LMD de barcos individuales, los ajustes de los LMD (Punto 3 del Acuerdo para la Conservación de Delfines), un sistema de fianzas para barcos que soliciten un LMD (para evitar solicitudes frívolas), los criterios a satisfacer para ser asignado un LMD, la limitación del ingreso a la pesquería, cómo asignar los LMD no utilizados, y los procedimientos a seguir si un barco con LMD cambiara de bandera en una ocasión que no fuera el fin del año. El PIR acordó que un barco que hiciera así podría llevar su LMD consigo, para así evitar que los dos países interesados tuvieran que reasignar los LMD de sus flotas respectivas. Se acordó que un grupo de expertos se reuniría antes de la próxima reunión del PIR para considerar distintos criterios para la asignación de los LMD y que remitiría sus conclusiones al PIR.

El próximo tema importante considerado fue la cuestión de infracciones de las normas recomendadas para minimizar las mortalidades de delfines durante las faenas de pesca y sanciones por estas infracciones. Se comentó una lista de infracciones y sanciones preparada durante la primera reunión del PIR, celebrada el 15 y 16 de octubre de 1992, y se acordó que se distribuiría la lista a todos los gobiernos partes del Acuerdo. Antes de la segunda reunión del PIR se había reunido un grupo de trabajo de expertos en derecho y economía para discutir opciones para asegurar el cumplimiento del Programa Internacional de Conservación de Delfines por las naciones afectadas, tanto las partes del Acuerdo como las demás. Fue presentado al PIR un informe preparado por dicho grupo de trabajo. El PIR preparó una "Recomendación del Panel de Revisión con respecto al Informe del Grupo de Expertos," y se acordó remitir, a través de la Secretaría, esta recomendación y el informe del grupo de trabajo a los gobiernos partes del Acuerdo para su consideración.

El tercer tema importante contemplado fue cómo controlar el cumplimiento del Programa Internacional de Conservación de Delfines. Se acordó que los datos reunidos por observadores sobre viajes de barcos individuales serían confidenciales, pero no se llegó a un acuerdo sobre la confidencialidad de los datos combinados de todos los viajes de los barcos de países individuales.

Se acordó que la próxima reunión del PIR tendría lugar del 31 de mayo al 2 de junio de 1993 en La Jolla, California, EE.UU.

### **TERCERA REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION**

Del 31 de mayo al 2 de junio de 1993 se celebró en La Jolla, California, la tercera reunión del Panel Internacional de Revisión (PIR). Asistieron representantes de los gobiernos de Colombia, los Estados Unidos, México, y Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza, y Greenpeace International. Se eligió al Dr. Francisco Herrera Terán Coordinador de la reunión.

La agenda fue la siguiente:

1. Apertura
2. Elección del Dirigente
3. Aprobación de la agenda
4. Aprobación de las Actas de la Reunión de enero de 1993
5. Límites de Mortalidad de Delfines
  - a) Revisión de las asignaciones de 1993
  - b) Distribución de asignaciones para el segundo semestre de 1993
  - c) Progreso realizado hasta la fecha
  - d) Criterios fijados para la asignación de los LMD
    - i) Informe del Grupo de Trabajo
    - ii) Recomendaciones del Panel
6. Revisión del Programa para la Conservación de Delfines
  - a) Análisis de los resúmenes de informes de viajes observados
  - b) Informe a los gobiernos
7. Infracciones y Sanciones
  - a) Estado actual y futuro de las infracciones distribuidas a los gobiernos
  - b) Estado actual y futuro del Informe del PIR sobre las sanciones internacionales y recomendaciones
8. Fecha y sede de la próxima reunión
9. Otros asuntos
10. Clausura

Se anunció que ocho barcos que no tuvieron límites de mortalidad de delfines (LMD) durante la primera mitad de 1993 habían sido otorgados LMD de 91 animales cada uno para la segunda mitad de 1993.

Miembros del personal de la CIAT presentaron datos preliminares indicando que las mortalidades de delfines causadas por la pesquería durante los primeros cinco meses de 1993 habían sido considerablemente más bajas de lo anticipado. Greenpeace International sugirió que se podría reducir los límites anuales totales de mortalidades de delfines, empezando con aquel de 1994. Se preparó un informe como punto de partida para una discusión de este asunto en la reunión de la CIAT del 8 al 10 de junio de 1993.

Se notó que muchos barcos que habían sido otorgados un LMD no los habían usado hasta la fecha en 1993, lo cual incitó una discusión de los criterios para otorgar los LMD. Se acordó que

se necesitaba revisar o clarificar estos criterios, y un grupo de trabajo preparó una lista revisada de criterios que fue aprobada por los asistentes.

Se discutieron infracciones de las reglas sobre el equipo y las prácticas de pesca. Se notó que una lista de infracciones y posibles sanciones había sido distribuido a los gobiernos, pero que no todas las naciones con barcos participando en la pesquería habían aprobado leyes referentes a sanciones para infracciones. Se preparó un borrador de protocolo sobre la ejecución del Acuerdo para la Conservación de Delfines, aprobado en la reunión intergubernamental celebrada en conjunto con la 50ª reunión de la CIAT, y se acordó que se discutiría este borrador en mayor detalle en la próxima reunión del PIR en octubre de 1993.

#### **CUARTA REUNION DEL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION**

La cuarta reunión del Panel Internacional de Revisión (PIR) tuvo lugar en La Jolla, California, EE.UU., del 28 al 29 de octubre de 1993. El Dr. Francisco Herrera Terán de Venezuela presidió la reunión, a la que asistieron representantes de Colombia, los Estados Unidos de América, México, Panamá, Vanuatu, Venezuela, la Cámara Nacional de la Industria Pesquera de México, la Fundación para la Defensa de la Naturaleza de Venezuela, y la U.S. Tuna Foundation.

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 reunión de junio de 1993
5. Límites de mortalidad de delfines
6. Repaso del cumplimiento del Programa Internacional de Conservación de Delfines
7. Infracciones y sanciones
8. Posible expansión del PIR y sus Reglas de Procedimiento
9. Etiquetado
10. Sede y fecha de la próxima reunión
11. Otros asuntos
12. Clausura

La mayor parte de la reunión fue dedicada a la discusión de los múltiples problemas asociados con la imposición de sanciones sobre barcos que no cumplieran con el Programa Internacional de Conservación de Delfines. (Cabe destacar que el número de infracciones fue muy inferior a lo esperado, y que la mayoría de ellas no fueron graves.) Entre los demás temas comentados figuraron la modificación de las Reglas de Procedimiento del PIR para permitir la participación de representantes de todos los gobiernos con barcos participantes en la pesquería. (Las Reglas de Procedimiento actuales limitan el número de gobiernos representados en el PIR a cinco.)

Se acordó que la próxima reunión del PIR tendría lugar en Ensenada, Baja California, México, del 26 al 28 de enero de 1994.

#### **PRIMERA REUNION DEL CONSEJO CIENTIFICO ASESOR**

El 14 y 15 de abril de 1993 se celebró en San Diego, California (EE.UU.), la primera reunión del Consejo Científico Asesor (CCA). Las funciones del Consejo son repasar propuestas, planes, y programas de la CIAT dirigidos hacia (1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en la pesquería atunera del Océano Pacífico oriental (OPO) a niveles cercanos a cero y (2) buscar medios de capturar atunes aletas amarillas grandes no asociados con delfines y al mismo

tiempo mantener la población de atunes aleta amarilla en el OPO a un nivel que permitirá las capturas máximas sostenibles de la especie. Treinta y nueve personas asistieron a toda la reunión o partes de la misma. Los participantes incluyeron pescadores y biólogos de México y los Estados Unidos, expertos en equipo pesquero de Israel, Noruega, y los Estados Unidos, y miembros del personal de la CIAT. Se discutieron los asuntos siguientes en la reunión: un repaso de la pesquería actual; comportamiento de atunes y delfines; cambios propuestos a redes de cerco y equipo auxiliar usado en conjunto con éstas; sistemas para detectar la presencia de peces; y métodos alternativos que no involucren el uso de redes de cerco. Se acordó que antes de la próxima reunión unas 8 a 10 personas, representando una amplia gama de conocimientos técnicos, serían nombradas al Consejo.

## ADMINISTRACION

### PRESUPUESTO

En su 49ª reunión, celebrada del 18 al 20 de junio de 1991 en Tokio (Japón), la Comisión aprobó unánimemente el presupuesto de \$US 4,423,824 presentado por el Director para el año fiscal 1992-1993. Sin embargo, la cantidad aportada por los países miembros en dicho año fue \$US 3,016,731, o \$US 1,407,093 menos que la suma recomendada y aprobada. A consecuencia de esto, se tuvieron que limitar algunos proyectos programados.

### INFORME FINANCIERO

El estado de cuentas de la Comisión para el año fiscal 1992-1993 fue comprobado por Peat, Marwick, Mitchell and Co. En el Anexo 4 del presente informe se presentan las tablas compendadas del informe de los mismos.

## COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES

Durante 1993 el equipo de investigadores de la CIAT continuó desarrollando vínculos estrechos con organizaciones e instituciones investigativas universitarias, gubernamentales, y privadas a nivel local, nacional, e internacional. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al corriente de los avances y el desarrollo actual en la investigación pesquera y oceanográfica a nivel mundial. A continuación se describen algunos aspectos de dichas 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 supervisó las investigaciones de algunos estudiantes en esa institución durante 1993. El Sr. Michael G. Hinton y la Srta. Cleridy E. Lennert cursaron estudios de postgraduado en el SIO en 1993.

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, Baja California, México. Los Dres. Deriso, Pablo R. Arenas, y Robert J. Olson sirvieron en comités supervisores de las investigaciones de estudiantes de postgraduado en varias universidades durante 1993.

Durante muchos años se han mantenido relaciones cordiales y productivas con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA), la Comisión del Pacífico Sur (SPC), y otros organismos internacionales. Por ejemplo, durante 1993 los Dres. Richard B. Deriso, William H. Bayliff, y Alexander Wild sirvieron como miembros de la Asesoría Experta de la FAO sobre las Interacciones de las Pesquerías de Atún en el Océano Pacífico, patrocinada por la FAO. El Dr. Deriso actuó como Presidente del grupo de trabajo sobre el aleta amarilla del Pacífico oriental y Co-presidente del grupo de trabajo sobre el barrilete, y el Dr. Bayliff como Presidente del grupo de trabajo sobre el aleta azul del norte. Para promover los objetivos del programa, la FAO está subvencionando dos estudios de simulación en computadora que serán realizados por el personal de la CIAT y la publicación del Informe Especial de la CIAT sobre el mercado de atunes y delfines detallado en el Anexo 5. El Dr. Ashley J. Mullen fue concedido 2 meses y medio de excedencia, a partir de mediados de noviembre de 1993, para llevar a cabo un proyecto para la FAO. Pasó la mayoría del período en Indonesia y las Filipinas, donde reunió datos sobre las pesquerías atuneras de esos países a fin de permitir evaluar la factibilidad de estudiar interacciones entre las distintas pesquerías atuneras. El Dr. James Joseph y el Sr. Michael G. Hinton participaron en una consulta *ad hoc* sobre el papel de agencias pesqueras regionales con respecto a las estadísticas de pesquerías de altura, convocada por la FAO, en La Jolla, California, EE.UU., del 13 al 16 de diciembre de 1993. El Dr. Joseph sirvió de Presidente de la reunión. Miembros del personal de la CIAT, del Southwest Fisheries Science Center (SWFSC) del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos, el Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines de México, la Universidad de Hawaii, y la Universidad de Costa Rica realizaron experimentos en los cuales se liberaron simultáneamente delfines con transmisores radiofónicos y atunes aleta amarilla con marcas sónicas. Se describen estos experimentos en la sección del presente informe titulada **Rastreo de delfines y atunes**. El Dr. Pablo Arenas asistió en la coordinación de un programa de investigación en el cual tomaron parte el NMFS, el California Department of Fish and Game, y varias agencias de investigación y administración en México. El objetivo del programa es determinar el tamaño de la población y la condición reproductora de la sardina de California, que habita aguas frente a Alta y Baja California.

Asimismo durante 1993, 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. Por ejemplo, el Dr. James Joseph es 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 es miembro del Comité Científico y Estadístico del Consejo de Administración de Pesquerías del Pacífico Occidental de los Estados Unidos y del Comité de Revisión del California Sea Grant. Miembros del personal del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional en La Paz, B.C.S. (México), del SWFSC, y de la CIAT están realizando actualmente un estudio conjunto de las interacciones tróficas del atún aleta amarilla, los delfines, y predadores asociados en el Océano Pacífico oriental. En la sección del presente informe titulada **Interacciones tróficas de atunes, delfines, y predadores asociados** se describe ese trabajo.

Desde 1977 los investigadores de la CIAT capacitan observadores para la toma de datos a bordo de barcos atuneros sobre la abundancia, la mortalidad, y otros aspectos de la biología de los delfines. Además, estos observadores toman muestras de gónadas 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, *etc.* 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 los Estados Unidos son proporcionados al personal de la CIAT para análisis.

Hacia fines 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. El proyecto abarca la investigación de: (1) la viabilidad de criar atunes aleta amarilla adultos para suministrar larvas; (2) la producción de organismos de alimento para atunes larvales y juveniles; y (3) la cría de pargos (*Lutjanidae*) y corvinas y especies afines (*Sciaenidae*) reproductores y la producción de organismos de alimento para sus larvas y juveniles.

A través de los años, científicos y estudiantes de muchos países han visitado la oficina principal y el Laboratorio de Achotines de la CIAT, permaneciendo durante varias semanas o meses, aprendiendo nuevos métodos de investigación o utilizando las instalaciones y los datos de la CIAT para sus estudios. En la sección titulada **CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA** se enumeran aquellos cuyas visitas duraron más de 2 semanas. Asimismo, científicos de la CIAT que viajan a otros países por razones profesionales con frecuencia ayudan a los científicos de aquellos países con sus investigaciones relacionadas a la pesca del atún, y de vez en cuando viajan al extranjero con el propósito específico de prestar ayuda en tales programas investigativos.

El laboratorio de investigación de la CIAT en la República de Panamá, descrito en la sección titulada **OFICINAS REGIONALES**, permite una colaboración más estrecha entre los investigadores de la CIAT y el personal de las agencias pesqueras panameñas. Los científicos de la Comisión en el Laboratorio de Achotines han ayudado a científicos locales con proyectos de investigación fuera del campo de los túnidos, sobre los pargos, por ejemplo. Se han logrado importantes avances en este tema, que se analizan en la sección titulada *Estudios del recurso de pargo*.

### CIENTIFICOS Y ESTUDIANTES EN VISITA

El Sr. Felipe Galván Magaña, del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., México, pasó todo 1993 en las oficinas de la CIAT en La Jolla, California, donde trabajó con el Dr. Robert J. Olson de la CIAT sobre las relaciones tróficas de predadores pelágicos en el Océano Pacífico oriental.

La Dra. Kathryn Dickson, catedrática de la California State University en Fullerton y especialista en la fisiología de los peces, y tres estudiantes, Andrew Clark, Michael Hansen, y Gary Hunt, pasaron unas tres semanas en el Laboratorio de Achotines durante enero de 1993, probando un túnel de natación con respirómetro nuevamente construido para usar con atunes jóvenes. La Dra. Dickson está preparando un proyecto de investigación que será llevado a cabo en el Laboratorio de Achotines para medir la tasa metabólica de atunes juveniles nadando a velocidades de hasta la máxima aeróbica, o velocidad crítica, la máxima que un pez puede mantener durante un período de tiempo determinado.

El Dr. Bernard Stequert, del Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) pasó el período del 15 de febrero al 16 de abril de 1993 en La Jolla, donde trabajó con el Dr. Alexander Wild en técnicas usadas para preparar y analizar otolitos para la determinación de la edad de aletas amarillas y con el Sr. Kurt M. Schaefer en métodos para estudiar la biología reproductora de los atunes.

El Sr. Robert W. Thacker, estudiante graduado en la Universidad de Michigan, pasó el período entre el 3 de febrero y el 16 de marzo de 1993 en el Laboratorio de Achotines, donde estudió el comportamiento de cangrejos ermitaños terrestres, *Coenobita compressus*.

Dos estudiantes de posgraduado de la Universidad Nacional Autónoma de México, las Srtas. Sofía Ortega García e Ivonne Ortiz, pasaron una temporada en La Jolla con el Dr. Pablo R. Arenas de la CIAT, quien participó en la supervisión de sus investigaciones.

Dos miembros del personal de la CIAT, el Dr. Daniel Margulies y el Sr. Kevin T. Bentler, visitaron la Estación Yaeyama de la Japan Sea Farming Association (JASFA) en la Isla Ishigaki en 1993, donde participaron con científicos de la JASFA en estudios de el cultivo y desarrollo de huevos y larvas de atunes aleta amarilla y aleta azul y el cultivo de organismos alimenticios para peces larvales.

### OFICINAS REGIONALES

La CIAT mantiene oficinas regionales en Manta (Ecuador); Mayaguez, Puerto Rico, (EE.UU.); Ensenada, Baja California, y Mazatlán, Sinaloa (México); Panamá (República de Panamá); y Cumaná (Venezuela). Los científicos y técnicos allí radicados obtienen estadísticas de los desembarcos, recopilan las bitácoras de los barcos atuneros para obtener datos de captura y esfuerzo, toman medidas y demás datos biológicos de los peces, y colaboran en la capacitación y embarque de los observadores que acompañan a los barcos que participan en el Programa Atún-Delfín de la CIAT. Este trabajo no sólo se lleva a cabo en los puertos arriba nombrados, sino que también se efectúa en otros puertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá, Perú, Puerto Rico, y Venezuela, visitados 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 se emplea principalmente para estudios de las primeras etapas del ciclo vital de los atunes. Estos estudios son muy importantes, ya que información sobre el ciclo vital de los atunes antes de su reclutamiento a la pesquería servirá para eliminar, en gran medida, la incertidumbre en las evaluaciones de la condición de los diversos stocks de túnidos. La CIAT piensa ampliar las instalaciones del laboratorio para poder acomodar el proyecto conjunto, arriba descrito, de la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) del Japón, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT. Una vez completadas las obras, se dispondrá de más espacio para investigadores de otras agencias, tales como la Dirección General de Recursos Marinos de Panamá y la Universidad de Panamá.

### 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 dicha labor. A fines de 1993 el personal de la CIAT había publicado 137 Boletines, 42 Informes anuales, 8 Informes Especiales, 6 libros, y 407 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 1993.

## LA PESQUERIA

### ESTADISTICAS DE CAPTURAS Y DESEMBARCOS

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

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

En la Tabla 1 se presentan estimaciones anuales de la captura de las distintas especies de atunes y otros peces desembarcados por la flota del OPO que pesca atunes con artes de superficie (ver sección siguiente). En las Tablas 29, 31, y 35 se detallan las capturas subsuperficiales (con palangre) en el OPO de atunes aleta amarilla (*Thunnus albacares*), aleta azul (*T. thynnus*), y patudo (*T. obesus*), respectivamente. Los datos de captura de aleta amarilla en el Área Regulatoria de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA) y de barrilete (*Katsuwonus pelamis*) en el OPO son casi completos, salvo las cantidades mínimas capturadas por las pesquerías palangrera, deportiva, y artesanal. Los datos de captura del Océano Pacífico occidental y el Océano Atlántico señalados en la Tabla 1 no son estimaciones de la captura total en dichas zonas puesto que no incluyen datos de embarcaciones que no pescaron en el OPO durante el año en cuestión.

No se impusieron restricciones sobre la pesca de atunes en el OPO entre 1979 y 1992, y por lo tanto se comparan las estadísticas de 1993 con aquellas de 1979-1992. Durante este período ocurrió un importante evento de El Niño, que comenzó a mediados de 1982 y persistió hasta fines de 1983. Las tasas de captura en el OPO fueron bajas durante este Niño, lo cual causó un traslado del esfuerzo de pesca del Pacífico oriental al occidental, y el esfuerzo permaneció relativamente bajo durante 1984-1986.

La captura media de aleta amarilla en el ARCAA en el período de 1979-1992 fue 207.6 mil toneladas (rango: 91.4 a 294.7). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1993 es de 229.2 mil toneladas. Durante 1979-1992 la captura media de aleta amarilla en el área entre el límite del ARCAA y 150°W fue 27.5 mil toneladas (rango: 13.5 a 51.9). La estimación preliminar de la captura de aleta amarilla en este área en 1993 es de 20.0 mil toneladas. La captura estimada de aleta amarilla en el OPO en 1993, 249.2 mil toneladas, es bien inferior al valor anual máximo registrado en 1989 (319.2 mil toneladas), aunque sí supera ligeramente el promedio de 1979-1992 de 235.1 mil toneladas.

En la Figura 2 se ilustra la distribución media anual de las capturas de aleta amarilla registradas en el OPO en 1979-1992, y en la Figura 3 una estimación preliminar para 1993. Las áreas de mayor captura varían de acuerdo con cambios en las condiciones de pesca durante el año. La captura de aleta amarilla en el primer trimestre de 1993 fue generalmente limitada a regiones dentro del ARCAA, la mayoría de ellas cerca de la costa y a lo largo de la Zona de Convergencia Intertropical. La pesca fue buena también en alta mar desde 10°S hasta 18°S entre 80°W y 90°W. Durante el segundo trimestre continuaron estas capturas costeras, con áreas de capturas elevadas entre 10°N y 23°N. El área de capturas elevadas evidente en el sur del Mar de Cortez durante el primer trimestre se extendió al norte durante el segundo trimestre, cuando también aumentaron las capturas de altamar entre 5°N y 15°N desde 120°W hasta 140°W. Las capturas en el tercer trimestre se centraron en tres regiones: (1) frente a Baja California entre 22°N y 27°N y en la parte sur del Mar de Cortez, (2) frente al Ecuador y el norte del Perú y mar adentro hasta

la región de las Islas Galápagos, y (3) en altamar entre 8°N y 14°N desde 120°W hasta 130°W. Durante el cuarto trimestre la pesca continuó en la mayor parte del OPO, con áreas de capturas elevadas entre 3°S y 7°S desde 80°W hasta 85°W, y desde 100°W hasta 115°W. La pesca siguió buena cerca de la punta de Baja California, pero las capturas disminuyeron en la parte norte del Mar de Cortez.

Entre 1979 y 1992 la captura media de barrilete en el OPO fue 92.5 mil toneladas (rango: 54.5 a 145.5). La estimación preliminar de la captura de barrilete en el OPO en 1993, 92.1 mil toneladas, es cercana al promedio.

En la Figura 4 se ilustra la distribución media anual de las capturas cerqueras de barrilete en el OPO en 1979-1992, y en la Figura 5 una estimación preliminar para 1993. Las capturas de barrilete en 1993 estuvieron distribuidas por toda la región entre 18°S y el Golfo de Panamá y entre 80°W y 90°W. En la parte norteña de este área las capturas fueron elevadas en la zona costera, mientras que en la parte sur las aguas más frías frente al Perú mantuvieron las capturas más alejadas de la costa. Se lograron capturas buenas de barrilete también entre la línea ecuatorial y 5°N desde 90°W hasta 110°W y frente a Baja California.

El aleta amarilla y barrilete forman la mayor parte de la captura total del OPO, pero el aleta azul, patudo, albacora (*Thunnus alalunga*), barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), bonito (*Sarda orientalis*), y otras especies contribuyen también. La captura total de estas otras especies en el OPO fue de unas 9.5 mil toneladas en 1993, comparado con el promedio de 1979-1992 de 16.9 mil toneladas (rango: 8.2 a 32.7). La captura estimada de todas especies en el OPO en 1993 fue de unas 350.8 mil toneladas.

Los barcos atuneros que pescan en el OPO pescan de vez en cuando en otras zonas en el mismo año. En 1993, varios barcos que formaban parte de la flota del OPO pescaron también en el Pacífico occidental y/o en el Atlántico y Caribe. En 1979-1992 la captura mediana lograda por estos barcos en el Pacífico occidental fue unas 6.4 mil toneladas (rango: 0.1 a 83.6), y en el Atlántico y Caribe unas 8.4 mil toneladas (rango 0.5 a 17.3). Las capturas máximas realizadas en otras áreas por barcos de la flota atunera del OPO fueron logradas en 1983, año en el cual se registró la captura más baja en el OPO (180.4 mil toneladas) desde 1960 (173.6 mil toneladas). Las estimaciones preliminares indican que las capturas totales de 1993 en esas zonas por barcos de la flota atunera del OPO se cifraron en unas 0.2 mil toneladas en el Pacífico occidental y 7.8 mil toneladas en el Atlántico y Caribe.

En la Tablas 2 y 3 se detallan las capturas en el OPO, clasificadas por bandera, y las descargas de pescado capturado en el OPO, clasificadas por país, correspondientes a 1992 y a estimaciones preliminares para 1993. Las descargas representan pescado descargado en el año civil, sin tener en cuenta el año en que fue capturado. El país de descarga es aquel en el cual se descargó el pescado del barco, o en el caso de trasbordos, el país que recibió el pescado trasbordado para procesamiento y/o consumo. En 1993, el 92% de las 229.2 mil toneladas de aleta amarilla capturadas en el OPO provinieron del ARCAA. Barcos mexicanos, venezolanos, y vanuatenses fueron responsables del 37%, 16%, y 13%, respectivamente, de la captura total del OPO.

Datos preliminares de descarga señalan que de las 357.5 mil toneladas descargadas en 1993, 103.8 mil (29%) fueron descargadas en México; le siguen Ecuador (98.9 mil toneladas; 28%) y Venezuela (49.7 mil toneladas; 14%). Otros países con descargas significativas de atunes capturados en el OPO incluyeron Colombia, Costa Rica, y los Estados Unidos, cada uno con un 9% de la descarga total. Cabe destacar que cuando se disponga de información final, es posible que se asignen algunas descargas a países diferentes, debido a la exportación de pescado almacenado a plantas procesadores en otros países.

Bajo las estipulaciones del Convenio que estableció la CIAT, el objetivo principal de las investigaciones del personal de la Comisión es vigilar la condición de los stocks de atunes y otras especies capturadas por la pesca atunera del OPO. Tomando en cuenta los 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 6 y 7 se presentan las estadísticas de las capturas mundiales de atunes y especies afines en 1992, el año más reciente para el cual se dispone de datos. En la Tabla 4 y la Figura 8 se presentan las estadísticas de las capturas de las principales especies comerciales de atunes en 1975-1992, por océano. Se obtuvieron la mayoría de estas estadísticas de registros anuales de estadísticas pesqueras publicadas por la Organización para el Alimento y la Agricultura de las Naciones Unidas.

### LA FLOTA ATUNERA DEL PACIFICO ORIENTAL

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

Se usan las estimaciones de capacidad del armador o astillero del barco a menos de que los registros de descarga indiquen que sea apropiado revisarlas. Para los registros se dividen los barcos por capacidad de acarreo en las siguientes clases: Clase 1, menos de 51 toneladas cortas; Clase 2, 51-100 toneladas; Clase 3, 101-200 toneladas; Clase 4, 201-300 toneladas; Clase 5, 301-400 toneladas; y Clase 6, más de 400 toneladas. (No se deben confundir estas clases con los ocho grupos de tamaño usados para calcular la captura por tonelada de capacidad de acarreo en la sección titulada *Captura por tonelada de capacidad de acarreo*.) Con la excepción de los palangreros y las embarcaciones pequeñas misceláneas detalladas en el párrafo anterior, se incluyen todos los barcos que pescaron en el OPO durante el año en las estimaciones anuales del tamaño de la flota de superficie.

Hasta aproximadamente 1960 predominaron en la pesca de atunes en el OPO los barcos de carnada, que operaban en las zonas costeras y cerca de islas de altamar. Hacia fines de los años 50 y a principios de los 60, la mayoría de los barcos de carnada grandes fueron convertidos a la pesca con red de cerco, y en 1961 barcos de este tipo formaban la mayor parte de la flota de superficie del OPO. Entre 1961 y 1993 el número de barcos de carnada se redujo de unos 95 a unos 15, y la capacidad disminuyó de unas 10.5 mil a unas 1.5 mil toneladas. En el mismo período el número de cerqueros aumentó de unos 125 a unos 150, y la capacidad de unas 30 mil a unas 110 mil toneladas. Tanto el número como la capacidad alcanzaron un máximo durante 1978-1981, cuando el número de barcos osciló entre 248 y 268, y la capacidad entre 181 y 185 mil toneladas (Tabla 5).

La construcción de nuevos cerqueros de mayor tamaño, que comenzó a mediados de los años 60, resultó en un aumento en la capacidad de la flota de 46.3 mil toneladas en 1966 a 184.6 mil toneladas en 1976. Entre 1977 y 1981 la capacidad permaneció bastante estable, aumentando en unas 2.9 mil toneladas solamente. Se prosiguió la construcción de barcos nuevos durante este período, pero la capacidad adicional se vió compensada por pérdidas ocasionadas por barcos que se hundieron o que abandonaron la pesquería. En 1982 ocurrió una reducción de 17.5 mil toneladas en la capacidad de la flota, debido al retiro de barcos o a su traslado a otras zonas de pesca, principalmente el Pacífico occidental. Esta tendencia continuó en 1983 a medida que dis-

minuyeron las tasas de captura en el OPO, principalmente a raíz de las condiciones oceánicas anómalas de 1982-1983. En 1983 la capacidad de la flota se redujo en 26.3 mil toneladas, y en 1984 en 26.8 mil toneladas más; en aquel año alcanzó el nivel más bajo desde 1971, unas 116.5 mil toneladas. No obstante, en 1985 aumentó a unas 132.2 mil toneladas, debido principalmente al regreso de barcos del Pacífico occidental, pero en 1986 volvió a reducirse ligeramente a unas 126.1 mil toneladas. Durante 1987 ingresaron varios barcos nuevos a la flota, y otros regresaron del Pacífico occidental al OPO a pescar, lo cual resultó en un aumento en la capacidad de la flota a unas 145.7 mil toneladas. Esta tendencia continuó en 1988, resultando en una capacidad de la flota de 151.5 mil toneladas, la mayor observada desde 1982. En 1989 la capacidad de la flota disminuyó a unas 136.6 mil toneladas; en 1990 permaneció cerca de ese nivel, en 137.6 mil toneladas, pero esta capacidad no estuvo presente en el OPO durante el año entero. En la primavera de 1990 la industria enlatadora de los Estados Unidos decidió no comprar más atún capturado en viajes de pesca en los cuales se realizaron lances sobre atunes asociados con delfines. Esto llevó a que muchas de las embarcaciones de bandera de los Estados Unidos que pescaban en el OPO abandonaran el área y se fueran a pescar en el Atlántico o el Pacífico occidental. Las enlatadoras estadounidenses mantuvieron esta política, llevando a reducciones mayores en el número de barcos de ese país que pescan en el OPO, y a una reducción consiguiente en la flota del OPO a 111.3 mil toneladas y 112.8 mil toneladas en 1992 y 1993, respectivamente.

En la Tabla 6 se presentan los datos finales de 1992 y preliminares de 1993 del número y capacidad de acarreo de barcos de arte de superficie de la flota atunera del OPO. Predominaron en ambos años barcos de bandera mexicana y venezolana, que formaron un 60% de la capacidad total de la flota. Desde 1987 la flota mexicana ha sido la más importante, con un 40 a 45% de la capacidad total en 1992 y 1993, seguida por la venezolana, con un 15 a 20%. En 1990 la flota de los Estados Unidos incluía 29 cerqueros grandes, pero tras la adopción de la política de pesca "sin delfines" de las enlatadoras estadounidenses, disminuyó a 13 barcos en 1991, y a 8 en 1992 y 1993. La política "sin delfines" no parece haber afectado significativamente el tamaño de las demás flotas nacionales faenando en el OPO, ni tampoco haber reducido el número de lances sobre atunes asociados con delfines ni las capturas de atunes logradas en los mismos (Tabla 30).

La mayoría de la capacidad total de la flota atunera del OPO consiste de embarcaciones cerqueras de más de 400 toneladas de capacidad de acarreo. En 1992 y 1993 un 90% de la capacidad total que pescó en el OPO consistió de barcos de este tipo.

En la Figura 9 se presentan los valores medios, mínimos, y máximos mensuales del tonelaje de capacidad en el mar (CEM) en el OPO durante 1979-1992, junto con aquellos de 1993. Los valores mensuales son los promedios de los valores de las estimaciones de la CEM publicadas en el informe semanal preparado por el personal de la CIAT. Se escogieron los valores de 1979-1992 para comparar con los de 1993 porque los años anteriores, en los cuales regían regulaciones, muestran distribuciones temporales del esfuerzo algo diferentes, a raíz de la restricción de la pesca del aleta amarilla en el ARCAA. En general, los valores de la CEM en 1993 son significativamente inferiores a los valores medios de 1979-1992, fenómeno atribuido a la reducción en el número y capacidad de barcos estadounidenses participando en la pesquería que resulta de la política de pesca "sin delfines" arriba comentada.

### REGLAMENTACION DE LA PESQUERIA

En años anteriores, los investigadores de la CIAT han recomendado cuotas de captura par el atún aleta amarilla en el Area de Reglamentación de la Comisión para el Aleta Amarilla (ARCAA, Figura 1), y éstas han sido aprobadas en las resoluciones de la Comisión y ejecutadas

por las naciones que participan en la pesquería. Entre 1966 y 1979 se aprobaron e instrumentaron cuotas anuales, pero se tardó tanto en llegar a un acuerdo sobre la cuota para 1979 que no tuvo efecto. En la 37ª reunión de la CIAT, celebrada en octubre de 1979, no se llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla para 1980. Posteriormente se acordó una cuota de 165 mil toneladas cortas, con una cláusula que autorizaba un aumento a discreción del Director de la CIAT; sin embargo, la cuota no entró en vigencia. En las próximas seis reuniones se recomendaron las cuotas siguientes: 160 mil toneladas en 1981 y 1982, 170 mil toneladas en 1983, 162 mil toneladas en 1984, 174 mil toneladas en 1985, y 175 mil toneladas en 1986, con incrementos facultativos a discreción del Director, con base en los resultados de los análisis de la condición del stock. Dichas cuotas fueron aprobadas pero no entraron en vigor. En la 44ª reunión, debido a circunstancias especiales que resultaron en una abundancia extraordinariamente elevada de aleta amarilla en el Pacífico oriental, no se recomendó una cuota para 1987, pero se destacó que una cuota de captura sería muy probablemente necesaria en el futuro. En la 45ª reunión, las dos reuniones siguientes, y la 49ª y 50ª reuniones se recomendaron cuotas de 190 mil toneladas para 1988, 220 mil toneladas para 1989, 200 mil toneladas para 1990, y 210 mil toneladas para 1991 y 1992, con la posibilidad de incrementos facultativos basados en los resultados de las investigaciones sobre la condición del stock. Se aprobaron estas cuotas, pero no se pusieron en vigor. En la 50ª reunión, celebrada en junio de 1993, se recomendó una cuota de 250 mil toneladas, con cuatro incrementos opcionales de 25 mil toneladas cada uno. De nuevo, se aprobó la cuota (ver resolución en las páginas 197-198), pero no entró en vigor.

## LA INVESTIGACION

### PROGRAMA ATUN-PICUDO

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

Los investigadores de la Comisión usan la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día estándar de pesca (CPDEP) como índices de abundancia aparente y también como una medida general del éxito de la pesca. Se obtienen los datos de los registros de bitácora de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental (OPO). Los datos que no satisfacen ciertos criterios de exactitud y composición por especies son eliminados antes de realizar los cálculos. Durante los años 50, cuando predominaban los barcos de carnada, se estandarizaban los datos de captura y de la CPDP de los barcos de carnada de las distintas clases de arqueo para calcular la CPDEP de barcos de carnada de la Clase 4 (con capacidad de 201-300 toneladas cortas de atún congelado). Posteriormente, cuando la mayor parte de las embarcaciones fueron adaptadas a la pesca con red de cerco, se estandarizaron los datos de captura y de CPDP de los barcos cerqueros para calcular la CPDEP de cerqueros de la Clase 3 (de 101 a 200 toneladas de capacidad). A medida que se fueron reemplazando los barcos pequeños con embarcaciones más grandes, se procedió a calcular la CPDEP de cerqueros de la Clase 6 (de más de 400 toneladas de capacidad) y finalmente la CPDP de cerqueros de la Clase 6, omitiendo datos correspondientes a barcos más pequeños. La CPDP y la CPDEP pueden verse afectadas por ciertos factores, tales como los cambios temporales y geográficos en la estrategia pesquera, la distribución del esfuerzo, y la vulnerabilidad de los peces a la captura. Se han estimado algunos de estos cambios y se han hecho los ajustes necesarios; con otros, por ejemplo aquellos provocados por condiciones ambientales, se supone que se compensan a la larga.

En el recuadro superior de la Figura 10 se presentan los datos combinados de la CPUE de aleta amarilla y barrilete durante el período de 1959-1993. Los datos del período de 1968-1993

son datos de CPDP de barcos cerqueros de la Clase 6; los del período de 1959-1967 son datos de CPDEP de barcos de carnada de la Clase 4, multiplicados por 2.82 para compensar por el hecho de que los cerqueros de la Clase 6 son aproximadamente 2.82 veces más eficaces que los barcos de carnada de la Clase 4. Se calculó este factor de ajuste de 2.82 a partir de datos de CPDP de aleta amarilla y barrilete combinados correspondientes a cerqueros de la Clase 6 y barcos de carnada de la Clase 4 que pescaron en los mismos estratos de área-tiempo entre 1965 y 1974, período en el cual había una cantidad suficiente de ambos tipos de barcos en la pesquería. Puesto que los datos del período de 1968-1993 son datos de CPDP de barcos de la Clase 6 y aquellos de 1959-1967 fueron ajustados al equivalente de esa CPDP, de ahora en adelante se denominarán datos de CPDP.

Para estimar el esfuerzo total en días cerqueros de embarcaciones de la Clase 6, se dividieron las capturas totales en cada año de aleta amarilla y barrilete combinados al este de 150°W por la CPDP de ambas especies en viajes no regulados. A continuación se dividieron las capturas totales de aleta amarilla y de barrilete por estas estimaciones del esfuerzo total para obtener la CPDP de cada especie por separado, señaladas en el recuadro central e inferior de la Figura 10.

### ***Aleta amarilla***

El valor preliminar de la CPDP en 1993, 14.1 toneladas/día, es típico de aquellos de 1985-1992 (rango de 12.7 a 16.3 toneladas/día). Durante el período de 1959-1972 la CPDP osciló entre 9 y 14 toneladas/día, alcanzando valores mínimos en 1959, 1962, y 1971, y máximos en 1960, 1968, y 1969. A partir de 1973 la CPDP comenzó a disminuir, llegando a un valor mínimo de 4.9 toneladas en 1982, momento a partir del cual comenzó a recuperarse notablemente. Sin embargo, la pesquería ha cambiado mucho desde los años 60, por lo que se debe proceder con cautela al comparar datos de años precedentes con los de años más recientes. El problema principal se debe a que la pesca con carnada tiene lugar relativamente cerca de la costa y casi exclusivamente al norte de 15°N, mientras que la pesca cerquera es tanto costera como de altura y opera hasta aproximadamente 20°S. Los valores de la Figura 10 son algo diferentes a aquellos de la Tabla 29 porque los valores de la figura se obtuvieron a partir de datos de capturas totales de aleta amarilla y barrilete por la pesquería de superficie, método explicado arriba, mientras que aquellos en la tabla fueron obtenidos dividiendo la captura de aleta amarilla registrada por embarcaciones cerqueras por el esfuerzo registrado por embarcaciones cerqueras.

### ***Barrilete***

Durante el período de 1959-1968 la CPDP media de barrilete fue de aproximadamente 10.0 toneladas diarias, con un máximo de 16.0 toneladas en 1967 y un mínimo de 5.5 toneladas en 1960 (Figura 10). A fines de la década de los 60 muchos cerqueros pequeños fueron reemplazados por otros más grandes, para los cuales era más rentable pescar en zonas de mayor abundancia de aleta amarilla y menor abundancia de barrilete, produciéndose así valores de CPDP de barrilete reducidos. Durante el período de 1969-1993, la CPDP media fue de unas 4 toneladas diarias, con un máximo de 7.5 toneladas en 1971 y un mínimo de 2.4 toneladas en 1972 y 1973. El valor de 1993 de 5.2 toneladas/día es el mayor desde 1978. Al igual que en el caso del aleta amarilla, se debe proceder con cautela al comparar datos más antiguos con datos más recientes. Además del probable sesgo causado por el hecho de que en años recientes el esfuerzo se dirigió en mayor medida a la pesca de aleta amarilla y en menor medida a la del barrilete, se debe considerar el problema creado por el alcance restringido de la pesca con carnada, señalado en la sección anterior sobre el aleta amarilla.

### ***Aleta azul***

En el Informe Anual de la CIAT de 1992, páginas 231-233, se comentan varios índices de abundancia del aleta azul, y se concluyó que el mejor es el "índice del hábitat." En la Figura 11 se ilustran datos sobre las capturas y sobre el esfuerzo y las CPUE calculadas con el método de índice de hábitat. Aunque la captura en 1992 fue menos de 2 mil toneladas, la CPUE, 5.2 toneladas/día, es inferior solamente a aquellas de 1966 y 1986. La CPUE de 1993, 0.5 toneladas/día, es inferior a todas excepto aquellas de 1983 y 1984. El esfuerzo de pesca en los estratos espaciotemporales en los cuales hay mayor probabilidad de encontrar aletas azules ha disminuido considerablemente en los últimos años, y es probable que esto haya ejercido un efecto negativo sobre la confiabilidad de las estimaciones.

### ***Captura por tonelada de capacidad de acarreo***

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) 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; 2) 301-400 toneladas; 3) 401-600 toneladas; 4) 601-800 toneladas; 5) 801-1000 toneladas; 6) 1001-1200 toneladas; 7) 1201-1400 toneladas; y 8) >1400 toneladas.

En la Tabla 7 se presentan las estimaciones de la CPTCA en 1983-1993 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 dentro del OPO, las CPTCA del OPO y de todas las áreas oceánicas de pesca son casi iguales. Durante el periodo de 1983-1992, el promedio de la CPTCA de todos los barcos y todas las especies en el OPO fue 2.8 toneladas de pescado por tonelada de capacidad de acarreo (rango: 1.9 a 3.3); para el aleta amarilla, el promedio fue 2.0 toneladas (rango: 1.0 a 2.4), y para el barrilete, 0.7 toneladas (rango: 0.5 a 0.9). Las estimaciones preliminares para 1993 son 3.1, 2.2, y 0.8 toneladas para todas las especies, aleta amarilla, y barrilete, respectivamente.

### ***Estandarización de las tasas de captura de aleta amarilla***

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 3, se describe una alternativa a la captura por día de pesca (CPDP) como índice de la abundancia anual relativa del aleta amarilla. Con el índice alternativo se define cada observación de la tasa de captura como el tonelaje capturado en un lance dividido por las horas de búsqueda desde el lance anterior. Para estimar la abundancia media para el año entero y el Océano Pacífico oriental entero se ponderan los datos de tal forma que cada cuadrángulo de 5°-mes recibe una ponderación proporcional al área superficial de océano que contiene y cada hora de búsqueda recibe igual ponderación dentro de un cuadrángulo de 5°-mes. Se utiliza entonces un modelo lineal generalizado para estimar la variación anual en las tasas de captura independiente de las tendencias en la eficacia del barco, las condiciones ambientales, y el modo de pesca.

Existen datos sobre muchos factores que pudieran posiblemente influir sobre las tasas de captura de aleta amarilla. Se investigaron los factores siguientes, utilizando datos de 1970-1985: la capacidad y velocidad del barco, si el barco llevaba helicóptero, si llevaba equipo sonar, la lon-

gitud y profundidad de la red, el capitán, la temperatura de la superficie del mar, la velocidad y dirección del viento, el lugar y hora de la pesca, el tipo de lance (sobre peces en cardúmenes no asociados, asociados con delfines, o asociados con objetos flotantes), y si se capturó también barrilete. Una vez eliminados aquellos factores que no ejercían un efecto importante, el modelo incluía los efectos de año, velocidad del barco, clasificación de la búsqueda, temporada-área, y la interacción entre clasificación de búsqueda y temporada-área. Se basa la clasificación de búsqueda (Tabla 8) en tipo de lance y también en si se capturó barrilete. En la Figura 11 se describe temporada-área. Los efectos de año son las diferencias anuales en las tasas de captura no atribuibles a las demás variables en el modelo. Sirven de índices de abundancia estandarizados por las demás variables.

Tal como se muestra en la Figura 12, la tendencia de los índices es al mismo tiempo diferente y similar a la tendencia de la CPDP. Los índices del modelo lineal no exhiben las grandes fluctuaciones de 1970-1974 señaladas por la CPDP; sin embargo, ambos indican una reducción precipitada en 1975 y una recuperación marcada en 1976. La reducción en 1976-1982 y el aumento de 1983-1986 son más paulatinos en los índices del modelo lineal. Parece que cuando la flota cambia de lances sobre delfines a lances sobre objetos flotantes, tal como hizo en 1974-1982, la CPDP arroja una estimación más baja de la abundancia del aleta amarilla que el modelo de búsqueda, y cuando vuelve a cambiar a lances sobre delfines, tal como ocurrió durante 1985-1992, la CPDP produce una estimación más elevada.

### ***Estudios de la influencia de las condiciones ambientales sobre la vulnerabilidad a la captura y la abundancia del atún aleta amarilla***

#### ***Efectos de la estructura térmica sobre la vulnerabilidad del atún aleta amarilla a la captura***

Se están analizando actualmente datos ambientales del Océano Pacífico oriental (OPO) durante 1980-1990, estratificados por cuadrángulo de 2° por 2° y mes, a fin de descubrir correlaciones con tasas de captura por barcos cerqueros de atunes aleta amarilla de peso superior a 16.5 libras (7.5 kg). Los datos ambientales fueron suministrados por el Dr. Paul Fiedler, del National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos en La Jolla, California, EE.UU. Incluyen cuatro medidas relacionadas a la estratificación vertical de la temperatura del mar y siete medidas relacionadas al viento (Tabla 10). Las tres variables de seudotensión son índices de mezcla vertical, y la rotación de la tensión del viento es un índice del afloramiento. Se han calculado los promedios de cada variable ambiental para las siguientes condiciones:

1. cuadrángulos-mes con esfuerzo dirigido hacia aleta amarilla,
2. cuadrángulos-mes sin esfuerzo dirigido hacia aleta amarilla,
3. cuadrángulos-mes con captura de media tonelada o más de aleta amarilla de más de 16.5 libras,
4. cuadrángulos-mes con esfuerzo dirigido hacia aleta amarilla, pero sin captura de media tonelada o más de aleta amarilla de más de 16.5 libras,
5. cuadrángulos-mes con captura de aleta amarilla de más de 16.5 libras no asociado con delfines,
6. cuadrángulos-mes con esfuerzo dirigido hacia aleta amarilla no asociado con delfines, pero sin captura de aleta amarilla de más de 16.5 libras,
7. cuadrángulos-mes con captura de aleta amarilla de más de 16.5 libras asociado con delfines, y
8. cuadrángulos-mes con esfuerzo dirigido hacia aleta amarilla asociado con delfines, pero sin captura de aleta amarilla de más de 16.5 libras.

En la Tabla 9 se resumen los resultados.

Hay diferencias notorias entre los promedios de la mayoría de las variables ambientales en los estratos de cuadrángulo-mes con y sin esfuerzo cerquero. Por ejemplo, las isoterms de 14° y 20° en los estratos con esfuerzo cerquero se encontraban a profundidades mucho menores que aquellas en los estratos sin esfuerzo cerquero (Tabla 9, Columnas 2-3 y Filas 1-4). Además, la mayoría de las razones de los valores absolutos de los índices de viento (Tabla 9, Columna 4 y Filas 5-11) eran inferiores a 1; las excepciones eran los componentes latitudinales de velocidad del viento y seudotensión.

Se descubrieron diferencias entre los promedios de las variables ambientales en los estratos de cuadrángulo-mes con esfuerzo de pesca y con y sin captura (Tabla 9, Columnas 5-7). La isoterma de 14° estaba a menor profundidad en los estratos de cuadrángulo-mes con captura de aleta amarilla que en aquellos sin. Los componentes longitudinales de velocidad del viento y seudotensión de los estratos con captura fueron tres veces mayores que aquellos de los estratos sin captura. La rotación media de tensión de viento fue positiva para los estratos con captura y negativa para aquellos sin.

En los estratos de cuadrángulo-mes en los cuales se realizaron lances sobre aletas amarillas no asociados con delfines, habían solamente diferencias ligeras en los promedios de las variables ambientales de los estratos de cuadrángulo-mes con captura y aquellos sin (Tabla 9, Columnas 8-10). La mayor diferencia correspondió a la rotación media de tensión de viento, que fue 0 para los estratos con captura y negativa para aquellos sin.

En los estratos de cuadrángulo-mes en los cuales se realizaron lances sobre aletas amarillas asociados con delfines, se descubrieron varias diferencias que podrían ser significativas (Tabla 9, Columnas 11-13). Los valores absolutos de los componentes longitudinales medios de velocidad del viento y seudotensión fueron 67% mayores en los estratos de cuadrángulo-mes con captura de aleta amarilla en cardúmenes asociados con delfines. Los componentes latitudinales de velocidad del viento y seudotensión fueron positivos en los estratos con captura y negativos en aquellos sin. La rotación media de tensión de viento fue positiva en los estratos con captura, señalando afloramiento, y negativa en aquellos sin, señalando subducción (Tabla 9).

#### ***Estimación de la abundancia del atún aleta amarilla, por grupos de edad y regiones***

Se calcularon estimaciones mensuales de la abundancia del atún aleta amarilla, por grupos de edad y regiones dentro del OPO, durante el período de 1970-1988, usando datos de tasas de captura cerquera y frecuencias de talla de pescado capturado con red de cerco y los resultados de análisis de cohortes. Se estimó el número de individuos de cada grupo de edad capturado en cada lance cerquero registrado, usando el peso del aleta amarilla capturado en ese lance y la distribución de las frecuencias de talla del pescado proveniente del lance (o lances) "más cercano" del cual se obtuvo una muestra (o muestras) de frecuencia de talla. "Más cercano" significa a las muestras de frecuencia de talla obtenidas de pescado capturado en el lance (o lances) más cercano al lance en cuestión en tiempo, distancia, y tipo de lance (asociado con delfines, con objeto flotante, con barrilete, con ninguno de éstos, y algunas combinaciones), de acuerdo con los criterios establecidos en un estudio anterior (Boletín de la CIAT, 20 (2)). Las tasas de captura fueron calculadas inicialmente como el número estimado de individuos del grupo de edad en cuestión capturado por hora de búsqueda. A continuación, a fin de eliminar los efectos de tipo de lance, características del barco, y factores ambientales que afectan la vulnerabilidad, fueron estandarizadas, usando modelos lineales generalizados (MLG) ponderados separados para cada grupo de edad. Se estimó la tasa de captura estandarizada al centro de cada cuadrángulo de 2.5°-mes, usando regresiones de

cuadrados mínimos con ponderación local sobre latitud, longitud, y fecha. Las tasas de captura dentro de estas regiones fueron convertidas en números de aletas amarillas, usando la composición media de edades obtenida de los análisis de cohortes. Estas estimaciones de abundancia, por edad y área, pueden ser utilizadas en un modelo de movimiento específico por edad.

Las tasas de captura específicas por edad fueron estandarizadas mediante varios factores no espaciotemporales, usando MLG. Las tasas de captura estandarizadas resultantes son útiles para investigar las variaciones espaciotemporales en las tasas de captura no atribuibles a los factores de estandarización. Los factores de estandarización para tipo de lance ( $S$ ), capacidad del barco ( $C$ ), velocidad del barco ( $V$ ), presencia de un helicóptero ( $H$ ), longitud de la red ( $NL$ ), profundidad de la red ( $ND$ ), profundidad de la termoclina ( $T$ ), profundidad de las isothermas de  $14^\circ$  y  $20^\circ$  ( $D14$  y  $D20$ ), temperatura de la superficie del mar cuadrada ( $SST^2$ ), profundidad del fondo ( $D$ ), los componentes este-oeste ( $XP$ ), norte-sur ( $YP$ ), y escalar ( $SP$ ) de la seudotensión, y velocidad del viento ( $W$ ) fueron estimados para cada grupo de edad semianual, usando MLG separados de la forma:

$$\ln(X_{ijklm}) = \mu + Y_i + S_j + C_k + R_l + B_m + aH + bV + cNL + dND + eT + fD14 + gD20 + hSST^2 + pD + qXP + rYP + sSP + tW + (YR)_{il} + (YB)_{im} + (RB)_{lm} + \xi_{ijklm}$$

donde

- $X$  = número de aletas amarillas de un grupo de edad semianual capturado en un lance cerquero, dividido por las horas de búsqueda antes del lance,
- $\mu$  = intercepto,
- $Y_i$  = efecto de año  $i$ ,
- $S_j$  = efecto de tipo de lance  $j$ ,
- $C_k$  = efecto de capacidad del barco  $k$ ,
- $R_l$  = efecto de la Región  $l$  (Figura 12),
- $B_m$  = efecto del bimestre  $m$ ,
- $aH$  = efecto de la presencia de un helicóptero, donde  $a$  es el coeficiente de regresión,
- $bV$  = efecto de la velocidad del barco, donde  $b$  es el coeficiente de regresión,
- $cNL$  = efecto de la longitud de la red, donde  $c$  es el coeficiente de regresión,
- $dND$  = efecto de profundidad de la red, donde  $d$  es el coeficiente de regresión,
- $eT$  = efecto de profundidad de la termoclina, donde  $e$  es el coeficiente de regresión,
- $fD14$  = efecto de la profundidad de la isoterma de  $14^\circ$ , donde  $f$  es el coeficiente de regresión,
- $gD20$  = efecto de la profundidad de la isoterma de  $20^\circ$ , donde  $g$  es el coeficiente de regresión,
- $hSST^2$  = efecto de la temperatura de la superficie del mar cuadrada, donde  $h$  es el coeficiente de regresión,
- $pD$  = efecto de la profundidad del fondo, donde  $p$  es el coeficiente de regresión,
- $qXP$  = efecto del componente este-oeste de seudotensión, donde  $q$  es el coeficiente de regresión,
- $rYP$  = efecto del componente norte-sur de seudotensión, donde  $r$  es el coeficiente de regresión,
- $sSP$  = efecto de la seudotensión escalar, donde  $s$  es el coeficiente de regresión,
- $tW$  = efecto de velocidad del viento, donde  $t$  es el coeficiente de regresión,
- $(YR)_{il}$  = efecto de la interacción año-region,
- $(YB)_{im}$  = efecto de la interacción año-bimestre,
- $(RB)_{lm}$  = efecto de la interacción región-bimestre, y
- $\xi_{ijklm}$  = término de error.

Se incluyeron en los MLG tres factores, año, región, y bimestre, y sus interacciones, pero no se usaron como factores de estandarización; por lo tanto, los "factores de estandarización" fueron estandarizados con estos factores espaciotemporales. En la Tabla 10 se describen más detalladamente las variables independientes. En la Tabla 11 se presentan los modelos, coeficientes de regresión, y valores de R-cuadrado obtenidos del procedimiento de MLG. Las interacciones significativas (Tabla 12) entre características del barco y condiciones ambientales fueron entonces agregadas a los modelos como factores de estandarización adicionales. A continuación se estandarizaron las tasas de captura al restarles la suma de los coeficientes de regresión correspondientes a todos los factores de estandarización.

Otros factores examinados por estandarización que no ejercieron efectos significativos sobre las tasas de captura en ninguno de los grupos de edad semianuales incluyeron la presencia o ausencia of barrilete en el lance, temperatura de la superficie del mar, un índice de afloramiento, profundidad de la capa de mezcla, y presencia de radar de aves o sonar en el barco. Factores e interacciones que no fueron significativos a un nivel de probabilidad de  $\alpha = 0.001$  fueron excluidos del modelo para evitar una parametrización excesiva, que puede diluir los demás efectos.

A fin de reducir el sesgo introducido por la concentración de la pesquería en las mayores concentraciones de pescado, se ponderaron las observaciones de tal forma que cada hora de búsqueda fue asignada una ponderación igual dentro de cada cuadrángulo de 5°-mes y cada cuadrángulo de 5°-mes fue asignada una ponderación proporcional a la cantidad de área superficial del océano que contiene.

El sistema de ponderación usado produjo al menos un resultado artefactual. Los barcos más pequeños (capacidad de acarreo <500 toneladas) tuvieron las mayores tasas de captura ponderadas para la mayoría de los grupos de edad semianuales (Tabla 8). Las causas de esto fueron (1) se mide el tiempo de búsqueda como el intervalo entre lances sobre peces del mismo grupo de edad semianual y (2) los barcos más pequeños realizan viajes más cortos, y por lo tanto efectúan búsquedas más breves o incompletas (sin éxito) para los grupos de edad semianuales menos comunes, mientras que los barcos más grandes realizan viajes más largos y tienen por lo tanto mayor probabilidad de completar búsquedas largas para esos grupos. Por consiguiente, ocurren menos búsquedas muy largas (que son fuertemente ponderadas) entre cardúmenes de cohortes poco comunes para los barcos más pequeños.

### ***Composición de talla de la captura***

Las muestras de frecuencia de talla son la fuente básica de los datos usados para estimar la composición por talla y edad de las distintas especies de peces en las descargas. Esta información es necesaria para obtener estimaciones de las poblaciones estructuradas por edad, usadas para varios propósitos, entre ellos el modelado de las poblaciones con estructura de edades. Los resultados de dicho modelado pueden ser usados para estimar el reclutamiento, que puede ser comparado con la biomasa reproductora y las condiciones oceanográficas. Además, las estimaciones de mortalidad obtenidas a partir del modelado pueden ser usadas, en conjunto con las estimaciones del crecimiento, para el modelado del rendimiento por recluta. Los resultados de estudios de este tipo han sido descritos en diversos Boletines de la CIAT y en todos los Informes Anuales desde 1954.

Las muestras de frecuencia de talla de aleta amarilla, barrilete, patudo, aleta azul, y barrilete negro capturados por barcos cerqueros y de carnada en el Océano Pacífico oriental (OPO) son tomadas por el personal de la CIAT en puertos de desembarco en Ecuador, los 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 1993 se tomaron y procesaron 630 muestras de aleta amarilla, 314 de barrilete, 39 de aleta azul del norte, 37 de patudo, y 4 de barrilete negro. La mayoría de estas muestras fueron de 50 peces cada una. Se estratifican las muestras de frecuencia de talla de todas estas especies excepto el barrilete negro por área de medición (Figura 14), mes, y arte de pesca. Se divide el muestreo de cada estrato en dos etapas: en la primera, se toman muestras de una "unidad" del barco (generalmente una o dos bodegas), y en la segunda se muestrean peces individuales. Se muestrean al azar las unidades dentro de cada estrato, y se miden individualmente peces seleccionados al azar de cada unidad muestreada. Para estimar el número total de peces de cada grupo de talla en la unidad muestreada se divide el peso total de la captura en la unidad por el peso promedio de los peces muestreados en la unidad; a continuación se multiplica este cociente por la fracción de peces muestreados en ese grupo de talla. Se obtienen los totales de cada estrato, expresados en número de peces, para cada grupo de talla sumando los totales de cada unidad muestreada y multiplicando el resultado por la razón del peso de la captura total (estimada a partir de la captura registrada) en ese estrato a la suma del peso de las unidades muestreadas. Los totales mensuales, trimestrales, o anuales se obtienen sumando los datos de todos los estratos muestreados correspondientes al período en cuestión. Se obtiene el peso promedio mensual, trimestral, o anual dividiendo la suma de los pesos de los peces por la suma de los números de peces; las sumas comprenden todas las tallas y todos los estratos muestreados. Se describen estos procedimientos más detalladamente en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 6.

La Figura 15 consiste de histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2 cm, en 1993 en las áreas de medición del ARCAA (todas las áreas excepto 10 y 11 en la Figura 14). En la figura, las áreas se presentan en un orden aproximado de norte (arriba) a sur (abajo). Las distribuciones varían considerablemente de área a área. En las Áreas 1, 8, 6, y 13, más del 50% de la captura, en peso, consistió de peces de talla inferior a los 100 cm. En las otras áreas ocurrió lo contrario. Los pesos promedio fueron de 6.3 kg (13.9 libras) en el Área 1 a 25.9 kg (57.1 libras) en el Área 2.

En la Figura 16 se presentan histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2 cm, en el ARCAA durante cada año del período de 1988-1993. En 1993 el peso promedio de aletas amarillas capturados en el ARCAA fue 11.4 kg (25.2 libras), muy similar a los valores de 1989-1992, que variaron de 10.8 kg (23.7 libras) en 1990 a 11.7 kg (25.7 libras) en 1991.

La Figura 17 consiste de histogramas del tonelaje estimado de aleta amarilla capturado, por intervalos de 2 cm, en la zona entre el límite del ARCAA y 150°W en cada año del período de 1988-1993. El peso promedio de 1993, 16.3 kg (35.9 libras), es el más bajo de la serie de 1988-1993.

En la Figura 18 se presentan histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1 cm, en las áreas de medición en el OPO durante 1993. A raíz de las bajas capturas en las cuatro áreas más norteñas (1, 2, 4, y 8), se combinaron los datos de esas áreas. Se lograron las mayores capturas en las Áreas 6 y 13, de donde provino casi el 80% de la captura total. Ambas áreas presentan modas prominentes entre los 45 y 50 cm y otras menores entre los 55 y 60 cm.

La Figura 19 consiste de histogramas del tonelaje estimado de barrilete capturado, por intervalos de 1 cm, en el OPO entero en cada año del período de 1988-1993. En 1993 el peso promedio de barriletes capturados en el OPO fue 2.5 kg (5.5 libras), valor ligeramente inferior al promedio de 1992, 2.6 kg (5.7 libras), pero el más bajo de la serie de seis años.

El aleta azul del norte es capturado frente a California y Baja California entre 23°N y 35°N, aproximadamente, principalmente entre mayo y octubre. En 1993 fue capturado entre 28°N y 34°N, y casi todo en julio y septiembre. Se presentan en la Figura 20 histogramas del tonelaje

estimado de aleta azul capturado, por intervalos de 2 cm, en cada año del período de 1988-1993. En 1993, a diferencia de años anteriores, la mayoría de las muestras de frecuencia de talla provino de la pesca deportiva. Es por lo tanto posible que la distribución de tallas de 1993 no sea directamente comparable con aquellas de años previos.

La captura de superficie de patudo es incidental a la de aleta amarilla y barrilete, y la captura total (Tabla 1) y la cantidad de muestras de frecuencia de talla son muy inferiores a las de esas dos especies. En la Figura 21 se presentan histogramas de la captura estimada de patudo, por intervalos de 2 cm, en cada año del período de 1988-1993.

En la Figura 22 se presentan las distribuciones anuales de frecuencia de talla de barriletes negros medidos durante 1988-1993. La captura de barriletes negros es incidental a aquella del aleta amarilla y barrilete, y gran parte es desechada o vendida a procesadores aparte del comercio usual, y por lo tanto no se ha intentado estimar la captura por intervalos de talla.

### ***Estudios de simulación en computadora***

Los estudios de la expansión geográfica de la pesquería del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental descritos en el Informe Anual de la CIAT de 1992 fueron extendidos durante 1993. Se describen los resultados en un trabajo, "Effects of Movement on Stock Assessment in a Restricted-Range Fishery" [Los efectos del desplazamientos sobre la evaluación de stocks en una pesquería de alcance restringido], aceptado por una revista externa para publicación en 1994. Versa sobre la explotación de aletas amarillas cuando el alcance de la pesquería es menos que aquel de la población de peces.

Se propone un modelo espacial de difusión sencillo para el atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental para el período anterior a los fines de la década de los 60, cuando la pesquería estaba limitada a una franja costera relativamente estrecha y a unas pocas islas y bancos de altura. El aleta amarilla es altamente móvil, pero en el trabajo arriba detallado se caracterizan sus desplazamientos de difusivos, y no dirigidos. (La difusividad variable, analizada en un trabajo previo (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 87 (2): 353-362), no fue incorporada al modelo.)

El modelo, usando tasas de dispersión obtenidas de experimentos de marcado, sugiere que el efecto de la pesquería puede extenderse mucho más allá del alcance de la flota. En este contexto, el concepto de un "stock" no está bien definido. Parece que las capturas de la pesquería costera fueron mayormente sostenidas por inmigración de la región de altamar, que constituyó un refugio. El desplazamiento neto de peces de altamar aumenta a medida que la pesca reduce la abundancia costera. La curva rendimiento-esfuerzo de equilibrio es distorsionada de la parábola simétrica que normalmente formaría, dada la forma de crecer de la población modelo.

Se puede ver que el alcance y la movilidad de los peces afectaría el desarrollo de una pesquería, ya que habría menos incentivo por viajar largas distancias si peces de fuera de la zona en la cual se pesca solieran trasladarse a esa zona, reemplazando los peces capturados. Por otro lado, a menos de que los sustitutos lleguen instantáneamente, cosa imposible, la pesca dentro de una zona creará una pendiente en la abundancia de los peces. Esta pendiente le dará a barcos individuales un incentivo por ampliar el alcance de la pesquería. El incentivo tenderá a ser contrarrestado por la tendencia de peces de fuera de la zona explotada a migrar a esa zona y por los mayores gastos asociados con faenar a mayor distancia de puerto. El límite del alcance de una pesquería es probablemente el punto donde el aumento esperado en las ganancias de alejarse más de puerto es igual al aumento en los gastos que esto implica. Variará con el tamaño de la población, la movilidad de los peces, y el precio de venta del pescado, además del costo de pescar. Estos costos dependen de la tecnología y están sujetos a innovaciones. Por consiguiente, la expansión de la pesquería en los años 60 y a principios de los 70 puede ser interpretada como el resul-

tado de una reducción en el costo relativo de faenar lejos de puerto para los barcos más grandes que fueron construidos en ese período.

### ***Estudios de los otolitos del aleta amarilla***

#### ***Estructura superficial***

Los otolitos del aleta amarilla crecen mediante incrementos diarios concéntricos alrededor de una región central, o núcleo. Durante los seis primeros meses de vida, el crecimiento hacia el rostro (el extremo anterior) y el postrosto (el extremo posterior) es más rápido que aquel en el eje dorsoventral, lo cual resulta en la forma de flecha de la ságita. A medida que crece el otolito, una capa de aragonita ( $\text{CaCO}_3$ ) de grosor variable es depositada en su superficie. Esta aragonita superficial necesita ser disuelta con ácido clorhídrico (HCl) para exponer los incrementos y poder contarlos, pero se ha de tener cuidado de no usar demasiado HCl y destruir los incrementos. Desgraciadamente, los lugares donde la aragonita es más gruesa parecen ser inconsistentes en otolitos extraídos en distintos períodos. Esta inconsistencia significa un aumento en la dificultad y el tiempo necesario para exponer los incrementos, ya que se ha de quitar la aragonita a mano, aplicando el HCl con un pincel fino y vigilando el efecto del ácido bajo un microscopio de disección tras cada aplicación.

En el caso de otolitos tomados de peces capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO) durante 1977-1979, fue a menudo necesario aplicar HCl al 2N durante unos 14 segundos para apartar el material superficial rodeando el núcleo y exponer completamente los incrementos en el primordio. El tiempo de aplicación de HCl necesario para exponer los incrementos subsuperficiales se fue reduciendo progresivamente a medida que se avanzaba hacia la punta del postrosto. Para un área pequeña inmediatamente detrás de la punta que era particularmente resistente al agua fuerte fue generalmente necesario una aplicación local de HCl al 3N con un pincel de punta fina. Sin embargo, en el caso de otolitos colectados durante 1992, los incrementos en el núcleo fueron expuestos en unos 5 segundos o menos, mientras que el material superficial sobre el resto del otolito pareció apenas afectado. A fin de evitar el riesgo de grabado excesivo de los incrementos en el núcleo, solamente la punta del postrosto fue sumergida más de 5 segundos en ácido. Una vez expuestos los incrementos en esta región, fue necesario grabar con pincel el resto de la superficie entre el núcleo y la punta. Ya que es difícil controlar el grado de grabado al aplicar el ácido con pincel, es posible grabar el otolito excesivamente y perder los detalles de incrementos muy contiguos.

La inconsistencia en la ubicación de la aragonita más gruesa en los otolitos del aleta amarilla no se encuentra limitada al OPO. Otolitos colectados por investigadores franceses cerca de las Islas Seychelles en el Océano Índico occidental presentan esta característica, y es por lo tanto posible que sean necesarias modificaciones de la técnica de grabado. Además, otolitos colectados por la Comisión del Pacífico Sur (SPC) en el Océano Pacífico occidental durante 1992 y examinados por un investigador de la CIAT demostraron algunas características inusuales detalladas más adelante.

Se ignora la causa del cambio en la profundidad y ubicación del material superficial en los otolitos. Aunque el alimento y el agua de mar sirven de fuentes de calcio para la deposición de aragonita en el otolito, las condiciones que variarían el lugar y la cantidad de la deposición son más problemáticas que la sencilla disponibilidad de calcio. El objetivo de esta sección es por lo tanto hacer constar que existe esta variabilidad en la deposición superficial, y no hacer conjeturas sobre sus causas probables.

Una forma de evitar los problemas del procedimiento de grabado superficial es exponer los incrementos entre el primordio y la punta del postrosto mediante una sección frontal a lo largo

de ese eje. Sería necesario desarrollar métodos para seccionar el otolito con precisión, pulir la superficie a la profundidad deseada, y grabar y replicar los incrementos uniformemente. Además, se tendría que comparar el número total de incrementos en la preparación de la superficie original y la nueva sección a fin de determinar si concuerdan las estimaciones del número de incrementos.

#### ***Tasa de deposición de incrementos***

Se mencionó en el Informe Anual de la CIAT de 1992 que existían indicios de que el aleta amarilla en el Pacífico occidental no deposita incrementos diariamente. Fueron examinados de nuevo los otolitos de tres peces que habían sido marcados e inyectados con tetraciclina como parte de un experimento de marcado y recaptura llevado a cabo por la SPC y para los cuales se sabían las fechas de recaptura. Los incrementos entre la marca y el borde del otolito eran diferentes en varios aspectos de aquellos de otolitos de peces capturados en el OPO durante 1977-1979. En primer lugar, ocurrían a intervalos irregulares y a menudo se dividían, dificultando una interpretación consistente. En muchos casos, la estructura bipartida de los incrementos no estaba bien definida, y la identificación de los incrementos fue difícil. Además, hasta un grabado ligero con pincel destruyó la aragonita muy delgada en la superficie y grabó excesivamente los otolitos. La cuestión de que si los aletas amarillas en el Pacífico occidental depositan incrementos a intervalos diarios no puede ser resuelta actualmente porque el grabado podría haber destruido algunos de los incrementos, y algunos de los que no fueron destruidos estaban mal definidos.

#### ***Biología reproductora del aleta amarilla***

##### ***Patrones espaciotemporales en el desove***

Un conocimiento de la biología reproductora del atún aleta amarilla es necesaria para una comprensión adecuada de la dinámica poblacional de la especie. Se ignoran todavía aspectos importantes de dicha biología, entre ellos la variabilidad espacial y temporal del desove, la talla y la edad de madurez sexual, y la frecuencia del desove. La investigación de la biología reproductora del aleta amarilla debería contribuir a una comprensión de la relación entre el desove y el reclutamiento, y hacer posible la evaluación del efecto de la pesca sobre el potencial reproductor de la población. Esto parece ser particularmente importante en vista del cambio posible de una moda de pesca dirigida hacia aletas amarillas grandes y maduros asociados con delfines a una dirigida hacia atunes más pequeños e inmaduros no asociados con delfines (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 92 (1): 132-143).

Se inició en 1987 un programa de investigación a gran escala a fin de obtener información sobre las características reproductoras del aleta amarilla por talla específica en el Océano Pacífico oriental (OPO). Se describen en el Informe Anual de la CIAT de 1989 los objetivos de esta investigación, el diseño experimental, y las muestras recogidas. Durante 1993 se concentró el esfuerzo principalmente en la clasificación histológica, con microscopía de luz, de las 15,000 muestras de tejidos de testículos y ovarios preparadas para el examen microscópico de las muestras tomadas de peces en el mar. En ese año se realizaron también análisis de la distribución espacial y temporal del desove del aleta amarilla. En 1994 se completará el examen e interpretación de las muestras y el análisis de los datos.

La mejor forma de evaluar la actividad reproductora de aletas amarillas hembras es examinar la histología de los ovarios y/o datos del diámetro de los ovocitos. A partir de un examen del material histológico y mediciones del diámetro de ovocitos de los mismos ovarios, se determinó que es posible clasificar con precisión individuos con ovarios activos por la presencia de ovocitos de yema desarrollada, definidos como ovocitos de 0.55 mm o más de diámetro. Ovarios en desarrollo

o en reposo contienen ovocitos de 0.1 mm o más de diámetro. Se midieron veinte de los ovocitos más grandes de los ovarios de cada pez con ovarios activos, en reposo, o en desarrollo, a fin de estimar el diámetro medio del grupo modal de ovocitos más avanzado. Se utilizaron los datos de 4,701 hembras que satisficieron estos criterios en los análisis descritos a continuación.

Se clasificaron por los estratos espaciales y temporales usados con los datos de reproducción de la temperatura superficial del mar (TSM) recopilados por observadores a bordo de barcos cerqueros en los cuales se realizó el muestreo de aletas amarillas y datos de TSM tomados de la base de datos de cuadernos de bitácora de la CIAT para conjuntos de barcos de los cuales se muestrearon aletas amarillas en las plantas enlatadoras.

En la Figura 23 se ilustra la distribución del desove entre octubre de 1987 y septiembre de 1989. El desove estuvo ampliamente difundido entre 26°N y 15°S y desde la costa hasta 140°W. Análisis espaciales exploratorios de estos datos indican que para aletas amarillas de los mismos intervalos de talla entre 5°N y 15°N la proporción reproductivamente activa es mayor al oeste de 100°W que al este de 100°W. Análisis más detallados de estos datos por clase de talla (talla furcal (TF) <110 cm, TF 110-130 cm, y TF >130 cm) indican que el nivel de actividad reproductora aumenta con la talla entre 0° y 20°N.

En la Figura 24 se ilustran las distribuciones trimestrales del desove correspondientes a los dos años de datos combinados. Estos datos indican que el desove tiene lugar durante todo el año entre 0° y 20°N. Las TSM medias mensuales entre 0° y 10°N muestran poca variabilidad, fluctuando entre unos 27° y 29°C (80.6° y 84.2°F). Las TSM medias mensuales entre 10°N y 20°N fluctuaron entre unos 25° y 29°C (77.0° y 84.2°F). Para el área al norte de 20°N, los datos indican que el desove ocurre primordialmente desde julio hasta noviembre, aunque algunos peces estaban reproductivamente activos entre marzo y junio. El punto más norteño de captura de aletas amarillas reproductivamente activos fue 26°11'N-113°09'W, donde la TSM era 25.6°C (78.1°F). Aunque las tendencias estacionales en las TSM parecen ser bastante variables en esta región, el período principal de desove de aleta amarilla coincide con las TSM medias más elevadas, de 25° a 26°C (77.0° a 78.8°F). Sin embargo, el desove ocurrió también en meses en los cuales las TSM medias eran de 22° a 23°C (71.6° a 73.4°F). Hay relativamente pocos datos para el área al sur de 0° a raíz de la escasez de esfuerzo de pesca en esta región durante varios meses. Parece haber ocurrido una actividad de desove considerable durante enero y febrero, y algunas hembras capturadas en noviembre y diciembre de 1988 estaban reproductivamente activas. Los picos estacionales en el desove parecen corresponder con los períodos de TSM medias más elevadas, 24° a 26°C (75.2° a 78.8°F). El punto más sureño de captura de aletas amarillas reproductivamente activos fue 13°45'S-83°04'W, a una TSM de 23.6°C (74.5°F). El área principal de captura de aletas amarillas reproductivamente activos al sur de la línea ecuatorial es la zona entre 10°S y 14°S y 82°W y 90°W.

La temperatura a la cual desova el aleta amarilla, con base en 822 hembras capturadas en distintas partes del OPO que estaban listas para desovar en las próximas horas, varía de 23° a 30.5°C (73.4° a 86.9°F), y la mayoría del desove tiene lugar entre 26° y 29°C (78.8° y 84.2°F) (Figure 25).

En resumen, los resultados de estos análisis indican que las distribuciones espacial y temporal del desove del aleta amarilla están sujetas a cambios en el hábitat.

#### ***Condición reproductora de aletas amarillas capturados con red de cerco y con palangre***

Investigaciones previas (Boletín de la CIAT, 17 (5); Far Seas Fish. Res. Lab., Bull., 26: 153-164) indicaron diferencias en la condición reproductora de atunes aleta amarilla de tallas simi-

lares capturados por las pesquerías cerquera y de carnada en el Océano Pacífico oriental y occidental. Una evaluación de la condición reproductora del aleta amarilla capturado con artes de cerco y de carnada en el Océano Pacífico oriental fue llevada a cabo durante el cuarto trimestre de 1993. Este estudio se basó en datos tomados de aletas amarillas capturados durante el período de 1987-1989 por barcos cerqueros y barcos de carnada japoneses de investigación y entrenamiento. Las muestras capturadas con red de cerco fueron colectadas por observadores que estaban a bordo de los barcos primordialmente para tomar datos sobre la mortalidad y abundancia de delfines. Los datos de los barcos de carnada fueron puestos a disposición de los investigadores de la CIAT por el National Research Institute of Far Seas Fisheries del Japón. Durante el período de 1987-1989, y subsecuentemente, pocos barcos japoneses de investigación y entrenamiento han operado en el Pacífico oriental. Además, los barcos de carnada y cerqueros no suelen pescar en las mismas áreas. En la Figura 26 se ilustra el único lugar al este de 150°W del cual se disponía de datos de reproducción de aletas amarillas capturados con ambos tipos de arte durante ese período. Los datos cerqueros corresponden a pescado capturado entre mayo y septiembre y los de carnada a pescado capturado entre marzo y diciembre.

En primer lugar, fue necesario determinar la relación entre los índices gonosomáticos y la actividad reproductora. El índice gonosomático es el peso del ovario, expresado como porcentaje del peso estimado del cuerpo. Ya que también se disponía de datos sobre el diámetro de los ovocitos para las muestras provenientes de la pesquería cerquera, y estos diámetros permiten una evaluación más precisa de la condición reproductora de peces individuales, se exploró la relación entre el diámetro de los ovocitos y los índices gonosomáticos. Se determinó que un índice gonosomático igual a o mayor que 0.6% indica que el pez estaba reproductivamente activo.

La comparación de la condición reproductora de aletas amarillas capturados con artes de cerco y de carnada se basó en peces de talla similar. Los datos cerqueros consistían de 103 peces, de talla furcal (TF) entre 120 y 149 cm, con un promedio de 131.9 cm; los datos de carnada consistían de 207 peces, de entre 120 y 147 cm, con un promedio de 131.2 cm. Todos los peces capturados con red de cerco fueron clasificados como reproductivamente activos, pero solamente 132, o 63.8%, de aquellos capturados con carnada.

Estos resultados son similares a aquellos presentados en investigaciones previas, y señalan que una proporción significativamente mayor de los peces capturados en la pesquería cerquera son reproductivamente activos. Sin embargo, en este estudio, al igual que en los anteriores, existen diferencias espaciales y temporales en los datos disponibles de las dos pesquerías. Aunque es difícil de comprobar, la mayoría de los estudios sugieren que las dos pesquerías pescan el mismo stock. Los resultados del estudio actual podrían ser un artefacto de las diferencias espaciotemporales en los datos disponibles, aunque parece más probable que reflejen diferencias de comportamiento entre atunes aleta amarilla reproductivamente activos e inactivos. Estas diferencias sugieren que aletas amarillas maduros pero reproductivamente inactivos rara vez habitan las aguas más cálidas de la capa de mezcla cerca de la superficie, donde serían vulnerables a la captura por artes de cerco.

### ***Interacciones tróficas de atunes, delfines, y predadores asociados***

Durante 1993, la CIAT, en cooperación con el National Marine Fisheries Service de los Estados Unidos, inició un estudio de los hábitos alimenticios y la dinámica trófica de atunes aleta amarilla, delfines, y otros predadores grandes que ocurren juntos y son capturados en agregaciones interespecíficas por barcos atuneros cerqueros en el Océano Pacífico oriental (OPO). El objetivo del estudio es contribuir a la comprensión de la naturaleza del vínculo atún-delfín. Los fondos para el estudio provinieron de una asignación especial del Congreso estadounidense para

la investigación de nuevos métodos para ubicar y capturar atunes aleta amarilla sin captura incidental de delfines.

Se ha propuesto que la asociación entre los atunes y los delfines en el OPO podría estar basada en el alimento, es decir, las dos especies se siguen la una a la otra en busca de la misma presa. Un estudio a pequeña escala realizado en 1968 (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 71 (4): 1077-1092) demostró que los atunes aleta amarilla y los delfines manchados (*Stenella attenuata*) y tornillos (*S. longirostris*) capturados en el mismo lance con red de cerco habían consumido mayormente el mismo alimento. Aunque el contenido de los estómagos de los aletas amarillas y los delfines manchados era similar, no se determinó si ésto se debía a que los atunes y delfines preferían la misma presa o a que fueran capturados en el mismo lugar al mismo momento. En este estudio, el contenido estomacal de aletas amarillas y delfines capturados juntos en un solo lance cerquero será comparado con aquel de aletas amarillas y otros predadores capturados cuando no estaban asociados con delfines, es decir, capturados en asociación con objetos flotantes o asociados con otros peces solamente ("no asociados") en las mismas áreas y al mismo tiempo.

No es factible coleccionar muestras del contenido estomacal de delfines que no estén asociados con atunes ni de aletas amarillas ni delfines capturados de noche. Por lo tanto, y también para proporcionar un segundo indicador de la similitud de las dietas, se realizarán análisis de los isótopos estables de carbono y nitrógeno en el tejido de los animales. Se sabe que la magnitud de las razones de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  varía de acuerdo a la posición trófica del animal en la red de alimentación; los animales que ocupan la posición más elevada (predadores tope) presentan las mayores razones de isótopos estables. Los isótopos estables de carbono y nitrógeno brindarán una forma de medir la superposición trófica integrada a través de un período más largo que aquel indicado por el contenido estomacal. Análisis conjuntos del contenido estomacal y la abundancia de isótopos en ciertos tejidos de los mismos predadores pueden servir de indicio de interacciones tróficas a corto y a largo plazo.

Se está reuniendo también información sobre las interacciones tróficas a nivel de comunidad en el OPO, a fin de determinar si otros predadores grandes, tales como tiburones, peces picudos, dorados (*Coryphaena* spp.), petos (*Acanthocybium solandri*), y otros atunes, que ocurren con aletas amarillas y delfines podrían ejercer un efecto sobre la asociación atún-delfín. Este tipo de investigación podría llevar a una mejor comprensión del efecto (si es que existe) de las interacciones indirectas entre especies competidoras a través de recursos compartidos sobre la producción de poblaciones explotadas de predadores tope, como son los atunes y los peces picudos.

Observadores del Programa Atún-Delfín de la CIAT comenzaron a muestrear el contenido estomacal y los tejidos de aletas amarillas, delfines, y otros predadores grandes en el mar durante el cuarto trimestre de 1992, y continuaron durante el primer trimestre de 1994. En el caso de lances en los que murieron 3 delfines o más, se tomaron muestras del mayor número de delfines posible, 25 atunes aleta amarilla, y hasta 25 de cada de los otros predadores grandes que fueron capturados. Se muestrearon las mismas cantidades de aletas amarillas y otros predadores grandes capturados en lances sobre objetos flotantes y atunes no asociados. Cada animal fue medido, su sexo determinado, el estómago y parte del hígado extraído, y se cortó una sección del área del lomo cerca de la aleta dorsal. Todas las muestras fueron conservadas congeladas.

De los 234 viajes durante los cuales los observadores estaban preparados para el muestreo y que terminaron antes del fin de 1993, se obtuvieron muestras en 126 (54%). Se consiguieron en 51 lances muestras emparejadas de aletas amarillas y delfines. Se han obtenido muestras de estómago y tejido de unos 6,500 individuos, entre ellos 446 delfines, 4,381 aletas amarillas, 937 barriletes, 284 tiburones, 45 peces picudos, (incluyendo marlín rayado (*Tetrapturus audax*), marlín negro (*Makaira indica*), marlín azul (*M. mazara*), y pez vela (*Istiophorus platypterus*)), 260 dora-

dos, 57 petos, 52 barriletes negros (*Euthynnus lineatus*), 10 melvas (*Auxis* spp.), y 75 especímenes de varias especies misceláneas.

### ***Estructura de stocks del barrilete***

En esta sección se considera a un stock como “una subdivisión de una población vulnerable a una pesquería” (Actas de la Conferencia ICCAT sobre el Programa del Año Internacional del Listado: 243).

### ***Composición química de las partes duras***

Hacia fines de los años 70 y principios de los 80 científicos de la CIAT realizaron investigaciones de la composición química de las partes duras de los atunes, usando PIXE (*proton-induced x-ray emission spectroscopy*, o espectroscopía por emisión de rayos X inducida por protones) para estimar el grado de mezcla entre peces de distintas áreas. La investigación se basa en el supuesto de que distintas áreas del océano poseen características químicas, físicas, y biológicas que afectan la composición química de las partes duras de los peces, permitiendo así distinguir entre peces que han vivido en distintas áreas en algún momento de su vida. Los resultados de este estudio han sido publicados en los Informes Anuales de la CIAT y en el Volumen Colectivo de Trabajos Científicos, Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, Vol. 24. Desgraciadamente, el análisis de la estructura de stocks con este método es caro y presenta dificultades técnicas. Además, la interpretación de los resultados es difícil porque no se entienden bien los procesos que rigen la composición elemental de las partes duras.

Hacia fines de los años 80 y principios de los 90 la CIAT apoyó una investigación del uso de un detector de rayos X dispersantes de energía (EDS) conectado a un microscopio electrónico de barrida para medir la composición química de los otolitos de atunes barrilete. Esta investigación, realizada por el Sr. James N. Ianelli, antiguo empleado de la CIAT, en la Universidad de Washington, fue completada durante 1993. Los resultados indican que el EDS es potencialmente útil para la identificación de los stocks. Sin embargo, hubo una variación considerable entre los otolitos de peces del mismo área, y no es posible clasificar los peces con precisión absoluta.

La mayoría de la investigación fue llevada a cabo con otolitos tomados de barriletes capturados frente a Baja California, Hawaii, y Fiji. Algunos de los otolitos de peces de Baja California y Hawaii fueron conservados provisionalmente en alcohol tras ser extraídos de los peces, y otros no. Se prepararon secciones transversales de los otolitos y se tomaron mediciones de calcio, cloro, potasio, estrontio, azufre, magnesio, fósforo, sodio, y aluminio. Tres mediciones, representando áreas de crecimiento temprano, de media vida, y reciente, fueron tomadas de cada sección transversal. Análisis multivariantes de varianza demostraron diferencias significativas entre las zonas de los otolitos y los métodos de almacenaje (conservados en alcohol o no). Análisis univariantes de varianza demostraron que las mediciones de cloro eran principalmente responsables de las diferencias debidas al método de almacenaje, y que cuando se eliminaban estas mediciones antes de realizar los análisis multivariantes de varianza se obtuvieron diferencias significativas solamente para las zonas de los otolitos. Las zonas de crecimiento temprano, de media vida, y reciente fueron diferentes para peces de Hawaii y Fiji, señalando que no habitaron las mismas áreas oceánicas durante ninguno de estos períodos. En el caso de peces de Hawaii y Baja California, las zonas temprana y de media vida eran similares, pero la de crecimiento reciente era diferente. Esto parece indicar que habitaron la misma área durante los períodos temprano y de media vida, pero adquirieron características diferentes durante el período reciente cuando estuvieron en distintas áreas. Esto corresponde con los resultados de estudios del ciclo vital temprano y de marcado, que indican que la mayoría de los barriletes que habitan el Océano Pacífico orien-

tal (OPO) fueron criados en el Pacífico central y regresan a ese área al cabo de un breve estancia en el OPO. Pudiera eventualmente ser factible tomar otolitos de muestras de barriletes grandes capturados en el Pacífico central y determinar cuáles de ellos visitaron el OPO y cuáles no.

***Variaciones estacionales en las cohortes del atún barrilete en el Océano Pacífico oriental y central***

Se realizaron análisis de muestras de frecuencia de talla de barrilete capturado en el the OPO y cerca de Hawaii para determinar (1) si el reclutamiento demuestra una relación con la temporada en una u otra área y, de ser así, (2) si existen similitudes en las variaciones temporales observadas en las dos áreas. El barrilete desova en todos los meses del año en el Pacífico central ecuatorial, y solamente en ciertas temporadas en el hemisferio norte alrededor de las Islas de Hawaii y en el hemisferio sur alrededor de las Islas Marquesas. Se ignora si los peces capturados en estas áreas y áreas adyacentes provienen de cohortes estacionales dominantes o de cohortes que se encuentran distribuidas más o menos uniformemente durante todo el año. En las áreas donde el desove es estacional, estos análisis permiten una comparación con las cohortes entrantes que son producto de desoves que ocurrieron durante distintas épocas del año. Por ejemplo, si la cohorte dominante de la captura coincide con el período de desove local máximo, entonces es posible que el desove de otros lugares no contribuya significativamente al stock local explotable. Sin embargo, en caso contrario es probable que el stock explotable sea menos dependiente de la actividad local de desove. Esta información debería llevar a una mejor comprensión de las relaciones posibles entre peces capturados en el OPO y cerca de Hawaii.

En el Informe Anual de la CIAT de 1991, páginas 210-212, se detallan los métodos usados para llevar a cabo los análisis. Se concluyó que el barrilete es reclutado a la pesquería de Hawaii principalmente durante abril y mayo y a la pesquería del OPO principalmente durante diciembre, enero, y febrero. Es casi cierto que estos peces provienen de desoves en distintas épocas del año, pero esto no excluye la posibilidad de que los reclutas a las dos áreas sean miembros del mismo stock.

***Estudios del aleta azul***

Las capturas de aleta azul en el Océano Pacífico oriental son muy inferiores a aquellas de aleta amarilla y barrilete, pero la especie es de importancia considerable para los pescadores que faenan frente al sur de California y el norte de Baja California. El personal de la CIAT ha realizado investigaciones del aleta azul, en ocasiones oportunas, desde 1973. El 12 y 13 de abril de 1993 tuvo lugar en La Jolla, California, un taller informal sobre el aleta azul del norte, con la participación de científicos del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF) del Japón y la CIAT. Durante el taller se preparó una lista de 14 estudios que se deberían efectuar, seis de los cuales serían llevados a cabo por investigadores de la CIAT y ocho por los del NRIFSF. Se espera que este taller marque el comienzo de un período de investigación más intensa del atún aleta azul. A continuación se describen los avances logrados en algunos de estos estudios por el personal de la CIAT.

***Capturas de aleta azul del norte por la pesquería palangrera japonesa de altura***

Este estudio se basa en datos de la pesquería atunera palangrera japonesa de altura amablemente 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 27). 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 encontrados 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 Pacífico oriental durante noviembre y diciembre de 1988 (Calif. Fish Game, 76 (3): 181-186). Es posible que estos peces hayan aparecido en el Pacífico oriental porque se encontraban distribuidos más al este durante el otoño de 1988 que de costumbre.

#### ***Análisis del rendimiento por recluta***

En el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 9, se describen los análisis de cohortes correspondientes al atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico. En el Informe Anual de la CIAT de 1992 se describen análisis del rendimiento por recluta basados en estimaciones del coeficiente mortalidad por pesca ( $F$ ) obtenidos de esos análisis.

En 1993 se llevaron a cabo análisis del rendimiento por recluta basados en estimaciones de  $F$  no obtenidas de los análisis de cohortes, usando los datos de crecimiento en la Tabla 13 y los datos de mortalidad en la Tabla 14. Se usaron coeficientes anuales de mortalidad natural ( $M$ ) constantes en 0.2 y 0.3 (vectores de mortalidad natural 1 y 4 en la Tabla 14) y que son inicialmente mayores que esos valores (vectores de mortalidad natural 2, 3, 5, y 6 en la Tabla 14). Se supuso que los peces permanecen en el Océano Pacífico occidental toda su vida (Opción 0), comienzan una migración del oeste al este durante su primer año de vida y entonces una del este al oeste durante su tercer año de vida (Opción 1), o empiezan una migración del oeste al este durante su segundo año de vida y entonces una del este al oeste durante su tercer año de vida (Opción 2). Los valores correspondientes de  $F$  fueron fijados en 0.4 para períodos de capturas sustanciales, 0.0 para períodos de capturas nulas o muy bajas, y 0.2 para períodos de transición. En la Figura 28 se grafican los rendimientos por recluta que se pueden obtener con distintas edades de ingreso a la pesquería, distintos vectores de mortalidad natural, y tres multiplicadores de los vectores de esfuerzo de pesca. Ya que los valores de la mortalidad natural y por pesca, y especialmente ésta última, son esencialmente conjeturas, no se deberían tomar literalmente los resultados de estos análisis. En cada caso los datos demuestran que los rendimientos por recluta máximos pueden ser obtenidos con edades de ingreso de 3 a 5 años (tallas de unos 108 a 159 cm; pesos de unos 26 a 78 kg). Estos resultados, tal como se esperaba, son cercanos a aquellos obtenidos de los análisis de rendimiento por recluta basados en los datos de  $F$  obtenidos de los análisis de cohortes (Informe Anual de la CIAT de 1992, Figura 72). Con tasas de mortalidad natural de 0.6, 0.5, 0.4, y 0.3 para peces de edad 0, 1, 2, y mayores, respectivamente (vector 6 de  $M$  en la Figura 28), las curvas son relativamente planas, especialmente para el nivel más bajo del esfuerzo de pesca. De ser así, no se esperaría mucho aumento en la captura si se aumentara la edad de ingreso. Este vector y el vector 3 de  $M$  fueron seleccionados para ilustrar casos extremos; los vectores 2 y 5 de  $M$  son probablemente más realistas, suponiendo que la mortalidad natural disminuya con la edad.

#### ***Relaciones reproductor-recluta y recluta-reproductor***

La explotación de un stock de peces reduce el tamaño de la población, y por consiguiente las cantidades de reproductores y de huevos producidas. Si se reduce suficientemente la cantidad de huevos producida, el número de reclutas a la pesquería será asimismo reducido. Cuando ocurre ésto, se describe como sobrepesca del reclutamiento. Afortunadamente, una reducción de la can-

tidad de huevos producida no reduce siempre el número de reclutas ya que, por lo general, las tasas de supervivencia de los peces larvales y juveniles tempranos son mayores cuando su número se ve reducido. Una de las metas de la evaluación de los stocks es determinar el punto en el cual la reducción del número de reproductores es suficiente como para reducir el número de reclutas a la pesquería. Si se determinase este punto, sería posible administrar la pesquería de tal forma que se mantuviera el número de reproductores por encima de este nivel crítico. (Esta no es la única meta de la evaluación y administración de los stocks. Por ejemplo, aun si el número de reproductores es suficiente, es posible que sea necesario controlar la pesquería para minimizar la captura de peces pequeños, ya que es generalmente posible obtener rendimientos por recluta mayores si se permite a los peces pequeños crecer a una talla mayor antes de capturarlos.)

Los análisis reproductor-recluta comprenden la comparación de los números de reclutas producidos con distintos niveles de desove a fin de determinar, entre otros, el nivel al cual se debe mantener un stock para evitar la sobrepesca del reclutamiento. En estos análisis se comparan las cantidades de huevos producidas por un stock de peces con y sin explotación, con miras a determinar normas para explotar el stock sin causar sobrepesca del reclutamiento.

#### ***Relaciones reproductor-recluta***

No se dispone de estimaciones confiables de los números ni densidades de los reproductores y reclutas de atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico. El mejor sustituto disponible para los reclutas es las capturas de aletas azules de edad 0, en número de peces, en el Pacífico occidental (Boletín de la CIAT, 20 (9): Tabla 5). En la Tabla 15 se reproducen estos datos. Proporcionan un índice válido del reclutamiento si el esfuerzo de pesca y la vulnerabilidad de los peces a la captura no cambió durante el período en cuestión, pero no se dispone de información al respecto. Si proporcionan un índice adecuado del reclutamiento del aleta azul, no parece existir ninguna relación entre el desove y el reclutamiento *en el rango de abundancia de los reproductores observados*.

#### ***Relaciones recluta-reproductor***

La reducción en el potencial de desove resultante de la explotación de un stock de peces puede ser expresado como la razón entre el número de huevos producido cuando el stock es explotado y aquel producido en la ausencia de explotación. Esta razón, denominada razón de potencial de desove (SPR, o *spawning potential ratio*) por científicos que estudian las relaciones recluta-reproductor en otras especies de peces, puede ser estimado mediante la estimación de los números relativos de huevos producidos a partir de estimaciones de los pesos relativos del stock de peces maduros en la población con y sin explotación y el cálculo de la razón del primero al segundo. Se deben satisfacer las siguientes condiciones:

1. El crecimiento de los peces no se ve afectado por la densidad de la población.
2. La proporción de machos a hembras no es afectada por una explotación que cambia la composición por edades del stock.
3. El número de huevos producido por año por una hembra es proporcional a su peso.
4. La calidad de las células germen (huevos y esperma) no varía entre peces de distintas edades.

Este método fue aplicado al atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico, usando los datos de crecimiento y mortalidad detallados en las Tablas 13 y 14. A falta de información al contrario, se supuso que las cuatro condiciones arriba detalladas quedaban satisfechas. Se supuso que los peces permanecen en el Océano Pacífico occidental (WPO) durante toda la vida (Opción 0), emprenden una migración de oeste a este al Océano Pacífico oriental (OPO) durante su primer

año de vida y luego emprenden una migración de este a oeste al WPO durante su tercer año de vida (Opción 1), o emprenden una migración de oeste a este durante su segundo año de vida y luego emprenden una migración de este a oeste durante su tercer año de vida (Opción 2). Se fijaron los coeficientes anuales de mortalidad por pesca en 0.4 para períodos de capturas sustanciales, 0.0 para períodos de capturas nulas o muy bajas, y 0.2 para períodos de transición. Los dos valores principales de mortalidad natural, 0.2 y 0.3, fueron seleccionados para rodear la estimación 0.276 calculado en el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 1, páginas 85-86. Además, ya que parece probable que la mortalidad natural disminuya con la edad, se sustituyeron 0.2 y 0.3 con valores algo más elevados para los primeros años de vida. Se supuso también que los peces alcanzan la madurez a los 5 años de edad. Finalmente, se supuso que los peces que permanecen vivos durante su décimocuarto año de vida mueren al cumplir los catorce años.

En la Tabla 16 se detallan los pesos relativos del stock de atunes aleta azul del norte maduros con y sin explotación y las SPR correspondientes. Se puede ver que los pesos relativos del stock de peces maduros explotados son muy inferiores a aquellos del stock de peces maduros no explotados, y que las SPR son bajas, variando de 0.05 a 0.23. Se puede ver también que las SPR son considerablemente mayores para las Opciones 1 y 2 que para la Opción 0. Esto se debe a que se supuso que la tasa de mortalidad por pesca es más baja en el OPO que en el WPO durante algunos trimestres y que no ocurre mortalidad por pesca para peces que están atravesando el océano. Aparentemente los peces tardan unos dos años en migrar del OPO al WPO (Boletín de la CIAT, 20 (1): Tabla 9), y por lo tanto se supuso que los migrantes no padecen mortalidad por pesca (Opciones 1 y 2) durante el período entre su tercer y quinto cumpleaños (Tabla 15).

Se ha propuesto (Inter. Comm. Cons. Atlan. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., 32 (2): 487-497) que, como regla empírica, se deberían mantener las SPR a niveles superiores al 0.20. La mayoría de las estimaciones de las SPR correspondientes al atún aleta azul del norte arriba calculadas son inferiores a este nivel, pero no hay indicios de que éste haya reducido el reclutamiento.

Los análisis arriba comentados se basan en estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural y por pesca. Las estimaciones de crecimiento probablemente no discrepan en mayor grado de los valores reales, pero aquellas para la mortalidad natural y por pesca, y especialmente esta última, son poco más que conjeturas. La mejor manera de hacer que las evaluaciones sean más confiables sería obtener estimaciones más confiables de la mortalidad natural y por pesca. La mejor forma de lograr esto sería realizar investigaciones fundamentales del ciclo vital y explotación del aleta azul.

### ***Investigación de peces picudos***

Los peces picudos son importantes para las pesquerías atuneras palangreras y las pesquerías deportivas de las aguas tropicales y subtropicales de los Océanos Atlántico, Pacífico, e Índico. Además, pequeñas cantidades de peces picudos son capturadas incidentalmente por las pesquerías atuneras con red de cerco. Falta en la actualidad información básica sobre la biología de estas especies, inclusive la información necesaria para administrarlas. Ya que los picudos comparten el hábitat de los atunes y son capturados por las pesquerías atuneras de superficie y sub-superficiales, es apropiado que la CIAT y otras organizaciones involucradas en la investigación atunera los investiguen.

La CIAT ha apoyado estudios de la genética de peces picudos realizados en la Virginia Institute of Marine Science del College of William and Mary en Gloucester Point, Virginia (EE.UU.) El objetivo de las investigaciones es elucidar la base genética de la estructura poblacional de varias especies de peces picudos, usando análisis de alozimas (electroforesis de protei-

nas) y análisis del polimorfismo de la longitud del fragmento restrictivo de ADN mitocondrial (mtADN).

Se aplicó este último método a muestras de 36 a 47 marlines rayados, *Tetrapturus audax*, de cada uno de cuatro lugares, México, Ecuador, Hawaii, y Australia. La variación entre peces de distintos lugares fue elevada, indicando un flujo de genes limitado.

No hay acuerdo entre científicos sobre la clasificación taxonómica del marlín azul. Algunos creen que existen dos especies, *Makaira nigricans* del Océano Atlántico y *M. mazara* de los Océanos Pacífico e Indico, mientras que otros consideran que todos pertenecen a una sola especie, *M. nigricans*. Se aplicó el análisis al mtADN de 138 marlines azules del Atlántico y 106 del Pacífico, y se descubrió una variación considerable tanto dentro de como entre océanos. Es sorprendente, en vista de las largas migraciones realizadas por muchos marlines azules, que exista tanta diversidad dentro de océanos. Una explicación posible es que los peces criados en un área regresan a esa misma área cuando están listos para desovar.

Los biólogos tampoco están de acuerdo sobre la taxonomía de los peces vela. Algunos consideran que hay dos especies, *Istiophorus platypterus* de los Océanos Pacífico e Indico y *I. albicans* del Océano Atlántico, mientras que otros creen que todos forman parte de una sola especie, *I. platypterus*. Se aplicó el análisis al mtADN de 56 peces vela del Atlántico y 33 del Pacífico, y de nuevo se encontró una variación considerable entre y dentro de océanos.

A diferencia de los atunes, la mayoría de los peces picudos demuestran una variación genética considerable dentro de océanos. Dado este fenómeno, una fuerte sobrepesca en una porción del Océano Pacífico podría resultar en la pérdida de características genéticas únicas. Es por lo tanto esencial definir los distintos stocks y manejarlos individualmente.

### **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. En el Océano Pacífico oriental los pescadores no suelen capturar atunes de talla inferior a los 30 cm, y por lo tanto no se dispone de muchas muestras de peces de esa talla. 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 17). La plataforma continental es bastante estrecha en este lugar: el contorno de 200 metros (109 brazas) se encuentra a entre 6 y 10 km (3 a 5 mn) del litoral. Este fenómeno proporciona a los científicos del laboratorio 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. La Bahía de Achotines brinda una fuente de agua salada adecuada para mantener atunes vivos en el laboratorio. La proximidad del laboratorio al área de estudio ofrece una alternativa menos costosa que un buque de investigación, y permite una mayor flexibilidad y espontaneidad en el muestreo.

El programa de la CIAT de investigación de las etapas tempranas del ciclo vital abarca estudios de laboratorio y de campo ideados para lograr un mayor conocimiento del procedimiento de reclutamiento y de los factores que lo afectan. Investigaciones anteriores del reclutamiento de los peces sugieren que tanto los factores abióticos (temperatura, salinidad, circulación local, etc.) como los biológicos (alimentación, predación, etc.) pueden afectar el reclutamiento. Ya que la

supervivencia antes del reclutamiento es controlada probablemente por una combinación de estos factores, un programa de investigación del reclutamiento debe tomar en cuenta la interacción entre el sistema biológico y el ambiente físico. En esta sección se describe el programa de la CIAT de investigación del ciclo vital temprano. Primero se describen los estudios y experimentos realizados en el laboratorio, y luego los estudios de campo.

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 del notocordio y postflexión) y juveniles tempranos (de talla estándar (TE) de entre 8 y 35 mm) para los experimentos de laboratorio y otros proyectos de investigación fueron capturados de noche, usando una luz submarina suspendida de una lancha. La luz atrae a los peces, que se capturan con un salabre y se trasladan vivos al laboratorio. Hasta la fecha se han capturado y mantenido vivos en el laboratorio atunes aleta amarilla y/o patudo (denominados *Thunnus* spp. de ahora en adelante en casos apropiados); atunes barrilete negro, *Euthynnus lineatus*; melvas, *Auxis thazard* y/o *A. rochei* (denominados *Auxis* spp. de ahora en adelante en casos apropiados); 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 conteo de las branquiespinas, pero hay desacuerdos sobre la validez de estas características identificadoras.) Las investigaciones en el laboratorio se han enfocado en el barrilete negro, *Auxis* spp., y las sierras, los escómbridos más abundantes en las aguas costeras frente a la parte sur de la Península Azuero.

#### **Proyecto conjunto OFCF-CIAT-Panamá**

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. El proyecto abarca la investigación de: (1) la viabilidad de criar atunes aleta amarilla adultos para suministrar larvas; (2) la producción de organismos de alimento para atunes larvales y juveniles; y (3) la cría de pargos (Lutjanidae) y corvinas y especies afines (Sciaenidae) reproductores y la producción de organismos de alimento para sus larvas y juveniles.

Hacia fines de 1993 se iniciaron estudios de ingeniería preliminares para la ampliación y mejora de la infraestructura del Laboratorio de Achotines, y se llevará a cabo la construcción durante 1994 y principios de 1995. Serán construidos grandes embalses para mantener a los aletas amarillas adultos y los pargos y/o corvinas. Los sistemas actuales de circulación de agua de mar y de generación de electricidad serán mejorados y ampliados para poder con el aumento en el volumen de agua. Las instalaciones de cría en el Laboratorio serán igualmente ampliadas y mejoradas para proveer cantidades adecuadas de organismos de alimento iniciales para las larvas criadas por los peces reproductores. Se iniciará la captura y cultivo de peces reproductores en cuanto estén listas las instalaciones de almacenaje.

#### **Propagación de escómbridos en el laboratorio**

Durante 1993 continuaron los esfuerzos por obtener huevos fertilizados de escómbridos adultos a fin de proveer larvas recién criadas para experimentos de laboratorio. En el curso del

año atunes barrilete negro adultos capturados en el mar alcanzaron la madurez sexual y desovaron en estanques en el Laboratorio de Achotines. Los peces, de 43 a 52 cm de talla, fueron capturados con cabo y anzuelo desde un barco de 4.5 m cerca del laboratorio; fueron colocados en bolsas plásticas grandes con agua de mar oxigenada y 10 ppm del anestésico MS-222 (méтаносульфonato de triclaína) y transportados al laboratorio dentro de 5 a 20 minutos. Fueron depositados en un estanque de aclimatación y tratamiento, de 4.5 m de diámetro y de 18,000 L de capacidad, donde permanecieron semanas o meses; luego los peces más sanos fueron trasladados al tanque de reproductores. En ambos lugares fueron alimentados diariamente con un 12% de su peso de pescado e hígado de buey. Durante el primer trimestre de 1993, se notó que comportamiento agonístico entre peces de diferentes tallas y/o especies en un solo estanque parecía causar mortalidades. Por lo tanto, subsecuentemente se pusieron juntos solamente barriletes negros de tallas similares.

Durante agosto de 1993, cinco barriletes negros de unos 50 cm de talla, mantenidos desde el segundo trimestre del año, desovaron en cuatro ocasiones. El desove terminó después de que un macho de 50 cm saltó del estanque. Unos 33,000 a 113,000 huevos fueron recolectados del tanque de reproductores el 13, 15, 19, y 25 de agosto. El 24 de agosto ocurrió desove entre las 6 y las 9 de la tarde. La temperatura en el estanque de reproductores estuvo entre 27° y 28°C y la salinidad entre 28 y 29 o/oo durante el período de 12 días en que ocurrieron estos desoves. Huevos del desove del 24 de agosto fueron examinados a las 9:30 de la noche, en cual momento se encontraban en la Etapa III temprana de desarrollo (entre las etapas de mórula blástula y gastrulación). Los huevos medían entre 0.87 y 0.92 mm de diámetro. Más del 50% de los huevos se incubaron a las 23 a 26 horas del desove. Una vez pigmentados completamente los ojos de las larvas (aproximadamente 37 a 39 horas después de la cría), se ofreció a las larvas zooplancton capturado en el mar con redes de plancton de malla de 100 y 40 µm y clasificado por tamaño entre 35 y 200 µm. El zooplancton consistió primordialmente de nauplios de copépodo, copepoditos, y copépodos adultos pequeños. Se observó un comportamiento notable en los estanques tras introducir los organismos de alimento, y un examen preliminar de los intestinos de las larvas indicó que algunos habían comido los nauplios de copépodo. Sin embargo, ninguna de las larvas sobrevivió más de 4 días, debido posiblemente a niveles inadecuados de alimento o luz en el tanque durante la etapa de primera alimentación. Series de desarrollo de huevos y larvas fueron conservadas en formol al 5%, etanol al 95%, y congelados. Se realizaron dos experimentos de inanición, y se fijaron especímenes en solución de Bouin para un análisis histológico. Los otolitos de los especímenes conservados en etanol serán examinados para determinar la periodicidad y momento de la formación del primer incremento.

En octubre de 1993, cuatro barriletes negros de unos 45 cm de talla fueron introducidos al estanque de reproductores, alzando el total así el número total de peces en el estanque a ocho. Estos peces habían sido capturados en septiembre, y mantenidos inicialmente en un estanque de aclimatación y tratamiento. El desove natural se reanudó aproximadamente un mes más tarde. Entre el 7 de noviembre y el fin del año, los peces desovaron en 14 ocasiones, produciendo cada vez entre 17,000 y 230,000 huevos fertilizados. Los intervalos de desove variaron de 3 a 11 días en noviembre y principios de diciembre. Entre mediados de diciembre y el fin del año aumentó el número de huevos desovado por día, y el desove ocurrió con mayor frecuencia, a intervalos de de 1 a 5 días. La temperatura en el estanque de reproductores osciló entre 27° y 28°C, y la salinidad fue aproximadamente 30 o/oo.

Se les ofreció a las larvas criadas en cautiverio zooplancton capturado en el mar de la forma arriba descrita y rotíferos cultivados. Varias especies de algas, *Isochrysis galbana*, *Thalassiosira* sp., *Rhodomonas* sp., y *Tetraselmis chuii*, fueron añadidas a los estanques de cría para "acondi-

cionar" el agua y proveer un contraste visual más marcado para la alimentación. Se ha ofrecido distintas concentraciones y combinaciones de alimento a las larvas en una variedad de estanques de cría de distintos tamaños. Al fin de 1993, ninguna de las larvas producidas en cautiverio había sobrevivido más de 5 días después de la cría. En 1994 se proseguirá el trabajo sobre métodos para prolongar la supervivencia de estas larvas.

A principios de marzo dos atunes aleta amarilla de unos 60 cm de talla fueron capturados y trasladados a tanques en el Laboratorio de Achotines para fines de reproducción. Pasaron 44 días en cautiverio y estaban comiendo bien cuando murieron durante un tratamiento de prueba contra parásitos externos.

#### ***Estudios conjuntos de larvas Japón-CIAT***

Durante 1992, miembros del personal de la Comisión y de la Japan Sea Farming Association (JASFA) realizaron conjuntamente experimentos para examinar el crecimiento, supervivencia, condición nutritiva, y hábitos alimenticios de atunes aleta amarilla larvales. Los estudios tuvieron lugar en la Estación Yaeyama de la JASFA en la Isla Ishigaki, Prefectura de Okinawa, donde se mantienen aletas amarillas reproductores en corrales en aguas adyacentes.

El objetivo de uno de los estudios fue determinar si las aletas amarillas larvales en etapa de primera alimentación demuestran selectividad selectividad para ciertos tipos de presa si se les ofrece la opción de varios tipos de presa. Esta información es necesaria para determinar las dietas óptimas para larvas de aleta amarilla bajo condiciones de cría. Se colectaron huevos de aleta amarilla fertilizados de los corrales en el mar a mediados de octubre a una temperatura de agua de 26.5°C. Los huevos fueron criados en el laboratorio, y larvas de saco vitelino fueron distribuidas al azar en estanques circulares con 300 L de agua de mar filtrada. Tras la absorción de la yema (aproximadamente 2.5 días después de la cría), se añadió alimento a los estanques. El alimento consistió de mezclas iguales de dos tipos de zooplanctón: (1) zooplanctón silvestre clasificado por tamaño, colectado de aguas locales, y (2) rotíferos cultivados. El zooplanctón silvestre consistía principalmente de nauplios de copépodos, copépodos juveniles y adultos, y nauplios de otros invertebrados. Muestras de larvas de aletas amarillas fueron sacadas de cada estanque a intervalos de 12 a 24 horas durante un período de 4 días, y las larvas fueron fijadas en formalina al 10% para análisis del contenido del intestino. Concurrentemente, se tomaron alicuotas de agua entera de cada estanque para medir las concentraciones de presa para el cálculo de índices de selectividad de alimento. Los resultados preliminares de un análisis del contenido del intestino de 121 peces señalaron que las larvas se habían alimentado casi exclusivamente de nauplios de copépodo y de copépodos juveniles y adultos. Los nauplios de copépodo fueron el tipo de alimento dominante por cantidad, formando más del 90% del total de presas consumidas. Durante los 4 días del experimento, la ocurrencia porcentual de los copépodos juveniles y adultos aumentó de 1.5% (Día 1) a más de 6.0% (Día 4) del número total de presas consumidas. Los rotíferos, a pesar de constituir del 30 al 50% del alimento disponible, fueron consumidos en bajas cantidades (<2.0% de las presas consumidas). El número medio de presas consumidas por larva durante cada uno de los 4 días de alimentación osciló entre 14 y 22. (El rango absoluto fue de 1 a 49 presas por larva.) El ancho medio de las presas seleccionadas por las aletas amarillas en etapa de primera alimentación fue entre unos 60 y 70  $\mu\text{m}$ . (El rango correspondiente para la mayoría de larvas de peces marinos es de 50 a 100  $\mu\text{m}$ .)

Durante septiembre de 1992, miembros del personal de la JASFA y la CIAT realizaron otro experimento en la Estación Yaeyama, para determinar el momento y periodicidad de la formación de incrementos en los otolitos de larvas de atún aleta amarilla y la relación entre el crecimiento somático y de los otolitos, ya que una comprensión de éstos es necesaria para retrocalcular tasas

de crecimiento específicas por etapa y edad a partir de las medidas del ancho de los incrementos. Se realizó la cría a dos temperaturas diferentes para determinar si la temperatura afecta estos crecimientos. Los aletas amarillas reproductores desovaron a aproximadamente las 2200 horas, y posteriormente se colectaron unos 370,000 huevos fertilizados en la superficie de un corral. La temperatura superficial del mar era 28.4°C. En el laboratorio, los huevos fueron colocados en dos estanques de 100 L a densidades de 31 y 32 huevos/L, respectivamente. El agua en los tanques fue mantenida a 26° y 29°C, temperaturas a las cuales se sabe desovan los aletas amarillas. La mañana siguiente, los huevos fueron distribuidos entre seis tanques replicados de 30 L, tras a cada temperatura, a una densidad de 13 huevos/L. Las larvas fueron muestreadas en el momento de cría, y posteriormente a intervalos de 12 horas durante 4 días, y conservados en etanol. Se terminó el experimento a los cuatro días a causa de la baja supervivencia de las larvas a la temperatura más elevada. Los investigadores de la JASFA también criaron una gran cantidad de las larvas en un estanque rectangular de 5,000 L a la temperatura ambiental del agua en la bahía adyacente a la Estación Yaeyama. Algunas de estas larvas sobrevivieron hasta 24 días, y 10 especímenes fueron conservados para fines de validación.

Los otolitos sagitas y lapilos estuvieron presentes en las larvas antes de la cría. Ya que la mayoría de los otolitos eran de solamente 8 a 12  $\mu\text{m}$  de diámetro en el momento de cría, fue difícil tratarlos y prepararlos para el examen con microscopio de luz y microscopio electrónico de barrida. Con el microscopio de luz fue posible ver los incrementos en los otolitos de larvas de 0.5 a 1 día de edad; no fue posible ver aquellos en los otolitos de larvas mayores con ninguno de los dos microscopios si no estaban empotrados en resina, pulidos en secciones frontal o transversal, y grabados con ácido clorhídrico al 0.05N. Una vez grabados, los incrementos fueron contados, usando la mayor magnificación posible con el microscopio de luz (1440x) o el electrónico de barrida a magnificaciones de hasta 6000x. Los incrementos en los otolitos de larvas de más de 16 días de edad pudieron ser contados solamente con el microscopio electrónico porque los incrementos eran, en promedio, de solamente 0.3  $\mu\text{m}$  de ancho cerca del núcleo (el centro inicial de crecimiento). El número de incrementos contado indica que el primer incremento se forma dentro de 12 horas después de la cría y que posteriormente los incrementos se forman diariamente durante los 16 primeros días después de la cría (Tabla 17). Se calculó la relación entre incrementos y tiempo transcurrido desde la cría como  $I = 0.06 + 0.98d$ , donde  $I$  = número de incrementos y  $d$  = número de días. El coeficiente de regresión de  $0.98 \pm 0.01$  desviaciones estándar (DE) no fue significativamente diferente de 1 ( $t_{0.05(24)} = 1.96, P > 0.05$ ). Sin embargo, el uso del número de incrementos contado en los otolitos de larvas de edad de 24 días de edad para estimar su edad arrojó subestimaciones de la edad de de 1 a 4 días (Tabla 17). La relación cambia a  $I = 0.33 + 0.92d$  al incluir a las larvas de 24 días de edad en el análisis de regresión. La tasa de deposición de  $0.92 + 0.02$  DE incrementos por día es significativamente inferior a 1 ( $t_{0.05(27)} = 5.41, P < 0.001$ ). Es posible que la deposición diaria haya sido interrumpida, pero parece más probable que algunos incrementos en la región del núcleo del otolito no fueron detectados. Pulir y grabar excesivamente los otolitos puede fácilmente destruir incrementos en esta región menos definida del otolito. Es a menudo mucho más difícil preparar e interpretar los otolitos de larvas criadas en el laboratorio, en comparación con aquellos de especímenes capturados en el mar. Las condiciones en el laboratorio parecen afectar adversamente los otolitos de estas larvas, resultando en incrementos mal definidos. Durante 1994 serán analizados los resultados del experimento para determinar los efectos de la temperatura sobre el crecimiento somático y de los otolitos.

Durante 1993 investigadores del JASFA y la CIAT iniciaron experimentos conjuntos en la Estación Yaeyama 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 la cultura de larvas de esta especie. Se obtuvieron larvas de aleta azul recién criados de una empresa particular en el Japón, que las envió por avión a la Estación Yaeyama. Se completó un experimento de crecimiento larval de 10 días de duración, así como también un análisis de las tasa de inanición. Se conservaron en etanol muestras de larvas de 1 a 10 días de edad para un análisis de la formación de incrementos en los otolitos y de la morfología de los mismos. Se completaron dos experimentos de selectividad de alimento; el primero examinó la selectividad por larvas en la primera etapa de alimentación que pudieron elegir entre nauplios de copépodo capturados en el mar y rotíferos cultivados, y el segundo comprobó la selectividad por larvas de mayor tamaño entre copépodos de mar y camarones *Artemia* spp. cultivados. Estos experimentos conjuntos representan los primeros estudios experimentales de atunes aleta azul larvales jamás realizados.

#### ***Crecimiento y supervivencia de barriletes negros larvales y juveniles tempranos***

Durante 1993 se analizaron los resultados de un experimento llevado a cabo a fines de 1992 para medir los efectos de la temperatura del agua y la concentración de alimento sobre el crecimiento y supervivencia de atunes barrilete negro larvales tardíos y juveniles tempranos. Los barriletes negros fueron capturados con luz submarina a de 8 a 11 km (4 a 6 mn) del sur de la Península de Azuero, en la República de Panamá, y trasladados vivos al laboratorio. Al cabo de entre 48 y 60 horas de aclimatación en estanques, los peces, de unos 15 mm de talla estándar, fueron trasladados a seis estanques de fibra de vidrio, de 330 L de capacidad, con agua de mar a 23°C, y seis estanques similares con agua de mar a 28°C. Se mantuvieron concentraciones de alimento de 10, 40, y 80 organismos zooplanctónicos por litro en parejas de estanques a cada temperatura. Se sacaron submuestras de peces de cada estanque al comienzo del experimento para estimar la talla y el peso inicial de los peces, y se iniciaron pruebas de alimentación con nueve peces en cada estanque. Al cabo de ocho días, los peces que sobrevivían fueron sacrificados y medidos al 0.1 mm más cercano, secados durante 72 horas a 60°C, y pesados al miligramo más cercano.

Hay dos estaciones en el área del estudio frente al litoral Pacífico de Panamá. La temporada de lluvias es un período de afloramiento reducido, con temperaturas superficiales del mar (TSM) de unos 27° a 29°C y abundancia de zooplancton relativamente baja. La temporada de sequía es un período de afloramiento impulsado por el viento, con TSM de unos 22° a 25°C y zooplancton relativamente abundante. En los experimentos de laboratorio se simulaban las temporadas de lluvias y de sequía con temperaturas más altas y más bajas, respectivamente, en los tanques.

La supervivencia de los peces varió de 44 a 100% en los distintos estanques, y no fue afectada por la temperatura. La supervivencia fue significativamente menor con concentraciones bajas de alimento que con concentraciones medianas o altas. El crecimiento de los peces varió de 0.71 a 2.44 mm por día. El crecimiento máximo en talla y peso ocurrieron a 28°C y con la mayor concentración de alimento. El crecimiento en el laboratorio en la temporada de lluvias simulada fue hasta 60% mayor que aquel de la temporada de sequía simulada. Es por lo tanto posible que el crecimiento pueda ser a veces limitado por la temperatura durante la temporada de sequía y por el alimento durante la temporada de lluvias.

#### ***Respirometría***

Los atunes son únicos entre los peces óseos en tener una red admirable, o intercambiador de calor, en el sistema circulatorio, órgano que conserva el calor metabólico y permite al pez mantener una temperatura del cuerpo superior a aquella del agua que les rodea (endotermia). La Dra.

Kathryn Dickson, profesora de la California State University en Fullerton y especialista en fisiología de los peces y bioquímica, está llevando a cabo estudios para determinar si las temperaturas musculares elevadas permiten a los atunes nadar más rápidamente. La Dra. Dickson y tres estudiantes universitarios pasaron unas tres semanas en el Laboratorio de Achotines en enero de 1993, probando un respirómetro de túnel de natación recientemente construido para usar con atunes juveniles. La Dra. Dickson está haciendo los preparativos para un proyecto de investigación que se llevará a cabo en el Laboratorio de Achotines para medir las tasas metabólicas de atunes juveniles nadando a velocidades hasta la velocidad aeróbica máxima o velocidad crítica, la velocidad máxima que un pez puede sostener por un cierto período.

El respirómetro fue probado inicialmente con jureles verdes (*Caranx caballus*) capturados con cabo y anzuelo a menos de unas 20 km (10 mn) del Laboratorio de Achotines. Habían sido mantenidos en el laboratorio por hasta 4 días antes de ser colocados en el respirómetro. Se midieron las tasas de consumo de oxígeno de dos individuos a varias velocidades, y se determinó la velocidad crítica de un individuo. Un barrilete negro de talla furcal (TF) de 195 mm, capturado con luz submarina 4 meses anteriormente, fue probado también en el respirómetro. Nadó en el respirómetro por 18 horas, y durante este período las tasas de consumo de oxígeno fueron medidas a tres velocidades de natación distintas. Sin embargo, no se determinó la velocidad crítica, ya que el pez estaba en malas condiciones antes de ser colocado en el respirómetro. Tres sierras de TF de entre 100 y 120 mm, capturadas con una jábega de playa y mantenidas hasta 18 días en el Laboratorio de Achotines, fueron probadas también en el respirómetro, pero no se obtuvieron datos válidos porque eran demasiado pequeños para el respirómetro. Se desarrollará un aparejo adicional para la cámara de natación del respirómetro para acomodar peces más pequeños.

Adicionalmente a las pruebas del respirómetro, la temperatura muscular ( $T_m$ ) de tres barriletes negros juveniles, de 55, 62, y 84 mm, capturados con luz submarina el 7 de enero de 1993, fueron tomadas al cabo de 2 semanas de cría en el laboratorio. Los valores de  $T_m$  fueron 0.6°C, 0.6°C, y 1.0°C, respectivamente, superiores a la temperatura ambiental del agua. Estos valores concuerdan con los datos que la Dra. Dickson había recopilado previamente en el Laboratorio de Achotines. Muestras de barrilete negro, aleta amarilla, y sierra capturadas en Panamá fueron transportadas al laboratorio de la Dra. Dickson en California para analizar los factores que posiblemente limiten la capacidad de elevar la temperatura muscular, entre ellos la cantidad de músculo rojo, las características de la red admirable, las dimensiones del cuerpo, y la capacidad de los músculos de producir calor (índices enzimáticos de capacidad aeróbica).

#### **Estudios de ictioplanctón y oceanográficos**

Durante 1993 se continuaron el muestreo de escómbridos larvales y la medición de los parámetros físicos del océano. El objetivo del programa de muestreo es obtener información sobre los patrones de día-noche y por temporada de la distribución vertical, el crecimiento, la dieta, y la condición nutritiva de los escómbridos larvales en relación a las características del ambiente físico y la disponibilidad de organismos de alimento en la columna de agua. Se realizó el muestreo en la Estación MSB (Figura 29). Se realizan todas las tomas de muestras con una pequeña red de arrastre de Tucker, un aparato de muestreo capaz de ser abierto y cerrado bajo el agua y así capturar larvas en estratos discretos de profundidad, a bordo de un pequeño barco de investigación, el *Achotines III*. La red de Tucker tenía una apertura de 75 x 83 cm y malla de 335  $\mu$ m. El microzooplancton, que sirve de alimento para las larvas, fue colectado simultáneamente con una red más pequeña (apertura 12 x 12 cm) de malla más fina (73  $\mu$ m) colocada dentro de la red de Tucker. La red está también equipada con un aparato para registrar la hora, la temperatura del agua, y la profundidad de la red durante el arrastre.

Se procuró realizar cada mes muestreos con red de Tucker de día, de noche, y en períodos consecutivos de día-noche. Durante los viajes de muestreo se realizan dos arrastres oblicuos replicados en cinco estratos nominales de profundidad, 0-5, 5-20, 20-40, 40-60, y 60-80 m (0-3, 3-11, 11-22, 22-33, y 33-44 brazas). Los tres estratos menos profundos son muestreados durante cada viaje, mientras que los dos más profundos son muestreados una vez por trimestre. Inmediatamente antes y después de realizar una serie de arrastres, se hace un lance de CTDO a profundidades de hasta 100 m (55 brazas). El CTDO es un instrumento que mide simultáneamente y continuamente la conductividad (salinidad), temperatura, profundidad, oxígeno disuelto, y radiación fotosintéticamente disponible del agua en toda la profundidad del lance. Las muestras de los tres estratos más someros fueron divididas en dos durante el arrastre por un dispositivo montado en la red y conservadas en una solución de etanol al 95% para los estudios de crecimiento y de hábitos alimenticios, y en solución de Bouin para los estudios de la condición nutritiva. No se dividieron las muestras recogidas en los dos estratos más profundos, y se conservaron en una solución de formol al 5%; se hizo lo mismo con las muestras microzooplanctónicas de todos los estratos. Durante cada estudio se toma una muestra de agua de la superficie del mar para un análisis de fitoplancton tóxico.

Todas las muestras de ictioplancton tomadas a bordo del *Achotines III* son procesadas inicialmente en el Laboratorio de Achotines. Se extraen las larvas de escómbridos de las muestras de plancton, se identifican al nivel más detallado posible, y se miden. Las larvas son enviadas a los científicos en el laboratorio de La Jolla para estudios subsiguientes. El personal del Laboratorio de Achotines está también clasificando muestras de ictioplancton tomadas en el Golfo de Panamá por un investigador de la CIAT a bordo del barco *McArthur*, del National Oceanographic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos.

El estudio del ambiente local de los atunes larvales y juveniles es una parte fundamental del programa de la CIAT en Panamá. Durante las etapas tempranas de vida, escómbridos son sensibles a las condiciones oceánicas, ya que afectan su estado fisiológico, fuentes de alimento, supervivencia, y retención en áreas que favorecen un crecimiento rápido. Los objetivos de los estudios ambientales son describir el ambiente oceánico frente a la Península de Azuero, seguir la variación a largo plazo de variables fundamentales, y determinar las reacciones de los atunes pequeños a los procesos físicos y biológicos de su ambiente. Por consiguiente, además de los muestreos con la red de Tucker, se intenta realizar al menos una vez por mes estudios oceanográficos cerca de la costa en 14 estaciones a lo largo de 3 transectos que se extienden mar afuera desde Punta Mala, la Bahía de Achotines, y Morro Puercos hasta el isóbatos de 2,000 m (1,094 brazas) (Figura 29). Se hacen observaciones a lo largo de cada transecto en las aguas de la plataforma continental, el borde de la plataforma, la vertiente continental, y el abismo. Las observaciones en las estaciones consisten de un lance de CTDO hasta 100 m o hasta casi el fondo, un lance de disco de Secchi, y observaciones de las condiciones meteorológicas. Se toman varias veces durante los muestreos muestras de agua cerca de la superficie y cerca del fondo, usando frascos de Niskin para calibrar los datos del CTDO.

En la Tabla 18 se detallan los arrastres con red de Tucker y los muestreos oceanográficos realizados en 1993. Los muestreos fueron severamente limitados durante el primer trimestre debido al mal tiempo y a problemas mecánicos con el *Achotines III*. Averías del CTDO imposibilitaron la toma de algunos de los datos oceanográficos durante agosto y septiembre. Se ha reducido notablemente la acumulación de muestras no clasificadas, y se completó la clasificación de 49 muestras de plancton colectadas en el Estrecho de Florida (ver Informe Anual de la CIAT de 1992). En noviembre se suspendió el programa de muestreo de ictioplancton y oceanográfico hasta después de analizar las muestras y datos tomados hasta la fecha y diseñar más estudios.

En agosto se inició un experimento, repetido en octubre, para investigar la eficacia de la malla de 335  $\mu\text{m}$  usada en los arrastres con la red de Tucker. En ambos experimentos se realizaron ocho arrastres replicados con la red de 335  $\mu\text{m}$  y ocho más con una de malla mucho más fina de 150  $\mu\text{m}$ . La densidad y la distribución de tallas de las larvas de escómbridos capturadas serán comparadas para cada red con miras a cuantificar los niveles de escape y extrusión de escómbridos larvales pequeños a través de la red de malla más gruesa.

Durante el cuarto trimestre de 1993 se completó un experimento para examinar los efectos de la fijación y conservación sobre los volúmenes de plancton colectados en los arrastres. En el curso de muestreos rutinarios con la red de Tucker frente al Laboratorio de Achotines, la mayoría de las muestras de ictioplancton fueron divididas en el mar (por un dispositivo en la red) y colocadas en distintos medios de conservación para distintos análisis biológicos. A fin de comparar los volúmenes de plancton colocados en los distintos medios (fijador de Bouin, etanol al 95%, o formal al 5%), es necesario determinar los cambios potenciales ocasionados por cada medio sobre estos volúmenes. Durante noviembre se colectó plancton con la red de Tucker en la Estación ASB (Figura 29) en arrastres oblicuos, de aproximadamente 8 minutos de duración, a profundidades de entre 20 y 40 m (11 y 22 brazas). El plancton colectado fue colocado en agua de mar refrigerada, transportado al laboratorio, y dividido en 13 alicuotas de igual tamaño. Se midió el desplazamiento de cada alicuota al mL más cercano y se colocó cada alicuota en uno de los tres medios de conservación. Durante el primer trimestre de 1994 se volverá a medir las muestras, y se calcularán factores de ajuste para cada medio.

### ***Muestreo de zooplancton***

Durante agosto y septiembre de 1993 se realizó muestreo de plancton en las aguas costeras cerca del Laboratorio de Achotines a fin de examinar la composición y abundancia de zooplancton capturado en el mar de tamaño adecuado para alimentar larvas en las primeras etapas de alimentación. El objetivo de la investigación era determinar si se disponía de una cantidad suficiente de organismos de alimento (predominantemente nauplios de copépodos) para criar y para llevar a cabo experimentos con escómbridos larvales criados en el laboratorio y en las primeras etapas de alimentación. Los resultados fueron analizados durante el cuarto trimestre de 1993.

El plancton fue capturado con una red anular de 0.5 m de diámetro con malla de 40  $\mu\text{m}$  en tres lugares cerca de las islas Frailes del Norte y Frailes del Sur, a unas 2 a 6 mn (4 a 11 km) mar afuera del Laboratorio de Achotines (Figura 29). Se realizaron arrastres oblicuos de entre 5 y 7 minutos de duración de día y de noche a profundidades de entre 3 y 11 m (1.6 y 6.0 brazas). En el laboratorio se usó un sifón para pasar el plancton de cada arrastre por uno de tres pares de cedazos con aperturas de 40 y 200  $\mu\text{m}$ , 200 y 335  $\mu\text{m}$ , o 335 y 500  $\mu\text{m}$ , para separarlo por tamaño. A continuación se muestrearon varias alicuotas de 1 mL del plancton retenido entre los cedazos. Se contaron los nauplios y otras etapas de copépodo vivos en las alicuotas. Se usó el promedio de los conteos para estimar el número de organismos vivos en el arrastre. En caso posible, se estandarizaron las capturas de plancton al número de nauplios de copépodo bajo 10 m<sup>2</sup> de superficie del mar.

Los resultados del muestreo proporcionan estimaciones preliminares de la abundancia de nauplios de copépodo durante la temporada de lluvias en la vecindad del Laboratorio de Achotines. Los datos indican que mayores cantidades de nauplios estaban asociadas con lugar de muestreo más que con la hora o profundidad de los arrastres. Las abundancias de los nauplios eran menos variables y significativamente mayores en el área del penacho del Río Oria, cerca de Frailes del Norte, que en los lugares más lejanos de la costa. Fueron retenidas pequeñas cantidades de nauplios (<25,000 por 10 m<sup>2</sup> de superficie) entre los cedazos de 335 y 500  $\mu\text{m}$  y canti-

dades mucho mayores (>500,000 por 10 m<sup>2</sup> de superficie) entre los cedazos de 40 y 200 µm y de 200 y 335 µm. Los tamaños de los nauplios retenidos por los dos pares de cedazos más pequeños no fueron significativamente diferentes. Es por lo tanto posible que sea más eficaz pasar los nauplios destinados para alimentar escómbridos larvales en primera etapa de alimentación por cedazos de 40 y 335 µm. Sin embargo, los tamaños de los copépodos de otras etapas separados entre los cedazos de 200 y 335 µm fueron mayores que aquellos separados entre los cedazos de 40 y 200µm.

Aunque el número de arrastres estandarizados fue limitado, estos datos preliminares indican que hay cantidades suficientes de organismos de alimento presentes durante la temporada de lluvias para permitir algunos experimentos con escómbridos larvales en la primera etapa de alimentación en el laboratorio. Sin embargo, será necesario un muestreo más extenso para examinar la variación temporal y espacial en la abundancia durante las temporadas de lluvia y de sequía.

### ***Estudios del recurso de pargo***

El Sr. Amado Cano, de la Dirección General de Recursos Marinos (DGRM) de Panamá, y miembros del personal de la CIAT están llevando a cabo estudios de algunas de las especies de peces costeros de importancia comercial en la Provincia de Los Santos de la República de Panamá. El objetivo de este proyecto, radicado en el Laboratorio de Achotines, es obtener datos fundamentales sobre la biología y capturas potenciales de estas especies. La industrialización reciente, principalmente relacionada con el perfeccionamiento del procesamiento y exportación de las capturas, y el posible ingreso de embarcaciones de mayor tamaño a la pesquería, hacen que sea deseable contar con estimaciones del rendimiento potencial. En 1986 se inició un programa de muestreo para estudiar y evaluar los recursos de pargo (familia Lutjanidae) y otras especies costeras. Biólogos de la DGRM toman datos a diario sobre la captura, el esfuerzo, la talla, y el peso. Estos datos básicos proporcionarán información sobre la composición por especie, composición por talla, factores de condición, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por varias configuraciones de las artes de pesca, y las variaciones estacionales de todos éstos. La especie principalmente capturada es *Lutjanus peru*, pero cantidades menores de *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *L. aratus*, *L. viridis*, *L. inermis*, *L. colorado*, y *Hoplopagrus güntheri* también son capturadas. Las tres primeras especies forman más del 90% de la captura en la Provincia de Los Santos.

En 1993 se continuaron preparativos para iniciar un programa de marcado de *Lutjanus peru*, la especie de pargo capturada con mayor frecuencia en la pesquería. En octubre de 1992 se inició un experimento en el Laboratorio de Achotines para evaluar si es factible usar marcas implantadas visibles (IV) en estudios de marcado, y medir las tasas de pérdida de marcas y de crecimiento de los peces. Cuarenta pargos cautivos de entre 218 y 420 mm de talla fueron anestesiados con benzocaina y marcados con marcas IV en dos lugares del cuerpo, la base de la aleta pectoral y el istmo. Los peces fueron pesados y medidos, y distribuidos en grupos de 10 peces a cuatro estanques de 3.7 m de diámetro. Los peces más pequeños fueron colocados en dos de los estanques, y los más grandes en los otros dos. En 6 ocasiones durante los 184 días del experimento los peces fueron anestesiados, examinados para determinar la retención de las marcas, medidos, y pesados.

Las marcas fueron perdidas con mayor rapidez de ambas regiones del cuerpo durante los primeros 16 días del experimento, período en el cual los peces pequeños y grandes perdieron el 20% y 45%, respectivamente, de las marcas en el istmo. Las cifras correspondientes para las marcas en la base de la aleta pectoral fueron 100% para los peces pequeños y 85% para los peces

grandes. Al cabo del experimento, las pérdidas de marcas para los peces marcados en el istmo fueron 25% y 50% para los peces pequeños y grandes, respectivamente. Además de la pérdida de las marcas, los códigos alfanuméricos en las marcas colocados en el istmo se volvieron ilegibles, al cabo de solamente 16 días en algunos casos, debido a la formación de una delgada capa opaca en la piel. Todas las marcas retenidas en la base de la aleta pectoral eran legibles cada vez que fueron examinadas. Estos experimentos demostraron concluyentemente que no se deberían usar marcas IV para marcar *L. peru*, por lo menos en estos dos lugares del cuerpo.

Un proyecto que incluye estudios en el cultivo de pargos y/o peces de la familia de las corvinas (*Sciaenidae*) para reproducción y la producción de organismos para la alimentación de sus larvas y juveniles se describe en una subsección previa titulada **Proyecto conjunto OFCF-CIAT-Panamá.**

### ***Oceanografía y ecología de los atunes***

Durante la mayoría del período desde el segundo trimestre de 1990, los vientos de oriente han permanecido menos fuertes que de costumbre sobre el Océano Pacífico tropical al este de 150°E. Esta reducción en la circulación del viento tropical de bajo nivel está asociada con el Índice de Oscilación del Sur (IOS) mensual (la diferencia entre las anomalías de la presión atmosférica de superficie en Tahiti, en el Pacífico sur oriental, y Darwin, Australia), que ha permanecido negativo durante la mayor parte de este período. Este ha sido uno de los períodos más largos de vientos de oriente débiles e IOS negativos desde 1966, cuando el Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos empezó a calcular los IOS a partir de datos de estas estaciones. También ocurrió un período extendido de IOS predominantemente negativos entre el fin del Niño de 1975-1976 y el comienzo del Niño más fuerte del siglo veinte, aquel de 1982-1983. Aparentemente hubo un período de vientos de oriente menos fuertes que lo normal de más de 5 años de duración, entre 1925 y 1931, que terminó con el Niño muy fuerte de 1930-1931. Durante períodos de IOS negativos, ya que la presión superficial es inferior a lo normal sobre el Pacífico sur oriental y superior a lo normal sobre el norte de Australia, las circulaciones atmosférica de bajo nivel y oceánica son débiles, especialmente en el Pacífico oriental tropical (POT). Esta situación resulta usualmente en condiciones de El Niño, caracterizadas por temperaturas superficiales del mar (TSM) superiores a lo normal, un nivel del mar elevado, una termoclina más profunda, y corrientes oceánicas de superficie anormales.

Las condiciones oceánicas durante el primer trimestre de 1993 fueron similares a aquellas de la segunda mitad del verano austral en muchos años en los cuales parece que condiciones de El Niño se están regenerando de un episodio anterior de agua cálida o se están desarrollando de nuevo. Por ejemplo, las TSM a lo largo de la línea ecuatorial al este de 170°W fueron, en promedio, casi normales, pero habían áreas aisladas al sur de la línea ecuatorial y frente a las costas de Perú y Chile donde las TSM permanecieron a o alcanzaron niveles 1°C superiores a lo normal. Además, las TSM permanecieron a niveles superiores a lo normal en una región grande desde el sudoeste de Baja California al sur de Alta California, en la cual las TSM habían sido de 1é a 3°C superiores a lo normal desde el primer trimestre de 1992. Las distribuciones de las anomalías de las TSM durante el primer trimestre de 1993 y el período correspondiente de 1992 fueron marcadamente diferentes (Informe Trimestral de la CIAT de enero-marzo de 1992 y enero-marzo de 1993: Figuras 10 y 15, respectivamente). En contraste al primer trimestre de 1993, en 1992 ocurrió una expansión rápida de anomalías positivas de las TSM de de 1é a 3°C a lo largo de la línea ecuatorial y en las áreas costeras de Perú y el norte de Chile a medida que se intensificaba el Niño de 1991-1992.

Según los ejemplares de enero y febrero del *Climate Diagnostics Bulletin* del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos, el IOS estuvo a -1.0 durante el primer trimestre de 1993, indicando que la circulación atmosférica de nivel bajo permaneció igual de débil como durante el cuarto trimestre de 1992. Por lo general, la presión atmosférica fue inferior a lo normal en la superficie del mar a lo largo de la costa occidental de Sudamérica. Además prevalecieron presiones superficiales inferiores a lo normal a lo largo de la costa occidental de los Estados Unidos durante el segundo semestre de 1992. Por lo tanto, vientos de superficie menos fuertes que lo normal resultaron en una reducción en la mezcla de la capa de superficie del océano frente a las costas occidentales en ambos hemisferios. Las anomalías positivas de las TSM a lo largo de las áreas costeras de Baja California y el sur de Perú (Figura 30) resultaron, parcialmente, de los sistemas de alta presión débiles en el Pacífico oriental, que causaron también que persistieran las condiciones de El Niño de 1991-1992 en el primer trimestre de 1993. Durante este período el nivel del mar permaneció ligeramente por encima de su nivel normal, pero datos en el *Climate Diagnostics Bulletin* de febrero de 1993 indicaron que la termoclina a lo largo de la línea ecuatorial el este de 100°W descendió hasta 25 m (14 brazas) por debajo de su nivel normal.

Durante el segundo trimestre de 1993, las condiciones en el POT fueron similares a aquellas de la última parte del primer trimestre. Sin embargo, para junio habían indicaciones claras de que las condiciones de El Niño no se estaban intensificando ni regenerando. Más significativamente, el IOS aumentó desde -1.6 en abril a 0.6 en mayo. Durante este período, los vientos superficiales de oriente arreciaron en la zona tropical, particularmente al oeste de 140°W, pero en la parte oriental del POT los vientos permanecieron débiles. La circulación menos fuerte en el Área de Regulación de la Comisión para el Aleta Amarilla (Figura 1) fue reflejada en la región anormalmente grande con TSM superiores a 29°C. Se ilustran en la Figura 31 las regiones con anomalías positivas de las TSM de más de 1°C. Hubieron áreas grandes con vientos ligeros y calentamiento solar local extenso de la superficie del océano a lo largo del litoral central del Perú y en la región entre 110°W y 135°W desde Baja California a la línea ecuatorial durante la primera mitad del segundo trimestre. El nivel del mar y la profundidad de la termoclina se habían aproximado a sus valores normales al fin del segundo trimestre (Figura 30). Al oeste y al sur de Baja California las TSM permanecieron de 1°C a 2°C superiores a lo normal, excepto en las rutas frecuentes de tormentas tropicales, durante el resto de 1993. El Pacífico occidental (al oeste de 160°W) tuvo condiciones oceánicas casi normales y una incidencia normal de tormentas tropicales durante la segunda mitad de 1993.

Análisis de los datos de TSM por el personal de la CIAT e información en los ejemplares de julio y agosto del *Climate Diagnostics Bulletin* indican que las condiciones de El Niño casi desaparecieron durante el tercer trimestre de 1993. Las áreas del océano con anomalías positivas de las TSM de más de 1°C fueron mucho menos extensas que en el trimestre anterior (Informes Trimestrales de la CIAT de abril-junio y julio-septiembre de 1993: Figuras 9 y 15, respectivamente). Ocurrió algo parecido en 1992, pero las condiciones de El Niño volvieron a aparecer durante y después del cuarto trimestre de ese año. Al fin del tercer trimestre de 1993 parecía probable, juzgando por datos de años previos, que se desarrollarían condiciones de "anti-El Niño" para mediados de 1994. Los cambios en las circulaciones atmosférica y oceánica fueron acompañadas por una normalización lenta del nivel del mar, las TSM, la profundidad de la termoclina, y las corrientes oceánicas de superficie en la mayor parte del POT (Figura 30). En el tercer trimestre estos cambios fueron causados en parte por la mayor fuerza de los vientos de oriente de superficie, reflejada en la ligera tendencia positiva del IOS (Figura 30). Persistió la tendencia a

enfriamiento, a diferencia de aquella que siguió el tercer trimestre de 1992, y eso llevó a una continuación de condiciones normales en el POT durante el resto de 1993.

Durante el cuarto trimestre de 1993, las circulaciones atmosféricas y oceanográficas siguieron normalizándose lentamente, observación apoyada por las TSM, el IOS, la profundidad de la termoclina, y el nivel del mar en la Figura 30. Los datos de las TSM para diciembre de 1993 (Figura 32) demuestran que las TSM estaban volviendo a valores casi normales en la mayor parte del POT. En la figura, las áreas del POT con anomalías positivas o negativas de la TSM de más de 1°C son mucho menores que en agosto de 1993 (Informe Trimestral de la CIAT de julio-octubre 1993: Figura 15). Las únicas áreas de tamaño significativo con anomalías positivas se encuentran al suroeste de Baja California y al oeste del centro del Perú. Estas áreas cálidas han persistido durante el año a raíz de los vientos suaves de superficie que han llevado a una reducción de la mezcla por el viento en la capa superior del océano. Los valores negativos del IOS en el período de octubre de 1992 a diciembre de 1993 reflejan la debilidad de los sistemas superficiales de alta presión que han persistido frente al litoral occidental de las Américas durante este prolongado episodio reciente de El Niño. La profundidad de la termoclina permaneció de 5 a 10 m (3 a 6 brazas) por debajo de su nivel normal durante octubre y noviembre en el POT, pero ascendió a casi su nivel normal para el fin del cuarto trimestre. El nivel del mar siguió su descenso, y alcanzó un valor subnormal para el fin del cuarto trimestre en ciertas áreas costeras frente a Sudamérica. El IOS subió lentamente a cero, tras un período prolongado de valores negativos. Esta tendencia ascendiente reciente del IOS resultó primordialmente del aumento de la fuerza de los vientos superficiales de oriente en el Pacífico tropical central y oriental. Era posible que las condiciones de El Niño reaparecieran durante el verano austral de 1993-1994, pero ya que el ambiente oceánico era entonces más parecido a su estado normal que en ningún momento de los 24 meses previos, las condiciones para la pesca atunera en el Océano Pacífico oriental, que suelen ser malas durante episodios de El Niño, podrían mejorar en 1994, especialmente en las áreas costeras y de altura entre Colombia y el norte del Perú.

## **PROGRAMA ATUN-DELFIN**

En el Océano Pacífico oriental (OPO) atunes aleta amarilla de entre unos 10 y 45 kg se asocian frecuentemente con mamíferos marinos, y especialmente con delfines manchados, tornillos, y comunes. En la Figura 33 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 acabaron enmallados en la red y se sofocaron.

En 1976 se ampliaron las responsabilidades de la CIAT al incluir los problemas ocasionados por la mortalidad incidental en las redes de cerco de delfines asociados con atunes en el OPO. La Comisión acordó que sus objetivos serían “mantener un alto nivel de producción atunera y sostener la población de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad, trabajando en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines” (CIAT, actas de la reunión de 1976: 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, y (3) estudiar las causas de la mortalidad de delfines en las faenas de pesca e instar a los pescadores adoptar técnicas de pesca que minimizen las mortalidades de delfines.

### ***Toma de datos***

#### ***Cobertura***

In 1993, observadores del Programa Atún-Delfín de la CIAT zarparon en 325 viajes de pesca en el OPO a bordo de barcos cerqueros de la clase 6 (capacidad >400 toneladas cortas) con banderas de Belice, Colombia, Ecuador, España, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. En el año fueron observados 347 viajes, 22 de ellos iniciados en 1992 y completados a principios de 1993.

El diseño de muestreo para 1993 contemplaba una cobertura al 100% de los viajes de barcos que pescan atunes asociados con delfines en el OPO. Observadores de los programas nacionales mexicano y estadounidense (Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) de México y el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los Estados Unidos) cubrirían la mitad de los viajes de los barcos de sus flotas respectivas, y observadores de la CIAT la otra mitad. Todos los viajes de barcos de las otras flotas serían cubiertos por observadores de la CIAT.

Los programas mexicanos y de la CIAT combinados muestrearon el 100% de los viajes de barcos de la flota mexicana. Los programas de los EE.UU. y la CIAT muestrearon un 98% de los viajes de barcos estadounidenses. Un barco estadounidense no llevó observador en su único viaje como barco de la clase 6; carecía de un permiso oficial para pescar atunes asociados con delfines y por lo tanto no necesitaba llevar observador en ese viaje. (Subsecuentemente, tras una modificación de su área de carga, el barco en cuestión fue clasificado a la clase 5). Las flotas de Belice, Colombia, Ecuador, España, Panamá, Vanuatu, y Venezuela fueron todos cubiertos al 100% por el programa de la CIAT en 1993.

En la Tabla 19 se resume la cobertura de cerqueros de la clase 6 de la flota internacional por el programa internacional de la CIAT y los programas nacionales de los Estados Unidos y México. El programa de la CIAT muestreó más del 73% del número total de viajes, y los tres programas juntos muestrearon más del 99%. Ambos porcentajes son los más altos logrados en los 15 años del programa.

#### ***Capacitación***

No se celebraron cursos de capacitación de observadores en 1993, ya que el número de observadores ya capacitados por la CIAT fue suficiente durante el año para cubrir todos los viajes realizados por los barcos de la flota internacional.

### ***Programa de artes de pesca***

#### ***Servicios***

Durante 1993 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 40 barcos, 1 matriculado en Belice, 37 en México, y 2 en Vanuatu. Un panel normal consiste de dos paños de malla de 1.25 pulgadas (32 mm), fabricada de cordel de nylon de 24 hilos, que sustituyen parte de la malla de 4.25 pulgadas (108 mm) adyacente a la línea de corchos; la probabilidad de que los delfines enreden el hocico en esta malla fina al ser liberados de la red es mucho menor. Para ver-

ificar la alineación del panel, se realiza un lance de prueba, durante el cual un técnico de la CIAT observa el desempeño de la red durante el retroceso desde una balsa inflable. Transmite sus observaciones, comentarios, y sugerencias al capitán del barco por radio, y se procura resolver cualquier problema que surja. Posteriormente, se prepara un informe para el armador o administrador del barco, en el cual se resumen los comentarios del técnico de la CIAT y, en caso necesario, las recomendaciones para mejorar el equipo de protección de delfines del barco y/o la forma de usarlo.

La CIAT brinda además otros servicios para ayudar a los gerentes de flota y los operadores de barcos individuales a reducir la mortalidad de delfines. En las oficinas regionales de la CIAT se pueden obtener publicaciones y cintas video sobre el tema. A petición, y siempre que se disponga de las autorizaciones necesarias, se preparan *Análisis de Crucero*, informes detallados sobre viajes de pesca observados, que se envían a los armadores para permitirles evaluar el desempeño de barcos y capitanes.

### ***Seminarios***

En 1993 se celebraron cinco seminarios sobre la reducción de la mortalidad de delfines. Dichos seminarios están ideados no solamente para los capitanes de los barcos, encargados de las faenas de pesca, sino también para los otros tripulantes y para el personal administrativo responsable del equipo y mantenimiento del barco. Se presenta un certificado de participación a todos los pescadores y otros que asistan a los seminarios. En la Tabla 20 se detallan las sedes y el número de participantes de 1993-1994.

### ***Proyecto de balsas para agregar peces***

En julio de 1991 la CIAT y el NMFS de los Estados Unidos pusieron a la deriva 30 balsas para agregar peces (conocidas por la sigla FAD, de *Fish-Aggregating Device*) como parte de un proyecto conjunto subvencionado por la empresa Bumble Bee Seafoods, Inc. (Informe Anual de la CIAT de 1991: 208-210). En septiembre de 1992 se decidió abandonar el rastreo por satélite de las balsas restantes, ya que habían salido del OPO (Informe Anual de la CIAT de 1992: 249-250).

La boya del FAD 24, lanzado al mar el 23 de julio de 1991 en 10°N-122°W, fue recuperada el 21 de febrero de 1993 derivando en el Estrecho de Suriago en las Filipinas. La boya se había desplazado unas 6,700 millas náuticas (12,400 km) durante sus 580 días en el mar. Estaba dotada originalmente de aparejos subsuperficiales que alcanzaban una profundidad de unos 46 m. En el informe de la persona que recuperó la boya constaba que ésta no llevaba ningún aparejo subsuperficial, y que no había fauna asociada en las inmediaciones de la boya.

### ***Certificados de pesca "sin delfines"***

En 1990, la CIAT comenzó a proveer certificados de pesca "sin delfines" a aquellos barcos cerqueros que llevaron un observador de la CIAT cuyos datos constaran que no se había perseguido ni cercado delfines intencionalmente durante el viaje. Se emiten estos certificados solamente a petición de la gerencia del barco. En 1993 la CIAT emitió 133 de estos certificados a barcos de Belice, Colombia, Ecuador, España, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela.

### ***Constancias de Participación***

Durante 1993, la CIAT emitió, a petición, *Constancias de Participación* para 75 viajes de pesca realizados por barcos de Colombia, Ecuador, España, los Estados Unidos, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. Este documento, solicitado inicialmente por representantes de algunas

naciones pesqueras, verifica que el barco ha participado en el programa internacional de observadores al nivel de cobertura acordado por el país de registro y la CIAT. Puede también constar que el barco está dotado de todo el equipo de protección de delfines recomendado por la CIAT y que técnicos de la CIAT han verificado el alineamiento correcto y condición del paño de protección de delfines en la red durante un lance de prueba.

### ***Estimaciones de la mortalidad de delfines ocasionada por la pesca***

En 1993 siguió disminuyendo la mortalidad de delfines incidental a las faenas de pesca en la pesquería cerquera internacional de atún aleta amarilla (Figura 34). La mortalidad incidental total fue 3,601 animales, una reducción de 77 o 78% con respecto a las estimaciones de 1992 de 15,539 animales (método de mortalidad por lance) o 16,083 animales (método de mortalidad por tonelada). En la Tabla 21 se detallan las mortalidades estimadas, por especie y stock. En 1993 el número de lances realizados sobre atunes aleta amarilla asociados con delfines se redujo en un 33%, y el tonelaje de aleta amarilla capturado en este tipo de lance en un 36%, con respecto a 1992. La mortalidad por lance media disminuyó de 1.50 animales por lance en 1992 a 0.52 en 1993, una reducción de 65%. Similarmente, the mortalidad media por tonelada se redujo de 0.088 animales en 1992 a 0.031 en 1993, una reducción de 65%. La reducción en la mortalidad incidental se debió por lo tanto a disminuciones en la mortalidad media por lance y también en el número de lances realizados sobre atunes aleta amarilla asociados con delfines.

Como resultado de la cobertura completa por observadores de la pesquería internacional con red de cerco en 1993, se sabe la mortalidad total de delfines incidental a esta pesquería sin error de muestreo. Sin embargo, ya que el personal de la CIAT no dispone todavís de los datos detallados por lance reunidos por el PNAAPD, no es posible una identificación por especie y stock para esos datos. Se estimó por lo tanto la mortalidad total por especie y stock mediante un nuevo método que incorpora la información sobre la mortalidad total. Puesto que las proporciones estimadas de mortalidad por stock para los barcos mexicanos (datos de la CIAT) son significativamente diferentes de aquellas de los barcos de otras banderas para varios stocks (debido posiblemente a diferencias en la distribución espaciotemporal del esfuerzo de pesca entre las dos categorías de flotas), se usó un estimador de la mortalidad por stock con dos estratos, barcos mexicanos y no mexicanos. Para los barcos no mexicanos, se sabía la mortalidad por stock sin error de muestreo, gracias a la cobertura de muestreo al 100% (datos de la CIAT y el NMFS). Para los barcos mexicanos, se estimaron las proporciones de la mortalidad por stock usando los datos de la CIAT de barcos mexicanos para prorratear la mortalidad total de la flota mexicana (la suma de las mortalidades registradas por observadores del PNAAPD y de la CIAT) a stocks. Es decir, la mortalidad de la flota mexicana por stock fue estimada con un estimador de razón, para el cual se consideró la mortalidad de todos los stocks como la variable auxiliar. Se obtuvo la mortalidad total estimada por stock sumando las mortalidades observadas (flota no mexicana, datos de la CIAT y el NMFS) y las mortalidades prorrateadas (flota mexicana, datos de la CIAT y el PNAAPD). Se calcularon estimaciones de *bootstrap* de los errores estándar de la mortalidad de cada stock con un procedimiento de remuestreo para datos muestrales.

Ha tenido lugar una reducción dramática en el nivel de mortalidad incidental a esta pesquería desde 1986, el primer año con cobertura suficiente para la flota internacional (Figura 34). El número de lances sobre delfines en 1993 fue un 34% inferior a aquel de 1986; al nivel de esfuerzo de 1986, la mortalidad total de delfines en 1993 hubiera sido aproximadamente 5,450 animales. La diferencia entre 5,450 animales y la mortalidad real de 1993 de 3,601 animales puede ser atribuida a una reducción en el número de lances sobre delfines.

Mejoras en el equipo de protección de delfines y en el desempeño de los capitanes y tripulantes de los barcos han llevado a una reducción de un 96% en la mortalidad por lance media y de un 97% en la mortalidad total desde 1986. Las mejoras del equipo de protección y rescate de delfines incluyen un mayor porcentaje de barcos con paños de protección de delfines que satisfacen o superan las dimensiones mínimas recomendadas, mayor uso de las balsas de rescate, y uso de reflectores de alta intensidad durante rescates de delfines efectuados de noche. Los seminarios sobre las técnicas de reducción de mortalidad y las revisiones del equipo de pesca y los servicios de alineación de la red, llevados a cabo por el personal de la CIAT, han mejorado la reacción de los capitanes y tripulantes de los barcos a situaciones que podrían llevar a lances con mortalidad elevada, reduciendo así el número de lances de este tipo. Como resultado de mejoras en el desempeño, el porcentaje de lances con mortalidad nula ascendió del 43% en 1986 al 86% en 1993, y el número medio de delfines vivos en la red después del retroceso se redujo de 5.9 animales por lance en 1986 a 0.7 en 1993. Cambios en los porcentajes de lances con colapsos y abultamientos de la red son otros indicadores de cambios en el desempeño de los capitanes y tripulantes de los barcos. El porcentaje de lances con colapsos de la red se redujo del 29% en 1986 al 13% en 1993, y aquel de lances con abultamientos de la red del 22% en 1986 a menos del 6% en 1993.

### ***Estimaciones de la abundancia relativa de los delfines***

A fin de estudiar los efectos posibles de la mortalidad incidental sobre el tamaño de los stocks de delfines, se calculan estimaciones de la abundancia de los mismos, generalmente mediante la aplicación de metodología de transectos lineales a datos tomados en barcos atuneros, barcos de investigación, o ambos. En años recientes, el NMFS ha realizado una serie de cruceros en barcos de investigación para estimar la abundancia de los stocks principales de delfines. Sin embargo, debido a restricciones económicas, el muestreo ha sido inadecuado, y los límites de confianza de las estimaciones son grandes. Investigadores de la CIAT han analizado datos reunidos por observadores a bordo de barcos cerqueros atuneros. Estos datos brindan una base de datos amplia, con cobertura regular de una porción sustancial del área ocupada por los stocks de delfines. Sin embargo, debido al carácter de las operaciones de pesca, los supuestos necesarios para que el muestreo con transectos lineales produzca estimaciones insesgadas de la abundancia absoluta se ven frecuentemente violadas. Se desarrollaron por lo tanto procedimientos para obtener estimaciones con el menor grado de sensibilidad posible a estas violaciones (ver Informe Anual de la CIAT de 1987: 178-180). Sin embargo, ya que es poco probable que estos procedimientos eliminen todos los sesgos, se debe considerar a las estimaciones como estimaciones de la abundancia relativa y no absoluta de los stocks.

Se obtiene la estimación de la abundancia relativa de un stock dado de estimaciones de la tasa de encuentro de manadas, del tamaño medio de las manadas, y del área de distribución del stock en cuestión, y de un factor de ajuste (derivado de un modelo ajustado a los datos de avistamientos) que toma en cuenta las manadas que no son detectadas. A fin de reducir los sesgos, se aplican estratificaciones geográficas separadas para la estimación de cada uno de los componentes del estimador. Se usa un procedimiento no paramétrico (de *bootstrap*) para estimar las varianzas, usando datos de viajes de pesca individuales como unidad de remuestreo.

Las tendencias subyacentes en la abundancia son estimadas mediante la suavización de la serie de estimaciones. Esta suavización reduce el efecto de las estimaciones extremas (valores atípicos) sobre la estimación de las tendencias, y mejora la precisión general al incorporar más información en la estimación del índice de cada año. Ya que es poco probable que el número de delfines varíe mucho en años sucesivos, estimaciones suavizadas que combinan información de años vecinos son un indicador mejor de cambios, y los intervalos de confianza resultantes son más precisos.

Se computan los intervalos de confianza suavizados mediante la combinación de procedimientos de suavización y de *bootstrap*. Tras obtener una estimación de *bootstrap* para un stock dado para cada año, se suavizan las estimaciones a través de años. Se repite este procedimiento 79 veces, y para cada año las seis estimaciones suavizadas más pequeñas y las seis más grandes producen límites de confianza de 85% aproximados. Se usa la secuencia de medianas de las estimaciones de *bootstrap* suavizadas como la "mejor" estimación de la tendencia. El procedimiento de suavización no produce un buen resultado en el primer y último punto de la serie, y por lo tanto no se presentan estimaciones suavizadas para el primer y último año de la serie para cada stock. Recientemente el personal de la CIAT ha completado evaluaciones del método de suavización que indican que en la mayoría de los casos detecta tendencias mejor que los métodos tradicionales basados en análisis de regresiones lineales (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish Bull., 91 (2): 183-194).

En la Tabla 22 se detallan el número de millas náuticas de esfuerzo de búsqueda por barcos atuneros con observadores a bordo y el número de observaciones realizadas durante esos períodos de búsqueda en 1992. En la Tabla 23 se presentan los índices de abundancia relativa de 1992. En las Figuras 35 a 41 se ilustran las estimaciones de las tendencias subyacentes para cada uno de los stocks principales asociados con atunes en el OPO.

#### ***Delfín manchado de altamar***

Los datos en la Figura 35 señalan que la abundancia del stock nororiental disminuyó durante los años 70, y que posteriormente ha permanecido relativamente estable.

En el caso del stock occidental y sureño (Figura 36), la tendencia sugiere que la población ha permanecido estable en los últimos años a un nivel inferior a aquel de los años 70, aunque las estimaciones de ese período son muy imprecisas. La tendencia negativa aparente en los últimos años no es estadísticamente significativa.

#### ***Delfín tornillo***

Los datos para el stock oriental sugieren que ha permanecido estable durante los últimos años (Figura 37). Con la excepción de la estimación elevada de 1988, los índices no suavizados de los últimos años para este stock están a niveles similares a aquellos estimados para principios de la década de los 80.

Los datos en la Figura 38 señalan que no han ocurrido cambios estadísticamente significativos en el stock panza blanca durante la última década. Las estimaciones suavizadas sugieren una reducción posible desde 1987, pero ésta no es significativa.

#### ***Delfín común***

Al añadir la estimación de 1993, el índice suavizado de 1992 para el stock norteño es significativamente inferior a los índices de los años antes de 1989 (Figura 39). Sin embargo, la interpretación de la tendencia reciente en los índices es problemática, tal como se comenta en el Informe Anual de la CIAT de 1991, páginas 228-229, ya que los índices representan la abundancia en solamente una fracción del área de distribución del stock. Estudios aéreos y a bordo de barcos realizados durante 1991 y principios de 1992 frente a la costa del sur de Alta California señalaron grandes aumentos en la abundancia de delfines comunes con respecto a estimaciones previas, sugiriendo que ha ocurrido un traslado hacia la parte norte del área de distribución. En la mayor parte del área ocupada por este stock ocurre muy poco esfuerzo de pesca por cerqueros atuneros, y por lo tanto las estimaciones son afectadas gravemente por este cambio aparente en la distribución. Adicionalmente, las mortalidades causadas por la pesca han sido bajas para este stock, menos de un 0.5% de la mejor estimación disponible de su abundancia absoluta.

Los datos del stock central indican una población estable desde principios de los años 80, tras una reducción hacia fines de los años 70 (Figura 40).

Los datos del stock sureño son muy escasos, dificultando la evaluación de las tendencias en la abundancia (Figura 41).

### ***Cambios posibles en los sesgos para datos recientes***

En los últimos años han tenido lugar importantes cambios tecnológicos y operacionales en la flota atunera cerquera del OPO. En particular, una mayor proporción de los viajes en 1993 fueron "sin delfines," es decir, no incluyeron lances sobre atunes asociados con delfines. Estos acontecimientos hacen surgir la posibilidad de cambios en los sesgos que afectan los índices de abundancia, y es motivo de inquietud si es probable que los cambios persistan durante varios años. En ese caso, es posible que los datos de los primeros y últimos años no sean comparables, en cual caso las interpretaciones por el personal de la CIAT de las tendencias en los índices se verían comprometidas. El número de lances sobre atunes asociados con delfines fue menor en 1993 que en cualquier año del período de 1985-1992, y las estimaciones puntuales de los índices de 1993 para los stocks de delfines más importantes son más bajas (si bien no significativamente) que aquellas de los años previos. Parece poco probable que hayan disminuido los tamaños de las poblaciones, ya que las tasas de mortalidad incidental de los últimos años figuran entre las más bajas registradas. Además, existe evidencia de una correlación entre los índices para algunos stocks y la cantidad de esfuerzo dirigido hacia los cardúmenes de atunes asociados con delfines.

En años anteriores, el personal de la CIAT investigó la posibilidad de que el uso de radar de alta resolución y los viajes "sin delfines" indujeran cambios (ver Informe Anual de la CIAT de 1991: 229). El uso del radar aparentemente no afectó los índices, pero el efecto posible de una proporción creciente de viajes "sin delfines" es una tema importante. En la mayoría de los casos, el observador en un barco atunero depende de la tripulación del barco para la detección de manadas de delfines, particularmente en el caso de observaciones realizadas desde el helicóptero. Si el barco no está buscando atunes asociados con delfines, la probabilidad de no registrar algunas observaciones es mayor de lo que sería en un viaje normal, ya que la tripulación tiene menos motivo por informar al observador de sus avistamientos de delfines. Esto causaría una subestimación de la densidad de las manadas de delfines. Un problema relacionado podría ocurrir con el uso de avistamientos realizados desde el helicóptero. Aunque hasta ahora se han usado los datos de manadas detectadas en primer lugar desde el helicóptero, no se usan los datos de las observaciones para las cuales se dispone únicamente de la estimación de los ocupantes del helicóptero del tamaño de la manada. Si el barco no está pescando atunes asociados con delfines, es más probable que las manadas detectadas por el helicóptero no sean investigadas por el barco, en cual caso el observador y la tripulación del barco no tendrían la oportunidad de estimar el tamaño de la manada.

A fin de evaluar la importancia de estos problemas, el personal de la CIAT ha estimado índices correspondientes a 1990-1993, usando distintos criterios para seleccionar los datos, para los principales stocks de delfines: los stocks nororiental y occidental y sureño del delfín manchado de altamar, el delfín tornillo (todos los stocks agrupados), y el stock central del delfín común. Se consideraron tres criterios: (1) excluir datos de viajes "sin delfines" y datos de observaciones desde el helicóptero sin estimaciones correspondientes del observador ni de la tripulación del tamaño de la manada; (2) incluir datos de viajes "sin delfines" y de esas observaciones desde el helicóptero; y (3) excluir datos de viajes "sin delfines" pero incluir aquellos de observaciones desde el helicóptero. La inclusión de los datos de observaciones desde el helicóptero comprendió la estimación de un factor de ajuste para la estimación del tamaño de la manada, para compensar por

las diferencias entre las estimaciones del observador y de la tripulación del tamaño de las manadas, similar a los procedimientos de ajuste de sesgo en los tamaños de las manadas actualmente en uso.

Los resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las estimaciones originales y aquellas obtenidas tras excluir los datos de los viajes "sin delfines" y de observaciones desde el helicóptero sin estimaciones correspondientes del observador ni de la tripulación del tamaño de la manada. Hay cierta evidencia de una diferencia significativa al comparar las estimaciones originales con los índices estimados tras incorporar los datos de viajes "sin delfines" y de observaciones desde el helicóptero. Las diferencias no son significativas al excluir los datos de viajes "sin delfines" e incluir aquellos de observaciones desde el helicóptero.

Estos resultados son de carácter preliminar, ya que son necesarios más análisis para evaluar adecuadamente la importancia de estos cambios recientes. Se está considerando actualmente dos problemas potenciales. En primer lugar, a fin de mantener la mortalidad incidental a niveles bajos, es posible que los barcos estén pasando por alto las manadas de delfines asociadas con cardúmenes pequeños de atunes, y que por lo tanto algunas de estas manadas pasen desapercibidas por el observador. En segundo lugar, algunos barcos podrían empezar un viaje pescando solamente atunes no asociados con delfines, y luego cambiar a la pesca de atunes asociados con delfines si no tuviesen mucho éxito. Aunque no se clasificarían estos viajes como "sin delfines," parte del esfuerzo sería equivalente a aquel de un viaje de ese tipo.

#### ***Condición del stock costero del delfín manchado y del stock oriental del delfín tornillo***

Durante la Reunión Intergubernamental celebrada en conjunto con la 52ª reunión de la CIAT en La Jolla, California (EE.UU.) el 26 y 27 de octubre de 1993, tuvo lugar un debate sobre la condición de los stocks de delfines manchados costeros y tornillos orientales, y de los reglamentos especiales de los Estados Unidos para limitar la mortalidad de estos stocks y, en algunos casos, prohibir hacer lances sobre ellos. La delegación mexicana solicitó que los investigadores de la CIAT preparasen un informe sobre la condición de dichos stocks para distribuir a los gobiernos interesados. La información en esta sección fue publicada en un documento preparado para cumplir con esta solicitud.

Las enmiendas de 1988 del Marine Mammal Protection Act (MMPA - Ley de Protección de Mamíferos Marinos) de los Estados Unidos detallan un número de criterios que una nación debe satisfacer antes de que se considere la tasa media de mortalidad incidental de mamíferos marinos ocasionada por su flota atunera comparable a aquella de la flota de los Estados Unidos. Uno de los criterios es que la mortalidad incidental total de delfines tornillo oriental y manchado costero atribuida a una flota nacional durante 1989 y años subsiguientes no debe superar el 15 y 2%, respectivamente, del total de la mortalidad incidental de mamíferos marinos atribuidos a esa flota. Aunque no se expresaron explícitamente las razones por proveer este nivel adicional de protección para estos dos stocks, es posible que se consideraran con mayor probabilidad de ser clasificados como amenazados o en peligro de extinción que los demás stocks. El delfín manchado costero se encuentra solamente en una estrecha franja costera en el OPO. Evaluaciones del delfín tornillo oriental realizadas a principios de los años 80 señalaron que el tamaño de la población había sido reducido severamente relativo a sus niveles anteriores. Los conocimientos de la comunidad científica sobre la condición de estos dos stocks han mejorado desde 1988, principalmente como resultado de investigaciones intensivas para estimar la abundancia de los mismos.

**Delfin manchado costero**

**Definición de los stocks**

El delfín manchado costero es el más pequeño de los tres stocks del delfín manchado (*Stenella attenuata*); en realidad representa una subespecie separada, *Stenella attenuata graffmani*. Se considera generalmente que el stock está limitado a una franja de 100 millas náuticas (mn) de ancho que se extiende a lo largo del litoral occidental de las Américas desde 28°N hasta 8°S (Figura 33). Sin embargo, no existe una clara separación geográfica entre los stocks costero y de altamar, ya que se encuentran con frecuencia manadas de delfines manchados de altamar dentro del área de distribución del stock costero. Las proporciones de observaciones de cada stock como función de la distancia de la costa son aproximadamente las siguientes (datos del U.S. NMFS, NOAA Tech. Rep. NMFS 28, Figura 11):

Distancia de la costa (nm)	Porcentaje de delfines manchados costeros	Distancia de la costa (nm)	Porcentaje de delfines manchados costeros
0-10	100.0	50-60	3.4
10-20	86.0	60-70	6.7
20-30	58.2	70-80	6.3
30-40	27.7	80-90	2.8
40-50	17.2	90-100	0.0

Estos datos señalan que a unas 20 a 40 mn de la costa aproximadamente la mitad de las observaciones de delfines manchados es asignada a cada stock. Las diferencias morfológicas entre los stocks costero y de altamar son pequeñas y, como resultado, una identificación correcta del stock de una manada de delfines manchados en el mar es difícil. Esto da lugar a problemas técnicos en la estimación de la abundancia y mortalidad incidental de este stock.

**Abundancia**

Los investigadores de la CIAT utilizan datos reunidos por observadores a bordo de barcos atuneros para calcular índices de abundancia para la mayoría de los principales stocks de delfines en el OPO. Sin embargo, el número reducido de observaciones confirmadas y las dificultades que tienen los observadores al intentar identificar los dos stocks en el mar hace impráctico el uso de estos datos para el delfín manchado costero.

Existen dos fuentes recientes de información sobre la abundancia absoluta de este stock. La primera proviene de una serie de cruceros de investigación (llamados MOPS (*Monitoring of Porpoise Stocks*, o control de los stocks de delfines), realizados entre 1986 y 1990 por el NMFS. Estos cruceros cubrieron una amplia área del OPO, ya que fueron realizados para obtener datos con los cuales calcular estimaciones de abundancia para todas las especies principales de delfines. Sin embargo, ya que los cruceros no fueron ideados específicamente para la estimación de la abundancia del delfín manchado costero, los datos no son ideales para este propósito. Se hicieron en total 23 observaciones, 16 de las cuales fueron identificadas positivamente como manadas de delfines manchados costeros y 7 como manadas de delfines manchados no identificados. La mejor estimación resultante para el stock es 29,800 delfines, con un coeficiente de variación (la razón entre el error estándar de la estimación y la estimación puntual) de 35% y límites de confianza de 95% de 15,100 y 50,800 delfines.

La segunda fuente de información son los datos reunidos en el crucero de investigación que realizó el NMFS en 1992 (llamado PODS, (*Population of Delphinus Stocks*), o población de stocks de *Delphinus*) con el propósito de estimar el tamaño absoluto de la población del stock central del delfín común. Los resultados preliminares del análisis de estos datos arrojó una estimación de 23,717 delfines manchados costeros, con un coeficiente de variación de 23%. Hay dos razones para pensar que esta estimación es probablemente demasiado baja. En primer lugar, el crucero cubrió el área entre 14°N y 2°N, que abarca sólo una fracción de la distribución total del delfín manchado costero; y en segundo lugar, la estimación no incluye un ajuste por las observaciones de delfines manchados que no pudieron ser identificados a nivel de stock.

Teniendo en cuenta estas dos estimaciones y las advertencias mencionadas, se concluye que el tamaño de la población de delfines manchados costeros es de aproximadamente 30,000 animales. No existen estimaciones previas confiables con las cuales comparar esta estimación. Se había calculado, a partir de reconocimientos realizados en 1977 y 1979, que la población consistía de unos 114,000 animales, pero esta estimación es excesiva ya que aparentemente se basa en el supuesto de que todos los delfines manchados observados dentro del área de distribución del delfín manchado costero eran de ese stock. Además, la metodología usada para analizar los datos de las observaciones es considerablemente diferente a aquella usada para obtener las estimaciones recientes, dificultando la comparación de las dos estimaciones.

### ***Mortalidad incidental***

Son esporádicos los informes de mortalidad de delfines manchados costeros ocasionados por la pesquería. Los números de mortalidades reportados por los observadores han sido tan bajos que es difícil calcular estimaciones separadas de las mortalidades totales para este stock. Como resultado, las estimaciones de mortalidad de los dos stocks de altamar preparadas rutinariamente por los investigadores de la CIAT han incluido la mortalidad del stock costero. En los últimos años ha mejorado la pericia de los observadores en identificar delfines manchados costeros, y por lo tanto se solicitó a los investigadores de la CIAT computar estimaciones preliminares de la mortalidad incidental del stock en el período de 1986-1993.

Dichas estimaciones, detalladas en la Tabla 24, son inferiores a la tasa intrínseca neta de aumento supuesta para el stock de 2%, sugiriendo que el tamaño de la población no está siendo afectada significativamente por los niveles actuales de mortalidad. Si se considera que la población media actual consiste de unos 30,000 animales, se puede ver que las tasas de mortalidad han sido consistentemente menos del 2% de la estimación de la población durante 1986-1993, excepto durante 1990, cuando la tasa de mortalidad estimada fue 2.71%.

Todo esto apoya la percepción actual de que el stock no está en peligro de disminución, siempre que la mortalidad incidental continúe en el futuro a niveles iguales o inferiores al actual.

### ***Delfín tornillo oriental***

#### ***Definición de los stocks***

La información más reciente disponible sobre los stocks del delfín tornillo indica la presencia de tres stocks en el OPO, el oriental, el panza blanca, y el centroamericano (antes llamado el costarricense). De éstos, el oriental y el centroamericano han sido identificados como subespecies diferentes, *Stenella longirostris orientalis* y *Stenella longirostris centroamericana*, respectivamente. Algunos científicos ahora consideran que el stock panza blanca es un híbrido entre el tornillo oriental y el delfín tornillo pantropical *Stenella longirostris longirostris*. En la Figura 33 se ilustran las distribuciones de los distintos stocks. Existe una gran área de superposición en la cual se encuentran frecuentemente tornillos oriental y panza blanca en las mismas manadas.

### ***Abundancia***

El tornillo oriental es uno de los principales stocks involucrado en la pesquería atunera con red de cerco. Por lo tanto, existe suficiente información de las observaciones de la base de datos de los observadores para producir estimaciones de la abundancia relativa del stock. En la Figura 37 se presentan las tendencias en los índices de abundancia calculados por los investigadores de la CIAT. Los datos sugieren que este stock disminuyó hacia fines de los años 70, tras lo cual ocurrió un período de recuperación, seguido por estabilidad relativa durante los últimos años.

Se dispone de estimaciones de la abundancia absoluta para el período de 1986-1990 de los cruceros MOPS, que cubrieron toda el área de distribución del stock. La mejor estimación del tamaño de la población es 631,800 animales, con un coeficiente de variación de 24% y límites de confianza de 95% de 389,500 y 938,300 animales.

En 1993, como consecuencia de una petición para clasificar al tornillo como disminuido (*depleted*) bajo las disposiciones del MMPA, el NMFS realizó una evaluación de la condición del stock (U.S. NMFS Fish. Bull., 91 (4): 775-787). Dicha evaluación comprendió la estimación del tamaño histórico de la población, basada en un modelo de población sencillo y estimaciones de la mortalidad en el pasado y de la abundancia actual. Según el MMPA, se considera disminuido a un stock si su abundancia actual es inferior al 60% de su nivel original. Se estimó que el stock tornillo oriental estaba alrededor del 45% de su tamaño original, de modo que fue clasificado como disminuido. Esta evaluación ha causado una controversia considerable, a raíz de la escasez de información sobre la tasa intrínseca neta de aumento del stock y la insuficiencia de datos sobre las tasas de mortalidad para el período de 1959-1972. La evaluación de la condición del stock basada en este método es muy sensible a la estimación de la abundancia actual. Por ejemplo, en una evaluación previa (U.S. NMFS Fish. Bull., 81 (1): 1-13) llevada a cabo a principios de los años 80, se estimó que la población estaba a un 20% de su tamaño original.

### ***Mortalidad incidental***

Ya que el tornillo oriental ha sido uno de los principales stocks involucrados en la pesquería, la mortalidad incidental de tornillos orientales ha sido un componente importante de la mortalidad total de delfines. No obstante, tal como indica la Tabla 25, esa mortalidad ha disminuido mucho en los últimos años. La mortalidad actual es inferior a las estimaciones más conservadoras de la tasa máxima de productividad del stock; por lo tanto, siempre que las mortalidades permanezcan al nivel actual o disminuyan más, la abundancia del stock debería seguir aumentando.

### ***Conclusiones***

Un análisis de la información más reciente sobre la condición de los stocks de delfines manchado costero y tornillo oriental indica que a niveles actuales de mortalidad incidental la abundancia de ambos stocks debería estar incrementándose, ya que las tasas de mortalidad son inferiores a las estimaciones comúnmente aceptadas de las tasas intrínsecas netas de aumento de los stocks. Esto señala un cambio en la percepción de la comunidad científica de la situación con respecto a aquella de fines de la década de los 80, la que probablemente dio lugar al reglamento detallado en las enmiendas de 1988 del MMPA. Ya que se sabe más acerca de la abundancia de los distintos stocks, es ahora posible establecer límites de mortalidad para los stocks individuales en números de animales, y no en porcentajes de las mortalidades de todos los stocks combinados.

Límites proporcionales de mortalidad tienen varias desventajas. En primer lugar, ya que no están relacionados al tamaño actual de la población, brindan poca protección si la mortalidad

total es elevada. Por otro lado, pueden crear situaciones anómalas si la mortalidad total es baja, como por ejemplo en la actualidad. A medida que se reduce el límite de mortalidad para una nación, entonces se hace más probable que esa nación supere accidentalmente su límite, especialmente en el caso del delfín manchado costero, dado que la mortalidad de solamente unos pocos animales puede aumentar su porción de las mortalidades totales a más del 2%. Si ocurriera así, la única forma de evitar un embargo para esa nación sería aumentar su mortalidad incidental total sin matar más delfines manchados costeros. Este problema puede ser ilustrado con un ejemplo hipotético. Los barcos de una nación causan la mortalidad de 50 delfines, 2 de ellos manchados costeros, hasta el 29 de diciembre de un cierto año. Los manchados costeros representan al 4% de los delfines muertos por la flota de esa nación, que para no ser embargada por los Estados Unidos tendría que reducir ese porcentaje a 2% antes del fin del año. Una manera de lograr este fin sería que un barco de esa nación matase 50 delfines adicionales, ninguno de ellos manchado costero, antes del comienzo del nuevo año, pero naturalmente esta solución perjudicaría a los stocks de delfines involucrados en la pesquería.

### **Rastreo de delfines y atunes**

Durante 1992, miembros del personal de la CIAT, en cooperación con miembros del personal del National Marine Fisheries Service (NMFS) y de los Estados Unidos y la Universidad de Hawaii, iniciaron un estudio de la relación entre el delfín manchado y el atún aleta amarilla mediante el marcado simultáneo de delfines y atunes de una sola agregación, los primeros con transmisores de radio y los últimos con transmisores sónicos. Se creía que la información obtenida del rastreo simultáneo de ambas especies serviría para dos fines. En primer lugar, el estudio de los desplazamientos e interacciones de los delfines y atunes, en conjunto con estudios de sus hábitos alimenticios realizados por la CIAT y el NMFS (páginas 222-224), ayudarían a determinar la dinámica del vínculo atún-delfín y el grado en el cual se basa en el alimento. En segundo lugar, se podría determinar si el vínculo se relaja o rompe bajo ciertas condiciones y, de ser así, si los atunes serían vulnerables a la captura con arte de cerco en esos momentos.

Durante el crucero de 1992 (Informe Anual de la CIAT de 1992: 253-255), se intentó capturar delfines manchados y atunes aleta amarilla de la misma agregación, fijar transmisores al mayor número de individuos factible de cada especie, liberarlos, y rastrearlos. Los delfines y atunes fueron capturados por el cerquero estadounidense *Nicole K.*, y rastreados desde el buque de investigación *McArthur*, del National Atmospheric and Oceanic Administration de los Estados Unidos, y desde dos lanchas del *McArthur*. Fueron marcados y rastreados seis delfines; a tres de éstos se fijó un dispositivo TDR (*Time-Depth Recorder*) para registrar la profundidad y la temperatura a intervalos regulares; dos de éstos fueron recuperados al ser recapturados los delfines. Fueron marcados cinco atunes, pero resultó imposible rastrearlos.

Durante noviembre y diciembre de 1993 se realizó un segundo crucero, para el cual se seleccionó un área frente al litoral de México donde el mar tenía mayor probabilidad de ser tranquilo durante el período en cuestión. El cerquero mexicano *Convemar* fue fletado por la CIAT y el Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) para la captura de los atunes y delfines. Al igual que en 1992, se usó el *McArthur* y dos lanchas para rastrear los delfines y atunes. Participaron en el estudio científicos del NMFS, la Universidad de Hawaii, el PNAAPD, la Universidad Nacional de Costa Rica, y la CIAT; además, científicos del PNAAPD llevaron a cabo experimentos acústicos y de cortinas de burbujas a bordo del *Convemar*.

Los atunes capturados fueron marcados por nadadores, que les clavaron en la musculatura dorsal transmisores sónicos fijados a dardos planos. Se usaron tres tipos de transmisor: uno

transmite información sobre desplazamientos horizontales solamente (V3: alcance 0.50-0.75 mn (900-1400 m)), mientras que los otros dos transmiten también la presión ambiental, para determinar la profundidad de natación de los peces, además de su posición (V7P: alcance 0.75-1.00 mn (1400-1850 m); V3P: alcance 0.50-0.75 mn). Los transmisores tenían una vida nominal de 8 a 13 días.

Los delfines fueron capturados por nadadores dentro del cerco antes del retroceso y colocados en una balsa. Les fueron montados transmisores de radio sujetos a sillines de plástico fijados a la aleta dorsal con dos pernos de plástico de 6 mm y tuercas de magnesio que se corroen en agua de mar, soltando el transmisor al cabo de unas semanas. El alcance máximo de los transmisores de radio era unas 13 millas náuticas (24 km) desde el *McArthur* o el *Convemar*. A la mayoría de los transmisores sujetos a los delfines se agregó un TDR, que registra la profundidad cada 5 segundos, para permitir comparar los desplazamientos verticales de los delfines con aquellos de los atunes dotados de transmisores con sensores de profundidad. Sin embargo, para poder recuperar estos datos es necesario recapturar los delfines y desmontar los transmisores.

La intención era liberar la agregación entera de la red a la vez, mediante el desacople del extremo de proa de la red o la maniobra de retroceso. Antes de liberarlos se situaron dos lanchas del *McArthur* en la ruta de escape anticipada de la agregación. Ambas lanchas llevaban equipo de rastreo sónico y radiofónico para permitirles rastrear los delfines y los atunes. Durante el rastreo sónico desde las lanchas, se detectó la frecuencia de los pulsos del transmisor sónico, y cada 5 segundos se registró la posición de la lancha, la hora, y la profundidad del atún. Al rastrear por radio desde todos los barcos, se registró cada 15 minutos la posición, la hora, la dirección del barco, la orientación al delfín, y la fuerza de la señal. Aproximadamente cada 4 horas se lanzó desde el *McArthur* un aparato SEACAT (para medir la conductividad convertida a salinidad, la temperatura, y la profundidad) o un batitermógrafo desechable a una profundidad de por lo menos 200 m (109 brazas).

Durante el crucero se realizaron 18 lances; se liberaron cinco delfines con transmisores de radio y seis atunes con marcas sónicas. Los cinco delfines fueron rastreados durante 1 a más de 4 días, mientras que los atunes con transmisores con sensores de profundidad fueron rastreados durante 1 hora, 8 horas, y 31 horas. De los cuatro TDR usados, tres fueron recuperados al cabo de 18.5 horas, 2 días, y más de 4 días. Estos datos permiten comparar los desplazamientos horizontales y verticales de las dos especies. Se pueden interpretar los datos de las zambullidas para determinar las horas y profundidades de alimentación de los delfines y sus profundidades de natación preferidas, particularmente en relación a la termoclina. La capacidad de efectuar lances repetidos sobre los mismos delfines y observarlos desde el helicóptero proporcionó datos sobre el reclutamiento de los atunes a los delfines, y permitió vigilar cambios en el tamaño y la composición de las manadas de delfines.

Análisis de los datos de TDR de los cruceros de 1992 y 1993 (cinco delfines) indican que los delfines manchados realizan zambullidas profundas de noche (>40 m (22 brazas)), aparentemente para alimentarse de organismos de la capa de dispersión profunda migrando hacia la superficie de noche. Son particularmente aparentes zambullidas profundas justo antes del amanecer y justo después de la puesta del sol. La zambullida más profunda registrada alcanzó los 203 m (111 brazas) durante uno de los períodos de zambullida del Delfín D9 al amanecer. Durante el día, los delfines bajan típicamente a profundidades de menos de 20 m (11 brazas).

El comportamiento de los atunes fue diferente. Durante el día nadaron en la capa de mezcla a profundidades de unos 35 a 40 m (19 a 22 brazas), justo debajo de la profundidad de zambullida típica de los delfines. Después del anochecer, sin embargo, los atunes no bajaron a profundidades mayores de unos 25 m (14 brazas) al mismo tiempo que los delfines realizaban

zambullidas más profundas. La profundidad de natación máxima de los atunes (T1) fue 110 m (60 brazas).

De interés particular era la relación entre las profundidades de natación de los delfines y atunes y la profundidad de la termoclina, y en 1994 se profundizará el estudio de los datos sobre esta relación.

El rastreo simultáneo de delfines y atunes sugiere que la asociación podría ser ni permanente ni obligatoria, aunque la muestra es pequeña y los análisis todavía preliminares. Durante el rastreo de 31 horas del Atún T1, el pez siguió a los delfines durante una hora después de ser liberado de la red, pero se separó de ellos a las 12:15 p.m. El atún no fue observado con delfines durante el resto del rastreo, pese a que se realizaron varias observaciones de delfines muy cerca del atún. El Atún T5 no fue liberado simultáneamente con los delfines (que fueron liberados durante el retroceso, mientras que el atún tuvo que ser liberado más tarde soltando el extremo de proa de la red) pero estuvo con una manada de delfines esa misma tarde (a las 7:00 p.m.), tal como indicaron los sonidos de ecolocalización captados por el hidrófono de rastreo y las observaciones visuales de delfines alrededor de uno de los barcos de rastreo.

### ***El Programa Internacional de Conservación de Delfines***

#### ***Antecedentes***

En 1972, cuando se promulgó el *Marine Mammal Protection Act* (MMPA - Ley de Protección de Mamíferos Marinos) de los Estados Unidos, los barcos de esa nación formaban el 77% de la capacidad de acarreo de la flota cerquera del OPO. Durante los 20 años siguientes, muchos barcos de EE.UU. abandonaron el OPO para pescar en el Océano Pacífico occidental, y muchos más cambiaron a banderas de otras naciones. (Tuvo lugar un gran éxodo de barcos estadounidenses al Pacífico occidental durante el episodio de El Niño de 1982-1983, pero armadores y capitanes de EE.UU. habían llevado a cabo pesca exploratoria en el Pacífico occidental antes de esas fechas. Se supone comúnmente que muchos barcos de EE.UU. permanecieron en el Pacífico occidental tras la desaparición del Niño y que otros barcos trasladaron sus operaciones a ese área posteriormente a raíz de las dificultades de cumplir las disposiciones del MMPA. Sin embargo, un científico del NMFS analizó los datos pertinentes y concluyó que factores económicos fueron principalmente responsables del traslado de los barcos de EE.UU. del OPO al Pacífico occidental (North Amer. Jour. Fish. Manag., 11 (3): 241-252).) Además, durante este período fueron construidos muchos barcos nuevos para empresas o particulares de otros países. A medida que las flotas de las otras naciones se incrementaron, la mayoría de esas naciones promulgaron legislación similar al MMPA.

A mediados de los años 70, mientras aumentaba la cantidad de barcos cerqueros matriculados en naciones aparte de los Estados Unidos, se hizo aparente que el problema atún-delfín no podría ser resuelto sin la participación de los pescadores de esas naciones. Por consiguiente, las responsabilidades de la CIAT fueron ampliadas en 1976 para enfrentar el problema, y se inició el programa de investigación arriba descrito.

En 1992, en la 50ª reunión de la CIAT, los gobiernos miembros aprobaron una resolución sobre la conservación de delfines en el OPO. Además, durante una pausa en la reunión de la CIAT, se celebró una reunión intergubernamental con la participación de representantes de Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, los Estados Unidos, México, Nicaragua, Panamá, Vanuatu, y Venezuela. En dicha reunión se aprobó el Acuerdo de Conservación de Delfines. Este acuerdo es casi idéntico a la resolución de la CIAT, excepto que incluye cuatro naciones (Colombia, Ecuador, España, y México) que no son miembros de la CIAT, pero que participan en la pesquería cerquera atunera en el OPO. Los objetivos del Acuerdo son "(1) reducir progresivamente la mortalidad de

delfines en la pesquería del Océano Pacífico oriental (OPO) a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales y (2), con el objetivo de eliminar la mortalidad de delfines en dicha pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla grandes no asociados con delfines y al mismo tiempo mantener las poblaciones de atún aleta amarilla en el OPO a un nivel que permita capturas máximas sostenibles año tras año, y de limitar y, en caso posible, eliminar la mortalidad de delfines en la pesquería del OPO." El Acuerdo estableció los siguientes límites generales de mortalidad de delfines (LMD) causada por la pesquería atunera en el OPO: 1993, 19,500; 1994, 15,500; 1995, 12,000; 1996, 9,000; 1997, 7,500; 1998, 6,500; 1999, <5,000. Cada gobierno se compromete a presentar cada año a la CIAT una lista de barcos para los cuales "dicho gobierno tiene razones para creer que realizarán lances sobre atunes asociados con delfines en el OPO" durante el próximo año. Se calcula el LMD para barcos individuales dividiendo el LMD general para el año por el número de barcos que se espera pesquen atunes asociados con delfines durante ese año.

Adicionalmente, el Acuerdo establece dos grupos de trabajo, el Panel Internacional de Revisión (PIR) y el Consejo Científico Asesor. Las obligaciones principales del primero son analizar el desempeño de los barcos con LMD, identificar infracciones de acuerdos sobre la mortalidad de delfines, e informar a los gobiernos de registro de los barcos de estas infracciones. Recomienda además a los distintos gobiernos sanciones estandarizadas para capitanes, armadores, y observadores y normas mínimas para el aparejo de pesca. Las obligaciones principales del Consejo Científico son asesorar al Director de la CIAT sobre investigaciones tendientes a reducir o eliminar la mortalidad de delfines causada por la pesquería atunera en el OPO.

En 1993 se asignaron LMD a 106 barcos, y el LMD medio individual fue 183 delfines. La mortalidad total de delfines causada por la pesquería fue 3,601 animales, cantidad considerablemente inferior al LMD general de 19,500 delfines. A raíz de esto, en una reunión intergubernamental celebrada a fines de 1993, se acordó reducir el LMD general para 1994 de 15,500 a 9,300 delfines y revisar posteriormente los LMD generales para años subsiguientes.

#### ***Panel Internacional de Revisión***

El Panel Internacional de Revisión (PIR) celebró tres reuniones durante 1993, las segunda a cuarta desde la formación del Panel en 1992. Todas tuvieron lugar en La Jolla, California; la segunda del 27 al 29 de enero, la tercera del 31 de mayo al 2 de junio, y la cuarta el 28 y 29 de octubre.

El PIR sigue un procedimiento de reportaje a los gobiernos interesados sobre el cumplimiento e incumplimiento por los barcos de leyes y reglamentos establecidas para minimizar las mortalidades de delfines durante las faenas de pesca. El PIR envía a cada gobierno datos resumidos de los viajes, en formularios completados en el mar por los observadores, para barcos bajo su jurisdicción. Los formularios de datos son suministrados por la Secretaría (miembros del personal de la CIAT) poco después de terminar los viajes. El PIR analiza los datos de los observadores para todos los viajes de la flota completados antes de la reunión, y tras cada reunión informes sobre las posibles infracciones son enviados a los gobiernos de las naciones, que son responsables de hacer que los barcos en cuestión cumplan las leyes y reglamentos. Los gobiernos informan a su vez al PIR de cualquier acción que tomen sobre las infracciones. El PIR entonces informa a todos los gobiernos del cumplimiento e incumplimiento, mediante un informe anual presentado a los gobiernos en la ocasión de una reunión de la CIAT.

No tuvo lugar una revisión de los datos de 1993 en la segunda reunión del PIR en enero de 1993, ya que apenas había comenzado el año. En las dos reuniones siguientes se revisaron datos de viajes completados.

El PIR tomó decisiones y medidas sobre varios asuntos en esas reuniones, entre ellas las siguientes:

1. Las actas resumidas de cada reunión del PIR serán publicadas, pero no los detalles de la reunión, ni tampoco se incluirá información confidencial en las actas.
2. Un barco con un LMD que cambie de bandera durante el año llevará su LMD consigo a su nueva bandera.
3. La lista de infracciones y sanciones acordada por el PIR en 1992 fue distribuida a todos los gobiernos partes del Acuerdo de Conservación de Delfines.
4. Se presentó a los gobiernos partes del Acuerdo el informe de un grupo de trabajo formado por expertos legales y economistas sobre opciones para asegurar el cumplimiento del Acuerdo, por naciones partes y no partes del Acuerdo, junto con las recomendaciones del PIR con respecto al mismo.
5. Se asignaron a ocho barcos LMD de 91 delfines cada uno para el segundo semestre de 1993.
6. Se recomendó a los gobiernos criterios para la emisión de los LMD para 1994.
7. Se asignaron a 73 barcos LMD de 127 delfines cada uno para 1994.
8. El PIR acordó que todos los barcos, con o sin LMD, deben llevar todo el equipo necesario para la protección y rescate de delfines, y que la falta de dicho equipo sería reportado a los gobiernos como una posible infracción.

#### ***Consejo Científico Asesor***

El Consejo Científico Asesor se reunió por primera vez el 14 y 15 de abril de 1993. Ya que no había sido nombrado ni ningún miembro del Consejo, se invitó a personas interesadas, entre ellas pescadores, expertos en artes de pesca, biólogos pesqueros y de mamíferos marinos. Asistieron 39 personas, seis de ellos empleados de la CIAT. La reunión fue fructífera, en el sentido de que se llegó a un acuerdo general sobre cuáles métodos de abordar el problema tenían la mayor probabilidad de producir resultados útiles. Se acordó que se celebraría la próxima reunión tras nombrar a unos ocho miembros al Consejo.

#### **CONDICION DE LOS STOCKS DE ATUNES EN 1992 Y PERSPECTIVAS PARA 1993**

El convenio que estableció la Comisión Interamericana del Atún Tropical manifiesta que las responsabilidades principales de la Comisión son estudiar la biología de los atunes y especies afines del Océano Pacífico oriental (OPO) para determinar los efectos de la pesca y de los factores naturales sobre la abundancia de los mismos y, con base en estos estudios, recomendar medidas apropiadas de conservación para mantener a los stocks de peces a niveles que permitan capturas máximas sostenidas. Para cumplir con esta obligación, el personal de la Comisión realiza un amplio programa de investigación que abarca estudios biológicos y oceanográficos y la toma y análisis de estadísticas detalladas de captura y esfuerzo de los barcos que pescan en el 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.

#### **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 es la especie

más importante capturada por la pesquería de superficie en el OPO. Durante 1970-1974, los aportes porcentuales de las varias áreas oceánicas a la captura mundial de aleta amarilla fueron los siguientes: OPO, 40 a 48; Pacífico occidental 16 a 24; Atlántico, 24 a 29; Indico, 6 a 13 (Figura 42). Los porcentajes equivalentes correspondientes a 1988-1992 fueron: OPO, 22 a 32; Pacífico occidental 34 a 45; Atlántico, 14 a 17; Indico, 16 a 20. Es evidente que, pese a que las capturas de aleta amarilla en el OPO han aumentado sustancialmente 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 menos importante de lo que era a principios de los años 70.

El personal de la CIAT ha usado varios modelos con estructura de edades y de producción para evaluar el efecto de la pesca sobre la abundancia del aleta amarilla en el OPO y determinar la condición actual del recurso.

### ***Modelos con estructura de edades***

Los modelos con estructura de edades utilizan datos sobre el reclutamiento y sobre las tasas medias de crecimiento y mortalidad de peces individuales. Se obtienen estimaciones de estos parámetros del análisis de datos de frecuencia de talla y de los otolitos de los peces en la captura, complementados con datos de marcas devueltas y demás datos de varios tipos. Los investigadores de la CIAT han recopilado datos sobre la composición de tallas de aletas amarillas capturados en el OPO desde 1954, y han tenido acceso a datos análogos recopilados por el California Department of Fish and Game durante el período de 1951-1954. Los otolitos fueron coleccionados entre 1977 y 1979, y se realizaron los análisis a principios de los años 80. La gran mayoría del marcado fue llevada a cabo entre 1955 y 1981, y continúa el análisis de los datos resultantes.

### ***Análisis de cohortes***

Análisis de cohortes realizados por los investigadores de la CIAT han producido información sobre la abundancia y mortalidad de peces de cohortes individuales muy útil para la evaluación del stock. (Una cohorte consiste de todos los peces reclutados a la pesquería al mismo tiempo: por ejemplo, los peces de la cohorte X73 alcanzaron una talla de unos 30 cm en noviembre de 1973, ingresaron inicialmente a la pesquería en pequeñas cantidades durante el primer semestre de 1974, y contribuyeron a ella de forma significativa por primera vez durante el segundo semestre de ese año; 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 primer paso consiste en asignar a los peces a la cohorte adecuada. A continuación se calculan estimaciones del número de peces en cada cohorte al momento de reclutamiento y a varios intervalos subsiguientes, y también del número que es capturado y que muere durante cada intervalo. La información necesaria para realizar estos cálculos incluye la cantidad y peso promedio de los peces de cada cohorte en la captura, una estimación de la tasa de mortalidad natural (o estimaciones de una serie de tasas si la mortalidad natural no es constante para peces de distintas edades), y una estimación de la tasa de mortalidad por pesca correspondiente a por lo menos uno de los intervalos de captura de cada cohorte. Estas se denominan tasas "de inicio" de la mortalidad por pesca. Todas estas estimaciones se obtienen de los análisis de las estadísticas de captura, y de los datos de la frecuencia de talla, peso-talla, y proporción de sexos. Los resultados de estos análisis no tienen la precisión deseada porque, aunque es fácil distinguir los peces de una cohorte cuando son jóvenes, 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 bastante entre cohortes.) Además, la capturabilidad de los peces varía con la edad, área, temporada del año, condiciones meteorológicas, y otras circunstancias, y las tasas de crecimiento y el momento de reclutamiento también varían. Todo esto crea interferencia y produce también posiblemente un sesgo en los cálculos.

En la Tabla 26 se presentan las poblaciones medias estimadas de las distintas cohortes, expresadas en número de peces. En el caso de la cohorte X68, por ejemplo, el número medio de peces de edad 0 en el último trimestre del 1968 fue 23,667,000, y la población de la cohorte durante el primer, segundo, tercer, y cuarto trimestre de 1969 fue en promedio 19.38, 15.76, 12.53, y 9.40 millones de peces, respectivamente (filas de 1969, columna I). En 1970, el promedio de la población de peces de 2 años de edad de la misma cohorte del primer al cuarto trimestre fue 6.30, 3.76, 2.84, y 2.15 millones de peces, respectivamente (filas de 1970, columna II), y así sucesivamente. El promedio del número de peces de 0, 1, 2, 3, 4, 5, y 6 años de edad de las siete cohortes X (1968, 1967, 1966, 1965, 1964, 1963, y 1962) durante el último trimestre de 1968 fue de 23.67, 9.18, 2.26, 0.61, 0.13, 0.06, y 0.02 millones, respectivamente (1968, última fila). Se presentan los valores para las cohortes Y de igual forma, excepto que éstas aparecen por primera vez durante el segundo trimestre del año.

En la Tabla 27 se presentan las estimaciones del número de reclutas de cada cohorte en el período de 1967-1993. Las estimaciones de 1993 son preliminares y están sujetas a cambios, debido a que los reclutas han estado expuestos a la pesca menos de un año, y si su vulnerabilidad a la captura fue superior o inferior al promedio, entonces el reclutamiento habría sido sobreestimado o subestimado. Ocurre lo mismo, si bien en grado menor, con las estimaciones de 1991 y 1992. Los promedios de los reclutamientos iniciales (Columnas 2-4) son 35 millones para la cohorte X y 42 millones para la cohorte Y; el promedio de la población media durante el mes de reclutamiento (Columnas 5-7) es 34 millones para la cohorte X y 41 millones para la cohorte Y. La variabilidad (el cociente de la estimación más grande a la más pequeña) entre años es casi igual para la cohorte X (3.03) y la cohorte Y (3.01), y aquella de los datos combinados (2.66) indica una relación inversa (no necesariamente significativa) para las dos cohortes. El reclutamiento ha sido variable, pero el promedio de 1977-1993 ha superado aquel de 1967-1976. Parece que ha sido ascendente la tendencia en el reclutamiento en los 20 últimos años, con un reclutamiento inicial medio de unos 64, 76, y 92 millones de peces durante los períodos de 1967-1975, 1976-1984, y 1985-1993, respectivamente (Figura 43). Se podría sin embargo postular que esto se debe a una variación aleatoria, especialmente en el período 1973-1993, cuando el reclutamiento inicial medio fue unos 84 millones de peces.

Los números de peces en la Tabla 26 fueron convertidos a pesos, usando los datos del peso promedio de los peces de distintas tallas (Tabla 28), para calcular la biomasa anual media estimada (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 aquellas que se consideran ser las mejores estimaciones. Se ajustaron estas tasas para lograr una comparación mejor de las estimaciones de la biomasa de las cohortes (Figura 53, recuadro inferior) con las demás tendencias estimadas de la abundancia (Figura 53, recuadros superior y central). Se calcularon las estimaciones de la biomasa (Figura

44) usando valores mensuales. En esta figura es fácil ver la fuerza relativa de las varias cohortes. Por ejemplo, el reclutamiento de las cohortes X84 y Y84 combinadas fue más o menos normal (Tabla 27) y su biomasa (Figura 44, sombreado doble) alcanzó su máximo a la edad de 2 años. Estas cohortes no fueron explotadas de forma intensiva hasta 1987, cuando tenían 2 años de edad (Figura 45). En cambio, el reclutamiento inicial de las cohortes X72 y Y72 combinadas (Figura 44, rayas diagonales) fue inferior al promedio (Tabla 27), y después de la pesca intensiva de los peces de la cohorte Y a la edad de 1 año en 1973 (Figura 45), su biomasa fue relativamente baja (Figura 44) en los años subsiguientes.

En la Figura 46 se presentan las estimaciones de la biomasa anual media correspondientes al período de 1967-1993, correspondientes a todos los peces de todas edades y a "peces grandes" (todos los peces de ambas cohortes presentes en la pesquería durante más de 17 meses). El promedio de la biomasa total en el período 1967-1971 fue de unas 360 mil toneladas cortas. Consistía de una gran proporción de peces más viejos, procedentes del reclutamiento de 1965-1967 y poco explotados en su juventud. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento de la explotación durante el período 1969-1972, provocó una reducción de la biomasa de peces más viejos de 1969 a 1973. Permaneció baja hasta 1974, mientras que la abundancia de peces más pequeños aumentó en ese año a raíz de una generación anual extremadamente numerosa en 1973 (Tabla 26), la cual produjo la mayor parte del aumento en la biomasa de peces grandes en 1975 y 1976. La mayor captura anual de aleta amarilla en la historia de la pesquería antes de 1986 fue la de 1976. El reclutamiento inferior al promedio de 1975 y 1976, junto con la explotación fuerte de peces jóvenes entre 1973 y 1982, provocaron una reducción en la biomasa de peces jóvenes y viejos, alcanzando en 1982 el nivel más bajo observado en años recientes. Aunque el reclutamiento de 1977 fue bien superior al promedio, 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 que impidió que estas generaciones contribuyeran mayormente a la pesca en 1981 y 1982. El reclutamiento fue inferior al promedio desde 1979 hasta 1982, aproximadamente normal de 1983 a 1985, superior al promedio desde 1986 hasta 1991, medio en 1992, y mayor al promedio en 1993. La biomasa aumentó en 1983, debido principalmente a la disminución del esfuerzo de pesca en ese año, y se incrementó mucho en 1984 y 1985 gracias al aumento del reclutamiento y a la reducción de la pesca de peces jóvenes. Desde entonces, según los análisis de cohortes, ha permanecido a más o menos el mismo nivel.

En las Figuras 45 y 46 se presentan las capturas anuales de peces de las cohortes X e Y, y de ambas cohortes combinadas, durante el período 1970-1993. En la Figura 45 cada recuadro incluye las capturas de peces de una sola cohorte en diferentes años, mientras que en la Figura 47 cada recuadro incluye las capturas de peces de distintas cohortes en un solo año.

Los cambios ocurridos en la composición por edad de la población y la captura se ven bien claros si se comparan las Figuras 44 (estimaciones anuales de la biomasa de las cohortes X e Y), 46 (estimaciones anuales de la biomasa total y de peces grandes), y 47 (capturas anuales, clasificadas por edad). En los años setenta, cuando el esfuerzo de pesca era elevado, sobrevivían cada vez menos peces hasta alcanzar tallas grandes. La reducción del esfuerzo en 1982, 1983, y 1984 permitió el desarrollo de muchos peces que anteriormente hubieran sido capturados de jóvenes. La contribución total de las cohortes X e Y combinadas en el período de 1967-1989 (Figura 45) fluctúa de las 148 mil toneladas de la cohorte de 1976 a las 392 mil toneladas de la de 1987, con un promedio de 232 mil toneladas para los 23 grupos. De no haber sido explotada tan intensamente la cohorte Y73 durante su primer año, las capturas correspondientes hubieran sido todavía mayores. Al dividir las capturas de estas cohortes combinadas por las estimaciones del reclutamiento iniciales correspondientes (Tabla 27) se producen estimaciones del rendimiento por

recluta para cada cohorte combinada (Figura 48) que oscilan entre 2.2 y 3.4 kg (4.8 y 7.5 libras). El reclutamiento inicial para 1967-1989 varió entre 49 y 130 millones de peces (Tabla 27), con un promedio de 76 millones, y produjo un rendimiento por recluta medio de 2.8 kg (6.1 libras).

#### ***Análisis de rendimiento por recluta***

Además de los análisis de cohortes, se usa también el modelo de rendimiento por recluta. Cuando los peces de una cohorte son jóvenes, el peso total aumenta debido al rápido crecimiento en peso de los peces individuales, mientras que las pérdidas por mortalidad natural son leves. A medida que envejecen los peces, se reduce su tasa de crecimiento, mientras que la mortalidad natural permanece más o menos igual, y en consecuencia la disminución del peso total ocasionada por la mortalidad natural en ese período es superior al incremento por crecimiento, y el peso total sufre una pérdida neta. Eventualmente, la cohorte desaparece. La forma ideal de obtener el rendimiento en peso máximo de una cohorte de peces (suponiendo, para los fines de este estudio, que ese es 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, es posible que no se pueda controlar el tamaño de ingreso eficazmente. En tal caso, la única manera de administrar la pesquería es mediante el control del esfuerzo. Si el tamaño de ingreso es superior al tamaño crítico, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si es inferior, limitar el esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Cabe mencionar que es necesario permitir que algunos miembros de una cohorte se reproduzcan por lo menos una vez antes de ser capturados. Si los peces desovan mucho antes de alcanzar el tamaño crítico, la población probablemente no se verá afectada; sin embargo, si el desove ocurre después de que los peces 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 rendimiento por recluta máximo no producirá necesariamente un rendimiento máximo. Si la forma de pescar influye en el reclutamiento futuro, se logrará el rendimiento máximo mediante un control de la pesca que optimice la magnitud de la cohorte y el rendimiento por

recluta en forma simultánea: esta posibilidad será analizada en detalle más adelante. (No obstante, esto no significa que una leve reducción del número de reproductores disminuiría el reclutamiento en años subsiguientes, puesto que esta situación no parece presentarse en la mayoría de las especies de peces). El modelo de rendimiento por recluta aquí descrito no considera la posibilidad de cambios en el reclutamiento, pero esto sí forma parte de los modelos de producción, analizados más adelante.

Cabe señalar además que un aumento en la densidad de una población de peces puede llevar a una reducción en el crecimiento de individuos o un aumento en la mortalidad natural. Por consiguiente, es posible que la pérdida por captura de algunos peces de tamaño inferior al crítico sea compensada, al menos parcialmente, por el crecimiento más rápido y/o la mortalidad natural inferior del resto de los peces. Además, si la densidad de la población influye en las tasas de crecimiento y de mortalidad natural, esto modificará el tamaño y la edad críticos de manera correspondiente. El modelo de rendimiento por recluta aquí descrito no toma en cuenta esta dificultad, pero se compensa en forma automática en los modelos de producción.

En el caso del aleta amarilla del OPO, las estimaciones del crecimiento y de la mortalidad natural obtenidas por los investigadores de la CIAT serían idealmente más confiables, pero se estima el tamaño crítico en aproximadamente 116 cm (32 kg o 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, cifrándose en unas 105 mil toneladas entre 1961 y 1970, en comparación con unas 84 mil toneladas en 1951-1960. La expansión de la pesquería hacia altamar 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 cosecha el pescado. No obstante, una administración realizada de conformidad con los resultados del modelado de rendimiento por recluta logrará rendimientos que se aproximarán al RPMS, siempre que el reclutamiento sea independiente del número de reproductores, como se indicó anteriormente. En la Figura 49 se presentan las estimaciones del rendimiento por recluta que resultan de varias combinaciones de tamaño de ingreso y esfuerzo de pesca, correspondientes a dos épocas diferentes. (El esfuerzo de pesca se analizará más detalladamente en la sección titulada *Modelos de producción*.) Distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y tamaño de ingreso producen distintos rendimientos por recluta, señalados por las líneas curvas. Los cálculos se basan en los datos de crecimiento en peso detallados en la Tabla 28, los coeficientes de mortalidad por pesca 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 se aplicó en casi igual proporción a peces pequeños, medianos, y grandes, mientras que durante el período de 1989-1992 el esfuerzo de pesca se orientó en mayor medida hacia peces grandes y en menor medida hacia peces pequeños. La distribución de tallas de 1988 fue excluido del último período debido a que fue similar a aquellas de 1978-1982, comprendiendo una mezcla de peces grandes, medianos, y pequeños. Los efectos de este cambio pueden ser observados en los histogramas de frecuencia de edad en la Figura 47. Si se aplicara una cantidad infinita de esfuerzo,

el tamaño de ingreso óptimo sería 32 kg (70 libras) (el tamaño crítico), y el rendimiento por recluta 4.2 kg (9.3 libras). Los tamaños de ingreso que producirían los rendimientos máximos por recluta para diversos múltiplos del esfuerzo de pesca, señalados por líneas curvas en la Figura 49, son denominados curvas pesqueras eumétricas. En el caso de 1978-1982, se puede ver en el primer recuadro de la Figura 49 que si el esfuerzo aumentara de 33 mil días (el nivel de 1978-1982) a 46 mil días y el tamaño de ingreso a unos 19 kg (42 libras), el rendimiento por recluta ascendería de unos 2.3 kg (5.0 libras) a unas 3.6 kg (8.0 libras). Para el período de 1989-1992 (Figura 49, recuadro inferior), un cambio en el tamaño de ingreso a 19 kg (42 libras) y un aumento en el esfuerzo de 21 mil días (el nivel de 1989-1992) a 46 mil días aumentaría el rendimiento por recluta de unos 2.9 kg (6.5 libras) a unos 3.9 kg (8.5 libras).

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 como se señala a continuación. 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 rendimiento por recluta en mayor medida que lo indicado en la Figura 49, y parece que esto es lo que ha ocurrido en los últimos años.

El rendimiento total es el producto de las estimaciones del rendimiento por recluta y el reclutamiento. Por ejemplo, el rendimiento por recluta (determinado a partir del extremo inferior de la Figura 49) correspondiente a 1978-1982, con un esfuerzo de pesca de 33 mil días de clase 6, es 5.0 libras (2.3 kg). Para 1989-1992, con un esfuerzo de pesca de 21 mil días, el rendimiento por recluta es 6.5 libras (2.9 kg). A partir de los análisis de cohortes (páginas 257-260), se estableció que el rendimiento por recluta anual medio fue 2.9 kg (6.3 libras) en el período de 1967-1992 (Figura 48, tercer recuadro). Los rendimientos que se pueden obtener con estos rendimientos por recluta y un reclutamiento inicial de 90 millones de peces, el promedio de 1977-1992, son como sigue:

Período	Rendimiento por recluta (libras)	Reclutamiento (millones de peces)	Rendimiento (miles de toneladas cortas)
1978-1982	5.0	86	215
1989-1993	6.5	86	280
1967-1993	6.3	86	271

El rendimiento con la mortalidad por pesca específica por talla de 1989-1992 es un 30% mayor que con aquella de 1978-1982. En Informes Anuales previos de la CIAT se señaló que el cambio de orientación del esfuerzo de pesca de peces pequeños a peces grandes provocaría un aumento del rendimiento por recluta y de las capturas. Ocurrió un cambio de ese tipo, y resultó en un aumento en las capturas en 1985, 1986, y 1987. Sin embargo, en 1988 se capturaron más peces de menor talla, y en los años subsiguientes se volvieron a capturar peces más grandes (Figura 16). Tal como se puede ver en el tercer recuadro de la Figura 48, el rendimiento por recluta disminuyó a menos de 6 libras en 1988, y a continuación alcanzó un promedio de más de 6.75 libras en

1989-1993. El rendimiento por recluta en un año (Figura 48, tercer recuadro) está altamente correlacionado con el peso medio capturado (Figura 50) en ese año (Figura 51).

### **Modelos de producción**

Los modelos de producción, a diferencia de los modelos con estructura de edades, se basan en datos de la totalidad de la población y no de especímenes individuales. Una población de peces que no ha sido expuesta a la pesca está a la magnitud máxima permitida por las condiciones ambientales; su mayor desarrollo se ve impedido por los predadores, por falta de alimento o de espacio vital adecuado, etc. Se dice que la población está en equilibrio cuando el incremento por reclutamiento y crecimiento es compensado a la larga por las pérdidas causadas por la mortalidad natural. Es posible que la magnitud de la población sea superior al promedio en años de condiciones ambientales particularmente favorables, e inferior al mismo en otros, pero generalmente se puede hacer caso omiso de estas condiciones al analizar las tendencias a largo plazo.

Si una o más embarcaciones pesqueras comenzaran a explotar la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone ser proporcional a la magnitud de la población, sería bastante elevada al principio, ya que la población estaría en su punto máximo. El incremento de la población seguiría siendo debido al reclutamiento y crecimiento, pero las pérdidas se deberían no sólo a la mortalidad natural sino también a la mortalidad por pesca, y por consiguiente disminuiría la población. En reacción a esta disminución, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural cambiarían, y la ganancia lograda por los dos primeros factores excedería la pérdida provocada por el último. Si se dejara de pescar, la ganancia neta haría que la población recuperara paulatinamente su magnitud original. A medida que la población se aproximase a esa magnitud, las tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural volverían gradualmente a los niveles anteriores, hasta acabar iguales a lo que eran antes de comenzar la pesca. En esta forma, la población recuperaría el equilibrio en su magnitud máxima. Sin embargo, si se continuara a pescar al mismo nivel, la población llegaría eventualmente a equilibrarse, pero con diferentes tasas de reclutamiento, crecimiento, y/o mortalidad natural, y sería de magnitud inferior a la original. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si hubieran pocos barcos explotando el recurso, la magnitud de la población se reduciría levemente y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubieran muchos, la población se reduciría considerablemente y la CPUE sería mucho menor.

La captura total sería el producto de la CPUE y el esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, un incremento moderado del esfuerzo compensaría de sobra la reducción correspondiente de la CPUE y produciría capturas mayores, pero esto no sucedería si el nivel de esfuerzo fuera más elevado. En algún nivel intermedio de esfuerzo el producto se encontraría en su punto máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS) de peces (meta estipulada en el convenio de la CIAT), el esfuerzo de pesca debería ser mantenido a ese nivel. Si el objetivo es obtener una ganancia máxima, el esfuerzo debería ser algo menor (suponiendo un precio constante), y si es lograr el mayor empleo posible de pescadores, debería ser algo mayor. Si el esfuerzo es inferior al grado óptimo seleccionado, se dice que la población está subexplotada, mientras que si es mayor al óptimo, se afirma que la población está sobreexplotada.

Es más fácil analizar la interrelación entre el esfuerzo, la captura, y la CPUE en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que rara vez 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 y el esfuerzo disminuye repentinamente, la CPUE aumentará gradualmente durante un tiempo antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE mayor. Durante el período de transición las capturas serán menores a las que se lograrán en el nuevo punto de equilibrio.

Es oportuno examinar ahora la aplicabilidad y utilidad de los modelos de producción para el atún aleta amarilla del OPO. El análisis anterior examinó "una población de peces". Los modelos de producción no son aplicables a menos de que haya poco intercambio entre los peces del área de interés y las áreas adyacentes. Se ha estudiado el grado de intercambio de aleta amarilla entre el ARCAA y la zona que la rodea (Figura 52), y se analizaron los resultados en Informes Anuales de la CIAT anteriores. Antes de 1990 se realizó el modelado de producción solamente para el ARCAA, pero (tal como se explica en la página 233 del Informe Anual de la CIAT de 1989) se decidió realizar análisis basados en la suposición de que las capturas realizadas en el OPO (al este de 150°W) provienen de un solo stock. Datos limitados indican que no ocurre una mezcla amplia de peces entre el OPO y el área al este de 150°W.

Suponiendo que los modelos de producción sean aplicables, este hecho puede advertirse sólo si: (1) existen datos de captura, esfuerzo, y CPUE de un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca, que de preferencia incluyan períodos de subexplotación y sobreexplotación, y (2) las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia aparente provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca. Se observará más adelante que sí existen datos sobre un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca. Los efectos de las condiciones ambientales también se analizaron en Informes Anuales de la CIAT anteriores. Hasta donde se ha podido establecer, estos efectos suelen compensarse en períodos relativamente cortos, y se decidió no tomarlos en cuenta pues no afectaban la eficacia del modelo.

Se ha hecho referencia al esfuerzo de pesca sin especificar que existen distintos tipos de esfuerzo, concretamente, los que ejercen las embarcaciones cerqueras, palangreras, y de carnada, más las variaciones correspondientes a distintas capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos, no es posible obtener el valor del esfuerzo total por medio de la simple combinación de los distintos tipos de datos sobre el esfuerzo. Hay dos métodos para calcularlo. En el primero se consideran exclusivamente los datos correspondientes a un solo tipo de arte de pesca, generalmente la predominante, denominada clase estándar. La captura total de todos los tipos de arte, dividida por la CPUE de la clase estándar, proporciona una estimación del esfuerzo total en unidades de la clase estándar. En el segundo se estima la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase estándar, y entonces se calcula el esfuerzo estandarizado de cada clase por medio del ajuste de los datos del esfuerzo no reducidos por los factores apropiados. El esfuerzo total estandarizado se deriva de la suma de los datos no reducidos del esfuerzo del arte estándar y los datos estandarizados del esfuerzo de las demás artes. Los investigadores de la CIAT han utilizado el primer método y varias combinaciones de ambos métodos. Se ha medido el esfuerzo no estandarizado y estandarizado en días de pesca y en días estandarizados de pesca, respectivamente, y las CPUE correspondientes han sido denominadas captura por día de pesca (CPDP) y captura por día estandarizado de pesca (CPDEP). En esta sección sólo se utiliza el esfuerzo estimado a partir de la división de la captura total de aleta amarilla por la CPDP de aleta amarilla de los cerqueros no reglamentados de la clase 6 de arqueo (de más de 400 toneladas cortas de capacidad), salvo en el caso del modelo de tiempo de búsqueda (Figura 53, segundo recuadro), analizado en el próximo párrafo.

En el recuadro superior de la Figura 53 se señalan los valores de la CPDP correspondientes al período de 1967-1993. En el segundo recuadro de la figura se presenta un índice de la abundancia en 1970-1992 basado en el modelo de "tiempo de búsqueda" (Boletín de la CIAT, 19 (3)), similar al modelo de CPDP. En el recuadro inferior se presentan los índices de la abundancia del aleta amarilla derivados del análisis de cohortes descrito anteriormente. Las tendencias de los tres índices son similares, aunque el índice de cohortes indica una abundancia relativa a 1970 mayor que los demás. Dos de los índices señalan que la población aumentó en 1985 y 1986, disminuyó en 1986 y 1987, y permaneció a ese nivel; el tercero indica que aumentó de 1984 a 1985 permaneció a más o menos el mismo nivel de 1985 a 1993, con un máximo en 1988 y un mínimo en 1990.

Los datos de CPDP señalados en la Tabla 29 y el recuadro superior de la Figura 53 indican que la abundancia del aleta amarilla en 1986 fue la más alta del período de 1967-1986, y que desde entonces ha permanecido estable a un nivel ligeramente inferior a aquel de 1986. En vista de las escasas capturas en 1982, 1983, y 1984, que permitieron el aumento de la población, este incremento de la abundancia era de esperar, como también lo era la disminución de 1986 a 1987, ocasionada por las grandes capturas durante 1986 y 1987. Sin embargo, las CPDP de 1984-1993 han sido más altas que lo previsto, debido 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 amarilla pequeño, y (3) el mayor tamaño promedio del aleta amarilla capturado, que produjo un rendimiento por recluta más elevado. En cuanto al punto (2), cabe mencionar que el modelo de tiempo de búsqueda (Figura 53, segundo recuadro) incluye un ajuste para el efecto producido por la pesca en las zonas de mayor abundancia de barrilete.

El modelo simétrico de producción, descrito a continuación, se aplicó primero con los datos de captura, esfuerzo, y CPUE de los barcos de carnada en el Area A1 (Figura 52) en el período de 1934-1955, que abarcaban un amplio rango de esfuerzo al lado de la curva correspondiente a la subexplotación. Dichos datos indicaban que, dentro del rango de esfuerzo de pesca incluido, la población se conformaba al modelo. En 1960 y 1961 el esfuerzo fue mayor al nivel óptimo por primera vez, y la población reaccionó en años subsiguientes, provocando capturas y CPUE inferiores, lo que sirvió para una mayor confirmación de la aplicabilidad del modelo.

Antes de mediados de los años sesenta sólo se pescaba en la parte del OPO cercana a la costa, y alrededor de algunas islas y bancos de altamar. A mediados y fines de esa década comenzó a incrementarse la flota pesquera, y el esfuerzo de pesca se extendió a una distancia mucho mayor de la costa. En la Figura 52 se ilustran tres áreas, denominadas A1, A2, y A3, que representan respectivamente la extensión original de la pesquería, el resto del ARCAA, y el resto del Océano Pacífico oriental. Si el intercambio de peces entre estas tres áreas 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 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 y los valores correspondientes del esfuerzo y la CPUE. En 1968, una vez que se hizo evidente que la estimación del RPMS calculada para el Area A1 no era aplicable al ARCAA entero, los Comisionados autorizaron a los investigadores emprender un programa experimental de sobrepesca con el objetivo de obtener, lo antes posible, una esti-

mación 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 altamar. Al sobrepasar los niveles óptimos del esfuerzo, la captura se reduciría, o al menos no aumentaría. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que ésta se hubiera reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta obtener una estimación suficientemente precisa del RPMS. Sin embargo, esto requiere de bastante tiempo, ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca, y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se utilizan técnicas de regresión para obtener estimaciones de los parámetros de los modelos de producción, usando datos de esfuerzo y captura en varios años. Uno de estos parámetros es una estimación de la biomasa de la población al principio del primer año. Se estima la biomasa de la población al principio del segundo año a partir del modelo, la captura en el primer año, y las demás estimaciones de los parámetros, y así sucesivamente en los demás años. Se usa el mismo método para estimar la biomasa anual media de la población.

Es importante tener en cuenta al aplicar un modelo de producción que el crecimiento de una población, tanto positivo como negativo, se ve determinado por tres factores: crecimiento (debido al crecimiento de peces individuales y al reclutamiento), pérdidas naturales, y captura. La captura es un parámetro fijo en un año dado, y por lo tanto la magnitud de la población al principio del año es lo que determina si la población aumenta o disminuye. Si por alguna razón los factores naturales provocan una reducción mayor a la que espera el modelo, entonces el valor esperado para el año siguiente superará al valor real, y esta sobreestimación seguirá hasta que algo cause que la población crezca con una rapidez mayor a la que espera el modelo. Sucedería lo contrario si al principio creciera la población a un paso mayor al esperado. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre la subestimación y la sobreestimación. Si el crecimiento de la población es inferior a la predicción, las capturas serán menores, y el modelo estimará cambios menores que los reales. Las capturas seguirán siendo inferiores a lo esperado, pero no se pronosticará un resultado catastrófico. En cambio, si la población supera la magnitud predicha, las capturas también serán superiores a lo esperado, y el modelo estimará reducciones en la población mayores que las reales. Si se realizan capturas grandes en varios años seguidos, entonces es posible que el modelo prediga la desaparición de la población, aún cuando ésta sea de una magnitud que prevenga este riesgo. Esta situación resulta del procedimiento secuencial utilizado por el personal de la CIAT, y parece que ocurrió en el período de 1984-1991.

En años anteriores a 1987 se llevó a cabo la estimación sin ajustes para compensar por el carácter secuencial del procedimiento de estimación pero, tal como se explica en el párrafo anterior, pareció entonces necesario incluir algún tipo de ajuste. Se logró el ajuste usado para calcular las estimaciones de 1987 interrumpiendo la serie de estimaciones de la población en 1985 y estimando de nuevo la biomasa, dividiendo la CPUE observada en 1985 por la estimación del coeficiente de capturabilidad. Esto parecía ser un ajuste razonable, ya que los tres estimadores presentados en la Figura 53 fueron elevados en 1985. Este nuevo procedimiento casi no afectó las estimaciones de los parámetros, pero sí afectó mucho la estimación de la magnitud de la población de 1987. En años recientes se han estimado dos ajustes, uno para el período de 1968-1983 y el otro para el período que va desde 1984 hasta el último año para el cual se dispone de datos.

En los Informes Anuales de la CIAT de 1986, 1987, y 1988 se presentaron dos análisis para el ARCAA basados en los modelos de producción. Uno de ellos empleó el modelo logístico (o simétrico), en el cual se supone que la relación de equilibrio entre la captura y la CPUE es lineal. El otro emplea el modelo generalizado de producción del stock, para el cual dicha relación no nece-

sita ser lineal. En ambos análisis se usaron solamente datos del esfuerzo estimados mediante la división de la captura total por la CPDP de los barcos de la clase 6 de arqueo. En ambos ajustes se fijó el coeficiente de capturabilidad  $q$  igual a 0.000039, estimación obtenida anteriormente con datos de 1968-1982, lo que implica que la capturabilidad de los peces de diversas edades no ha cambiado con el tiempo. Los datos de estas dos curvas son:

Ajuste	$m$	$q$	Rendimiento máximo sostenible (ARCAA) en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ( $\times 10^{-9}$ )
1	2.0	0.000039	174	2.224
2	0.8	0.000039	178	3.330

$m$  es un parámetro que controla la forma de la curva; 2 la hace simétrica, los valores inferiores a 2 hacen que 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 el 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. Sin embargo, puesto que algunas estimaciones señalaban una cantidad inferior, se fijó la cuota máxima para 1986 en 205 mil toneladas. La captura en el ARCAA en 1986 alcanzó 253 mil toneladas, pero los índices de abundancia no disminuyeron durante ese año. Anteriormente se demostró que este aumento inesperado de la producción se debía a un incremento del reclutamiento y del rendimiento por reclutamiento. Las fluctuaciones en el reclutamiento y los cambios en la mortalidad por pesca específica por edad siempre han creado dificultades en la aplicación de los resultados del análisis del modelo de producción. Tal como se mencionó anteriormente, el reclutamiento en el período de 1983-1991 fue superior al promedio, y el de 1993 probablemente también, y estos niveles de reclutamiento, junto con los cambios en la mortalidad por pesca específica por edad, hacen que sean poco confiables a corto plazo las predicciones hechas a partir de los análisis de los modelos de producción. Por ejemplo, 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 vió bien clara la necesidad de una explicación diferente. La captura de 1988 fue tan grande que un colapso de la población y unas CPUE extremadamente bajas a principios de 1989 fueron esperados a partir del modelo. Obviamente, ésto no sucedió.

Durante los tres períodos descritos en la página 258 e ilustrados en la Figura 48, el reclutamiento inicial estimado, peso promedio, rendimiento por recluta, rendimiento potencial, y capturas anuales del OPO fueron los siguientes:

Período	Reclutamiento inicial (millones de peces)	Peso promedio lb (kg)	Rendimiento por recluta (lb)	Rendimiento potencial (OPO) (1000 tons.)	Captura observada (1000 tons.)
1967-1975	64	24.6 (11.2)	6.8	218	184
1976-1984	76	15.3 (6.9)	5.4	205	196
1985-1993	92	25.2 (11.4)	6.7	308	298

Ya que las capturas observadas en los dos primeros períodos fueron similares (si bien por distintas razones), se realizó el ajuste de los modelos de producción a los datos de esfuerzo y captura de 1968-1984 sin complicaciones. No obstante, ya que aumentaron el reclutamiento y el rendimiento por recluta durante el tercer período, se hace imposible explicar la relación entre captura y esfuerzo a partir de la suposición de que los parámetros de la población permanecen constantes. Por consiguiente se ajustaron los datos con dos conjuntos de parámetros diferentes, uno para los datos de 1968-1983, y el otro para los datos de 1984-1993 (Figuras 54 y 55, recuadros superiores). Los resultados son los siguientes:

Período	$m$	$q$	Rendimiento máximo sostenible (OPO) en miles de toneladas cortas	Suma de cuadrados ( $\times 10^{-9}$ )
1968-1983	2.0	0.000027	211	1.7680
1968-1983	0.8	0.000027	200	1.9000
1984-1993	2.0	0.000039	322	0.4547
1984-1993	0.8	0.000039	328	0.4520

Los rendimientos estimados para el período de 1984-1993 parecen ser demasiado elevados, según el modelo de rendimiento por recluta, pero se dispone de solamente diez años de datos, y únicamente los nueve últimos contribuyen al ajuste. El modelo simétrico ( $m = 2.0$ ) parece producir un ajuste mejor (Figura 54), pero el modelo asimétrico con  $m = 0.8$  (Figura 55) produce una suma de cuadrados más baja para el último período. El modelo de rendimiento por recluta indica que el modelo asimétrico debería ser más adecuado.

En los recuadros inferiores de las Figuras 54 y 55 se comparan las CPDP observadas con las CPDP esperadas calculadas del modelo mismo, usando valores de  $m$  de 2.0 y 0.8 y datos de dos períodos distintos. Se puede ver que generalmente corresponden bastante bien a lo largo de los años presentados. Sin embargo, en años específicos ocurren divergencias amplias, especialmente para  $m = 0.8$ . Esto se debe a que los modelos de producción sean esencialmente modelos de regresión que suponen condiciones normales, y no pueden reflejar los efectos de cambios grandes a corto plazo en el reclutamiento o la mortalidad específica por edad.

#### **Condición del stock en 1993 y consideraciones para 1994**

Los análisis de cohortes producen estimaciones del número y peso de los peces de cada grupo de edad en la pesquería al principio de 1994 y, si se cumplen ciertas suposiciones acerca del número de peces reclutados, el esfuerzo de pesca, y la mortalidad por pesca específica por edad durante 1994, también proporcionan una base para la estimación de la captura en dicho año. Se ha partido de la suposición que el reclutamiento durante 1993 y 1994 fue normal, y que el esfuerzo de pesca y la mortalidad por pesca específica por edad en 1994 serán iguales a aquellos de 1993. Cabe destacar que el nivel de esfuerzo durante 1991-1993 fue sustancialmente inferior a aquel de 1987-1990 (Figuras 54 y 55). Los resultados indican que la captura de 1994 debería ser ligeramente inferior a la de 1993, a menos de que el esfuerzo aumente. Sin embargo, si la pesquería se dedica nuevamente a la captura de peces de menor tamaño, tal como ocurrió en el período 1978-1982 y, en menor grado, en 1988, la captura de 1994, con el esfuerzo al nivel de 1993, sería algo inferior. Claro que si el reclutamiento de 1993 y 1994 resulta ser inferior al promedio, la captura de 1994 será inferior a lo esperado.

Los análisis del rendimiento por recluta demuestran que dicho rendimiento, a niveles actuales de esfuerzo, sería un 23% mayor si en el futuro la flota dirigiera su esfuerzo hacia peces grandes, tal como hizo en 1989-1992, y no hacia peces pequeños, tal como ocurrió en 1978-1982 (la diferencia, con 18,000 días, entre las curvas sólidas y de trazos en la Figura 56). El nivel actual de esfuerzo es aproximadamente 18 mil días de cerqueros de la clase 6 por año, mientras que el promedio del esfuerzo en 1978-1982 fue unos 33 mil días por año. Una reducción de 33 mil a 18 mil días durante el período anterior habría producido un aumento de aproximadamente 5% en la captura y 93% en la captura por día. Por lo tanto, la combinación del rendimiento de recluta aumentado con el esfuerzo reducido produciría un aumento de 29% en el rendimiento por recluta ( $1.05 \times 1.23 = 1.29$ ). En la Figura 56 se ilustran los rendimientos por recluta correspondientes a dos pautas diferentes de mortalidad por pesca específica por edad.

En la Figura 57 se ilustran los efectos de dos niveles promedio de reclutamiento distintos, aquellos de 1989-1992 ("elevado") y de 1967-1992 ("promedio"), combinados con la mortalidad por pesca específica por edad de 1989-1992. La captura, al nivel actual de esfuerzo, es aproximadamente 30% mayor con un reclutamiento elevado que con un reclutamiento promedio. La captura con reclutamiento y esfuerzo elevado al nivel de 1989-1992 es 35% mayor que la captura con reclutamiento y esfuerzo promedio al nivel de 1978-1982.

En la Figura 58 se ilustran los efectos combinados de reclutamiento elevado y mortalidad por pesca específica por edad similar a aquella de 1989-1992 *versus* reclutamiento normal y mortalidad por pesca específica por edad similar a aquella de 1978-1982. En este caso la captura de la primera combinación supera a aquella de la segunda por un 60% para niveles de esfuerzo entre 10 mil y 35 mil días. Casi la mitad del aumento en la captura estimada provendría del reclutamiento aumentado y la otra mitad del rendimiento por recluta aumentado.

Los modelos de producción para los cuales se estimaron los parámetros con los datos de 1968-1983 predicen que el stock de aleta amarilla se reduciría a cero a principios de 1990, a raíz de las capturas grandes logradas durante 1985-1989. Estos modelos permiten una captura casi nula en 1990-1994. Obviamente estas estimaciones no son representativas de las condiciones en la pesquería. Tal como se indica arriba, los análisis con estructura de edades demuestran que han ocurrido cambios mayores en la mortalidad por pesca específica por edad y el reclutamiento en los últimos años, y que éstos han causado que la producción del stock sea mucho mayor que lo esperado por los parámetros del modelo de 1968-1983. Si se supone que los datos de los años más recientes representan las condiciones actuales en la pesquería, y se estiman de nuevo los parámetros del modelo de producción de la forma descrita anteriormente, entonces las capturas esperadas corresponden mucho mejor a las observadas (recuadros inferiores de las Figuras 54 y 55). Los parámetros nuevamente estimados del modelo estiman que la captura de equilibrio en el OPO en 1994, con los niveles de esfuerzo reducidos de 1992-1993, sería aproximadamente 275 a 285 mil toneladas. Ya que se estima que la magnitud del stock será algo mayor al nivel óptimo, la captura de 1994 podría superar las 285 mil toneladas sin reducir el stock a un nivel inferior al óptimo. Con este nivel de esfuerzo reducido, la CPDP sería unas 17 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 59). Esta situación dificulta aún más la elaboración de pronósticos a corto plazo con modelos de producción. Para mejorar las predicciones obtenidas a partir de este modelo es necesario utilizar información sobre el reclutamiento. Lo más conveniente sería efectuar pronósticos con uno o dos años de anticipación. El Laboratorio de la CIAT en Achotines (República de Panamá) se creó, en parte, para obtener información que permita realizar pronósticos sobre el reclutamiento del aleta amarilla, pero no se obtendrá información útil en el futuro inmediato. Tal como se señaló

en el Informe Anual de la CIAT de 1985, las fluctuaciones en el reclutamiento parecen estar vinculadas con cambios importantes en el medio oceánico. Las estimaciones del reclutamiento derivadas de los análisis de cohortes y presentadas en la Tabla 27 indican que existieron anomalías positivas en el reclutamiento de 1970, 1973, y 1977. Estos incrementos del reclutamiento fueron precedidos por condiciones de El Niño en 1969, 1972, y 1976. A partir de esta correlación se esperaba un incremento del reclutamiento después del Niño fuerte de 1982-1983, y, efectivamente, así fue. En 1986-1987 ocurrió otro Niño, de menor intensidad y extensión; las aguas del OPO fueron por lo tanto más cálidas que de costumbre desde 1982 hasta 1987. El reclutamiento del período 1983-1989 fue el mayor jamás registrado en un período de 7 años. Durante 1988 y 1989 prevalecieron en el OPO condiciones fuertes del llamado "anti-El Niño," pero el reclutamiento fue superior a lo normal en 1989 y 1990. Hay por lo tanto ahora menos evidencia que en 1990 para apoyar la hipótesis de que los eventos de El Niño sean al menos parcialmente responsables de los reclutamientos anormalmente elevados.

En resumen, la evaluación del efecto de la pesca sobre la abundancia y rendimiento del aleta amarilla en el OPO presenta dificultades. El uso exclusivo de los modelos de producción arroja resultados tenues, y en consecuencia se han combinado los resultados de tres modelos diferentes (rendimiento por recluta, cohortes, y producción) para llegar a lo que se cree ser las conclusiones más acertadas. Sin embargo, los pronósticos basados en estos análisis están sujetos a un margen de error considerable, y se prosigue por lo tanto la exploración de técnicas analíticas alternas para llegar a las mejores estimaciones posibles de la productividad del stock de aleta amarilla.

La abundancia del aleta amarilla se ve determinada por tres factores: el reclutamiento, la composición de la captura, y la captura total (una función del esfuerzo).

Con respecto al primer factor, parece actualmente que el reclutamiento es determinado exclusivamente por factores naturales, aunque es posible que en el futuro se demuestre que pudiera ser reducido por una mortalidad por pesca muy elevada u otros factores, tal como una contaminación severa.

En cuanto al segundo factor, es posible modificar la composición de talla de la captura, al menos teóricamente. Se ha hecho hincapié en esta posibilidad en múltiples ocasiones, pero no se han formulado recomendaciones para la protección de los peces de menor talla. Sin embargo, y como se señaló anteriormente, las capturas de peces pequeños fueron relativamente bajas durante 1985-1987 y 1989-1992. Esta modificación de la composición de talla de la captura se debe, al menos parcialmente, a la reducción de la demanda de peces pequeños, pero es imposible prever la duración de esta situación. De hecho, la restricción de la captura de atunes asociados con delfines pudiera resultar en un gran aumento en la captura de peces pequeños (Figura 60). Hay varias maneras de reducir la captura de peces pequeños: 1) reducir el esfuerzo de pesca; 2) fijar una talla mínima; 3) limitar la pesca en las zonas y las temporadas en que predominan los peces pequeños; 4) suponiendo que fuera posible restablecer el sistema anual de clausura, modificar la fecha de apertura de la temporada, para así reducir la intensidad de pesca durante el período de abundancia máxima de peces pequeños en la captura.

En cuanto a la primera opción, se ha señalado que la reducción de la pesca durante el período de 1982-1984 produjo un incremento en la talla promedio de los peces de la población, lo que aumentó su productividad. Sin embargo, una disminución adicional del esfuerzo probablemente no produciría un aumento de la captura, a menos de que la composición de talla del stock fuera modificada de forma importante por la pesca intensiva de peces pequeños. Se ha señalado además que una reducción del esfuerzo en 1978-1982 hubiera resultado en un aumento de 5% en la captura.

En cuanto a la segunda opción, los análisis de los datos de composición de talla indican que en lances sobre atunes asociados con objetos flotantes o no asociados ocurre una incidencia elevada de peces pequeños y grandes mixtos, y de aletas amarillas pequeños con barriletes. Esto dificultaría la protección del aleta amarilla pequeño, ya que es posible que sean capturados en grandes cantidades por barcos que intentan capturar aletas amarillas grandes y barriletes. Si no se permitiera la descarga de los peces pequeños, se arrojarían al mar, ya muertos, y el rendimiento por recluta se reduciría en lugar de aumentar.

En cuanto a la tercera opción, la eliminación de la pesca de atunes en áreas de mayor abundancia del aleta amarilla pequeño serviría quizás para incrementar el rendimiento por recluta de esta especie, siempre que la flota pudiera pescar con buen éxito en áreas donde hay peces de mayor talla, pero la reducción de las capturas de barrilete probablemente sería mayor que el aumento de las capturas de aleta amarilla, ya que el barrilete es más abundante en esas zonas donde se encuentran los aletas amarillos pequeños en mayor cantidad.

En cuanto a la cuarta opción, no parece que la modificación de la fecha de apertura de la temporada produzca el beneficio deseado. Durante los primeros años del período en que rigieron las vedas anuales, cuando la mayor parte del esfuerzo de pesca se ejercía en el primer semestre del año, se obtenían solamente pequeñas capturas de los peces de la cohorte Y que ingresaban por primera vez a la pesquería con un peso de 0.7 a 2.0 kg (1.5 a 4.5 libras) en el segundo semestre del año. Se creyó que esto se debía fundamentalmente a la falta de vulnerabilidad a la pesca de los peces de esta cohorte. Sin embargo, en años posteriores, la pesca fue intensa durante el segundo semestre del año, y la captura de peces de la cohorte Y entrante aumentó substancialmente. En consecuencia, es posible que la modificación de la temporada no proteja a los peces más jóvenes al grado esperado.

Actualmente, no se puede recomendar ninguna de las medidas anteriores, puesto que no es posible predecir el efecto de tal reglamentación sobre la captura real (no la descarga) de peces pequeños.

En cuanto al tercer factor, la captura total, el personal de la CIAT ha recomendado solamente cuotas de captura (Tabla 29) para reglamentar la pesquería. Las cuotas rigieron en el ARCAA, o parte del mismo. Una vez alcanzada la cuota, o cuando parecía que sería alcanzada por barcos en el mar antes de la fecha de clausura, se permitía a aquellas embarcaciones que estaban sujetas a la cuota pescar otras especies, y descargar aletas amarillas capturados incidentalmente hasta un límite del 15% de su captura total de atunes. Por consiguiente, la captura de barrilete no fue reducida por las cuotas de aleta amarilla.

Los análisis precedentes del rendimiento por recluta, representado por la curva de trazos en la Figura 58, demuestran que el nivel actual de esfuerzo (18,000 días) está de 10 a 22% por debajo del nivel necesario para capturar el RPMS (19,800 a 21,900 días). Demuestran además que la captura real varía en conformidad con el nivel del rendimiento y la mortalidad por la pesca específica por edad (Figuras 56-58). Si el nivel de esfuerzo en 1994 permanece similar a aquel de 1991-1993 (es decir, 18 mil días de la clase 6) y las estimaciones del reclutamiento para los años recientes son casi correctas, entonces la captura en 1994 debería ser entre 160 y 300 mil toneladas y la CPDP entre unas 15 y 17 toneladas por día. La captura de equilibrio con la mortalidad por pesca específica por edad de 1993, un reclutamiento de 88 millones de peces (el promedio de 1988-1993), y 18 mil días de esfuerzo sería aproximadamente 287 mil toneladas por año, pero tardaría varios años en llegar al equilibrio; la captura en 1994 sería unas 260 mil toneladas. Si se aumentara el esfuerzo a 25 mil días, la captura de equilibrio aumentaría a unas 290 mil toneladas, pero en 1994 la captura sería unas 322 mil toneladas, y en los años subsiguientes se reduciría paulatinamente a unas 290 mil toneladas. Cabe destacar que si se aumentara el esfuerzo de 18 mil

a 25 mil días, la captura de equilibrio aumentaría en unas 3 mil toneladas por año (un aumento de 1.0%), pero la CPDP se reduciría de unas 16 a unas 12 toneladas por día (una reducción de 25%).

Los modelos de producción proporcionan conclusiones similares sobre la captura y la CPDP en 1994, con un nivel de esfuerzo similar a aquel de 1991-1993. Las estimaciones del tamaño actual del stock de los modelos de producción son substancialmente superiores al óptimo. Ya que la estimación del stock es mayor al óptimo, la pesquería podría capturar una cantidad de pescado superior al RPMS, que sería unas 325 mil toneladas por año del OPO, 275 a 285 mil de las cuales provienen del ARCAA. Sin embargo, se debería tener cuidado en el uso de los valores del modelo de producción, ya que el nivel de esfuerzo ha sido cercano al óptimo y casi constante desde 1984. (Se estimaron los parámetros a partir de datos de 1984-1993.) Bajo estas condiciones, las estimaciones son altamente imprecisas. Si la flota dirige una mayor porción del esfuerzo hacia peces no asociados con delfines en el futuro, la captura sostenible del OPO se reducirá. Esta reducción, que podría tardar varios años en manifestarse completamente, podría reducir las capturas hasta 150 a 200 mil toneladas por año. (Cabe destacar, sin embargo, que los modelos de producción nunca han sido aplicados a una serie de datos del OPO que no incluye la pesca de atunes asociados con delfines.)

Una recomendación de una cuota de captura para el aleta amarilla sería pertinente solamente al ARCAA, pese a que estudios recientes (Informe Anual de la CIAT de 1989: 233) indican que los peces del ARCAA y una porción del OPO fuera del ARCAA pertenecen probablemente a un solo stock. En la porción del OPO fuera del ARCAA el tamaño promedio de los peces en la captura es cercano al crítico, y por lo tanto óptimo en cuanto a la maximización del rendimiento por recluta. No es por lo tanto necesario limitar la captura en dicha área. Durante la 53ª Reunión de la Comisión, que se celebrará en junio de 1994, se presentarán recomendaciones específicas para la reglamentación de la pesca.

### **BARRILETE**

Las capturas mundiales de barrilete han superado las de las otras especies de atunes desde hace muchos años. La proporción de barrilete en las capturas mundiales de las especies de mayor importancia comercial (barrilete, aleta amarilla, patudo, albacora, aleta azul del norte y del sur) fue un 47%, 45%, 45%, 51%, y 48% en 1988, 1989, 1990, 1991, y 1992, respectivamente. En el Océano Pacífico el barrilete formó un 52%, 47%, 48%, 55%, y 51% de la captura en 1988, 1989, 1990, 1991, y 1992, respectivamente. En la Figura 61 se presentan las capturas mundiales de barrilete, clasificadas por área. Es evidente que las capturas en el Océano Pacífico son mucho mayores que las del Océano Atlántico e Indico, y que las capturas en el Pacífico central y occidental son mucho más grandes que las del Océano Pacífico oriental (OPO). Las capturas en el OPO han permanecido aproximadamente al mismo nivel entre 1961 y 1993, con la excepción del incremento en el período 1975-1981; en cambio, las capturas en las otras áreas han aumentado marcadamente.

Existen pesquerías sustanciales de barrilete en el Pacífico nordeste cerca de Baja California, las Islas Revillagigedo, y la Isla Clipperton, y en el Pacífico sudeste cerca de América Central, el norte de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito, y las Islas Galápagos. La zona de aguas muy cálidas a la altura de México meridional que separa estas dos regiones generalmente carece de barrilete, pero en algunos años (1956, por ejemplo) la distribución de barrilete ha sido 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 ha aumentado la proporción de barrilete capturado mar afuera. En el Océano Pacífico central (OPC) se explota el barrilete a menor escala

cerca de las islas de Hawaii y la Polinesia Francesa (las Islas Marquesas, Tuamotu, y Sociedad). Más al oeste, cerca de Fiji, las Filipinas, Indonesia, Japón, Papua Nueva Guinea, las Filipinas, las Islas Salomón, y muchas otras islas, existen pesquerías de barrilete mucho más importantes.

Las capturas totales de barrilete en el OPO y los lugares donde se captura la especie varían considerablemente de un año a otro (Figura 61). A fines de la década de los 50 se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de 5°S, y desde entonces hasta principios de los años 70 se lograron grandes capturas de la especie cerca de la costa, a la altura de Ecuador y el norte de Perú. Sin embargo, a principios de la década de los 70 el centro de abundancia del grupo sudeste se trasladó aparentemente a las aguas frente a Colombia y Centroamérica, regresando nuevamente hacia Colombia y Ecuador a principios de la década de los 80. En 1993 se lograron capturas sustanciales frente a Colombia, Ecuador, y Perú (Figura 5).

En la Figura 19 se ilustra la composición de talla de las muestras de barrilete tomadas en el OPO entre 1988 y 1993. Son evidentes diferencias entre años; los peces fueron más pequeños en 1992 y 1993 que en los otros años.

Los atunes son capturados en tres tipos de cardúmenes, aquellos 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. Se presentan en la Tabla 30 datos del número de lances cerqueros registrados de cada tipo, las capturas de aleta amarilla y barrilete en dichos lances, y las capturas totales de aleta amarilla y barrilete. Se puede ver que 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 que en este período se lograron las mayores capturas de barrilete. Hay actualmente mucha oposición 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 aumentasen las capturas de barrilete.

Si la pesquería de atunes que habitan la superficie dependiera más del barrilete y menos del aleta amarilla en el futuro, es probable que las capturas totales de atunes de todas las especies fluctúen más entre años que durante los años 70 y 80 y principios de los 90, debido a que la disponibilidad del barrilete en el OPO es más variable que la del aleta amarilla. Las capturas por unidad de esfuerzo (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 29). La mayor variabilidad del barrilete es debida a dos factores. En primer lugar, el reclutamiento de barrilete (Boletín de la CIAT, 19 (6): Tabla 14) es más variable que aquel de aleta amarilla (Tabla 27). 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 tasas de captura.

### ***Estructura de la población***

Es de importancia fundamental establecer si el barrilete que ocurre en el Océano Pacífico forma 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 (SPC), el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los 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 SPC en 1980, a la que asistieron biólogos pesqueros y espe-

cialistas en genética de población; las conclusiones de esa reunión fueron analizadas a fondo en el Informe Anual de la CIAT de 1984. En resumen, habían dos hipótesis principales sobre el barrilete del Océano Pacífico: (1) la hipótesis de subpoblaciones separadas, que afirmaba 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 hibridización de dos peces dados es una función inversa de la distancia entre los dos. En la reunión de trabajo se concluyó que la información disponible no permitía decidir a favor de una u otra de las dos hipótesis.

Un estudio más reciente (Mar. Biol., 79 (3): 315-319), en el cual se analizó el ADN (ácido desoxirribonucleico) mitocondrial, no descubrió ninguna diferencia *genética* entre los barriletes del Pacífico y del Atlántico. No obstante, cabe destacar que estos resultados no implican una mezcla rápida de peces de los dos océanos, ya que una mezcla muy lenta es suficiente para mantener la homogeneidad genética. Si no existen diferencias genéticas entre los barriletes del Pacífico y del Atlántico, es poco probable que existan entre barriletes de distintas partes del Océano Pacífico.

El Informe Anual de la CIAT de 1984 contiene un análisis de la estructura de la población del barrilete en el OPO y su relación con las poblaciones en el resto del Pacífico. El marcado ha demostrado que ocurre poca mezcla de peces entre el área del norte de México y aquella del norte de Sudamérica-Centroamérica. Existe una correlación moderada entre las capturas de barrilete de las áreas nordeste y sudeste, sin embargo, pero en ocasiones, como sucedió en 1970, la captura ha sido superior al promedio en un área e inferior al promedio en la otra (Figura 62). Un examen de los datos disponibles en ese entonces llevó a la conclusión que el barrilete del norte de México y el de Sudamérica-Centroamérica forman parte de un solo grupo que habita una zona en forma de arco cuyos extremos se encuentran en esas dos áreas, y que los peces que se encuentran en los extremos de la distribución se mezclan, al menos en cierto grado, en las zonas de desove del Pacífico central y/o occidental.

En la sección de este informe titulada ***Estructura de stocks del barrilete*** se describe la investigación de la estructura de los stocks de barrilete completada durante 1993.

### ***Abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura***

En el Boletín de la CIAT, Vol. 19, N° 6, se publicó un examen de los efectos de las condiciones ambientales sobre la abundancia, disponibilidad, y vulnerabilidad a la captura del barrilete en el OPO. En un estudio descrito en este informe se analiza la relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el OPO y (1) el promedio de la temperatura superficial del mar en la parte del Océano Pacífico comprendida entre 135°W y 180°W con TSM superiores a los 27.8°C; y (2) el índice de mezcla por el viento (el cubo de la velocidad promedio del viento, aproximadamente proporcional al grado de mezcla causado por el viento en las capas superiores del océano) en ese área.

Se efectuó el primer análisis en vista de la alta correlación positiva entre la temperatura y la concentración de larvas de barrilete capturadas en redes de zooplancton de arrastre, lo cual permite pensar que puede aumentar el desove o la supervivencia de huevos y/o larvas en años con temperaturas superficiales del mar más elevadas. Se realizó el segundo análisis porque es posible que la supervivencia de las larvas de barrilete dependa del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Investigaciones realizadas en el Southwest Fisheries Science Center del NMFS en La Jolla indican que en la Corriente de California el alimento apto para las larvas de anchoa *Engraulis mordax* en sus primeras alimentaciones suele concentrarse en agregaciones y en

estratos bien definidos. La mezcla deshace los estratos y dispersa los organismos alimenticios, de modo que muchas de las larvas no pueden obtener alimento suficiente para sobrevivir. Aparentemente, las generaciones anuales fuertes de anchoas adultas están asociadas con vientos débiles durante la etapa larval, y viceversa, y se creyó que pudiera ocurrir lo mismo en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. Se descubrió una correlación significativa entre la abundancia del barrilete y la temperatura superficial del mar, y una correlación altamente significativa entre la abundancia del barrilete y el índice de mezcla por el viento, ya que este índice explica el 46% de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en el OPO en su segundo año de vida.

Se han realizado además investigaciones para determinar si existe una relación entre la abundancia aparente del barrilete en el OPO en su segundo año de vida y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte, que fluye hacia el este. Si los barriletes usan esta corriente en su migración, se esperaría que la cantidad de peces jóvenes transportados al OPO sería mayor cuando la corriente es más fuerte y menor cuando es más débil. Sin embargo, no se descubrió ninguna correlación significativa entre la abundancia del barrilete y los índices de la velocidad de la corriente.

En general, los resultados obtenidos por los investigadores de la CIAT, en sus intentos por relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, indican que esta relación es compleja y sutil. 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 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.

### ***Evaluación de los stocks***

#### ***Modelos con estructura de edades***

En la sección de este informe sobre la evaluación del stock de aleta amarilla se analiza el enfoque de rendimiento por recluta al modelado con estructura de edades. Sin embargo, las poblaciones de barrilete y aleta amarilla del OPO son algo diferentes. El agotamiento natural del aleta amarilla se debe solamente a la mortalidad natural, mientras que aquel del barrilete se debe también a la emigración al Pacífico central y occidental. A partir de los datos de frecuencia de talla y del marcado, se calcula que la tasa anual combinada de mortalidad natural y emigración del barrilete es de aproximadamente 75 a 90%, en comparación con el 55% de la mortalidad natural del aleta amarilla.

Se han usado los datos de frecuencia de talla y de devolución de marcas para estimar la tasa de crecimiento del barrilete. Es mucho más difícil seguir la progresión de los grupos modales para esta especie que para el aleta amarilla, ya que las tallas modales varían tan erráticamente de un mes a otro. El reclutamiento del Pacífico central y la emigración en dirección contraria son evidentemente las causas principales de este fenómeno, pero parece también que la vulnerabilidad de grupos de peces de distintas tallas varía considerablemente de mes a mes en el OPO. Los datos del marcado son también útiles en este respecto, aunque su valor se ve limitado por el hecho de que la mayoría de los peces recapturados permanecieron poco tiempo en libertad. Dos estudios recién completados (Boletín de la CIAT, 19 (4) y 19 (6)) proporcionan estimaciones de las tasas de crecimiento lineal y de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, que están probando ser útiles en los estudios de modelos con estructura de edades.

En la Figura 63 se presentan los rendimientos por recluta para el barrilete correspondientes a varias combinaciones de agotamiento natural (la mortalidad natural más la emigración), esfuerzo de pesca, y talla de ingreso. Para obtener los cálculos que forman la base de esta figura se integraron las estimaciones de los investigadores de la CIAT de la mortalidad por pesca específica para cada edad durante 1986-1987, y del crecimiento y el agotamiento natural. Las fuentes de los datos sobre crecimiento en peso son las siguientes:

Cálculo	Ecuación	Fuente
Crecimiento en talla	24 cm/año	Boletín de la CIAT, 19 (6)
Relación peso-talla	$\log w = 3.336 \log l - 8.250$	Boletín de la CIAT, 4 (2)

Se usaron coeficientes anuales de agotamiento natural de 1.5 (un 78%) y 2.0 (un 86%). 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 talla de ingreso arrojan rendimientos por recluta distintos, indicados por líneas curvas. Por ejemplo, si se fija la talla de ingreso en 40 cm (unos 1.2 kg/2.7 libras) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es aproximadamente 0.72 kg (1.58 libras) en el recuadro superior y 0.39 kg (0.85 libras) en el inferior. En el recuadro superior se produciría el rendimiento por recluta máximo con una talla de ingreso de unos 40 cm con un multiplicador de 1, y de unos 48 cm con un multiplicador de 2 a 3. En el recuadro inferior son máximos los rendimientos por recluta con una talla de ingreso de 30 cm o menos. En general, sería necesario un esfuerzo de pesca mucho mayor o una edad de ingreso mucho menor a los niveles históricos del OPO para reducir el rendimiento por recluta. Esto se debe a que la pérdida en el peso total de una cohorte de peces por mortalidad natural y emigración excede su incremento por crecimiento, aún cuando los peces midan menos de 50 cm y estén supuestamente creciendo con rapidez.

### ***Modelos de producción***

En la sección de este informe sobre la evaluación del stock de aleta amarilla se describen los modelos de producción, basados en índices de abundancia de los peces. Se señala que los modelos de este tipo no tienen validez a menos que los peces pertenezcan a una población diferenciada, es decir, una en la cual haya relativamente poco intercambio entre los peces que habitan la zona estudiada (en este caso, el OPO) y aquellos de otras zonas en las que se explota la especie en cuestión, o que los índices de intercambio entre las subpoblaciones sean conocidos. No se satisface ninguno de estos requisitos, ya que el mercado ha demostrado que existe intercambio de peces del Océano Pacífico oriental, central, y occidental (Figura 64), pero se ignoran las tasas de intercambio. La mayoría del barrilete capturado en el OPO es capturado relativamente cerca de la costa, y aparentemente la mayor parte de esta captura proviene de los desoves en el Pacífico central y/o occidental, desoves que posiblemente también abastezcan las regiones de altura del OPO, el OPC, y el Pacífico occidental. En consecuencia, es posible que la captura en el OPO esté determinada por la abundancia de juveniles nacidos en el Pacífico central y/o occidental, o por la abundancia de los juveniles en esa(s) área(s) que migran al OPO. A falta de una definición de la población explotada, el modelado de producción tiene poco o ningún valor para el barrilete pescado en el OPO.

### **Consideraciones para 1994**

El modelo de rendimiento por recluta no señala que sea necesario controlar la pesca del barrilete. Con un valor de agotamiento natural de 2.0, este modelo indica que se puede obtener el rendimiento por recluta máximo del barrilete adolescente del OPO mediante la pesca intensiva de ejemplares de más de 30 cm. Aunque podría pensarse que esto reduciría el reclutamiento en años subsiguientes, los conocimientos actuales del desove y la estructura de la población indican que es poco probable que así suceda.

Se puede afirmar con bastante seguridad que el barrilete ha sido subexplotado en el OPO, y que esta situación no cambiará en el futuro inmediato. No obstante, es importante adquirir mayores conocimientos sobre esta especie y su relación con el ambiente, en particular por las dos razones siguientes. En primer lugar, es posible que estos conocimientos permitan pronosticar, con varios meses de anticipación, la abundancia de barrilete en el OPO, lo cual sería de gran valor valioso para la industria pesquera. En segundo lugar, es posible que un conocimiento de las condiciones ambientales favorables para la existencia del barrilete, junto con una comprensión de los procesos dinámicos del océano, permita pronosticar dónde y cuándo existe mayor probabilidad de capturar barrilete, lo cual aumentaría la eficacia de la flota pesquera.

### **ALETA AZUL DEL NORTE**

El aleta azul del norte ocurre en el Océano Atlántico y en el Pacífico. Las capturas mundiales y del Pacífico son mucho menores que las de barrilete, aleta amarilla, patudo, y albacora; sin embargo, la pesquería es de valor económico considerable. En la Tabla 31 se detallan las capturas anuales de atún aleta azul del norte en el Océano Pacífico durante el período de 1951-1993. 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, e inferiores al promedio durante 1987-1993; las del Pacífico occidental fueron bien superiores al promedio durante 1978-1983, y medias durante 1984-1992, excepto en 1988 y 1990, cuando fueron bien inferiores al promedio.

En el OPO casi toda la captura 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 fines de mayo hasta mediados de octubre, aunque se efectúan capturas esporádicas también en otros meses. La captura en 1993, unas 668 toneladas, fue con una excepción la más baja desde 1951. En 1993 se registraron capturas de aletas azules únicamente entre 32°N y 34°N y solamente en julio y septiembre. Se realizó la mayor parte de la captura en un período de 4 días al principio de julio y en otro de 2 días hacia fines del mismo mes.

El personal de la CIAT estudia el atún aleta azul a modesta escala desde 1958, cuando se marcaron y liberaron 122 aletas azules, 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 de talla, pero a partir de ese año se intensificaron los estudios. En 1979 se preparó un análisis de los datos referentes a la evaluación de los stocks de esta especie (Informe Interno 12 de la CIAT). Asimismo, en 1982 se recopilaron, analizaron, y publicaron en el Boletín de la CIAT, Vol. 18, N° 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, *etc.* 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 el crecimiento de atunes aleta azul a partir de las partes duras.

Aletas azules capturados por la pesquería comercial del OPO fueron medidos en cada año del período 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 período de 1952-1991 (Boletín de la CIAT, 20 (9)). En la Tabla 32 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) de Japón. En la Figura 20 se presentan histogramas de la frecuencia de talla del aleta azul capturado en el OPO en 1988-1993. Entre octubre y diciembre de 1988 y 1989 se capturaron peces excepcionalmente grandes, de entre 105 y 460 kg (230 y 1010 libras). El peso total de estas capturas no fue muy grande, pero los peces poseían gran valor económico, ya que inmediatamente después de su captura la mayoría de ellos fue transportada por avión al Japón, donde se pagan precios muy altos por aleta azul fresco. Durante 1993, debido a la disponibilidad limitada de aleta azul capturado comercialmente, fueron medidos por primera vez aletas azules capturados en la pesca deportiva. La mayoría de las muestras de aleta azul obtenidas en 1993 provino de peces capturados por pescadores deportivos. Casi todos de los peces fueron capturados cerca de donde pescaban barcos cerqueros y durante los mismos períodos.

En el Boletín de la CIAT, Vol. 20, N° 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) 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) de Japón entre 1980 y 1988.

Análisis de los datos de los peces 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 aquellos 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 aquellas de 1983 y 1984, produjeron grandes cantidades de migrantes, y otras no. Las mejores capturas de la década de los 80 en el OPO fueron logradas en 1985 y 1986 (Tabla 31), y consistieron principalmente de peces de edad 2 de las clases anuales de 1983 y 1984. (En el presente informe se refiere a los peces en su primer año de vida como de 0 años de edad o de edad 0, aquellos en su segundo año de vida como de 1 año de edad o de edad 1, y así sucesivamente.)

En los últimos años han tenido lugar tres talleres sobre la evaluación del atún aleta azul. El primero, celebrado en octubre de 1985 en Shimizu, Shizuoka, Japón, que incluyó científicos del NRIFSF y la CIAT, se dedicó exclusivamente al aleta azul del norte en el Océano Pacífico. El segundo, celebrado en mayo de 1990 en La Jolla, California, EE.UU., y patrocinado conjuntamente por la CIAT y el Australian Fisheries Service, contó con la participación de científicos de varias partes del mundo, y se discutieron los stocks de aletas azules de los Océanos Pacífico, Índico, y Atlántico, y el Mar Mediterráneo. Las actas del taller fueron publicadas como el Informe Especial N° 7 de la CIAT. En el tercero, celebrado en La Jolla en abril de 1993, participaron científicos de la CIAT y del NRIFSF solamente, y se dedicó exclusivamente al aleta azul del norte del Océano Pacífico. En el taller se preparó una lista de 14 proyectos para proseguir durante el año siguiente. Se acordó que se celebraría otro taller en 1994 o 1995, en el cual se repasaría los avances logrados en el intervalo entre los dos talleres.

### ***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 ese área. Ocurre durante la primavera y el verano, pero por mayor sencillez se supone en esta sección 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 32). 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 la talla 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 talla, 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 es probablemente valioso para la mayoría de los peces de algunas clases anuales. Esto podría explicar, 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 transpacíficas pero que se vuelvan antes de llegar a su destino. El hecho de que aletas azules casi desaparecen 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 ésto y, de ser así, en cuál grado.

### ***Evaluación del stock***

#### ***Abundancia de aletas azules juveniles en el Océano Pacífico oriental***

El Informe Anual de la CIAT de 1992 incluye, en las páginas 232-233, una discusión de varios índices de abundancia del aleta azul. Se concluyó que el más confiable es el "índice del hábitat." Los aletas azules son capturados por barcos cerqueros en el OPO con mayor frecuencia en aguas con temperaturas superficiales de entre 17° y 23°C, 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 1é que eran hábitats adecuados para el aleta azul. Se presentan estos datos en la Figura 11. 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.

#### ***Relaciones reproductor-recluta y recluta-reproductor***

En las páginas 226-228 del presente informe se analiza este tema. En breve, a pesar de que la abundancia del aleta azul se ha visto reducida severamente por la pesca, no parece existir una relación entre el desove y el reclutamiento en el rango de abundancia de los reproductores observados.

#### ***Análisis del rendimiento por recluta***

Se han llevado a cabo dos análisis del rendimiento por recluta, uno basado en estimaciones de los parámetros de crecimiento y de las tasas de mortalidad por pesca y natural, y el otro usando datos de mortalidad provenientes de un análisis de cohortes. En la página 226 se describe el primer análisis del rendimiento por recluta. En el segundo análisis se usaron los mismos supuestos que en el primero, excepto que se supuso que los peces desaparecen de la pesquería al fin (31 de diciembre) de su oncenno año en la pesquería (10 años y medio después del reclutamiento). Son necesarios datos de las capturas de cada trimestre para los análisis de cohortes, y por lo tanto las capturas anuales de peces capturados entre 1956 y 1987 fueron multiplicadas por los siguientes valores para estimar las capturas por trimestre:

año de cría, WPO, primer y segundo trimestre - 0.0, tercer trimestre - 0.8, cuarto trimestre - 0.2;

años subsecuentes al año de cría, WPO, primer trimestre - 0.1, segundo trimestre - 0.3, tercer trimestre - 0.5, cuarto trimestre 0.1;

años subsecuentes al año de cría, OPO, primer trimestre - 0.0, segundo trimestre - 0.1, tercer trimestre, 0.7, cuarto trimestre - 0.2.

No se hicieron supuestos en cuanto a las migraciones de este a oeste, y los resultados reflejan por lo tanto las capturas logradas en el Pacífico occidental y el OPO (y las capturas no logradas mientras los peces estaban migrando de un lado del océano al otro) entre 1956 y 1987. En la Tabla 33

se presentan las tasas de mortalidad obtenidas con los análisis de cohortes. Cabe destacar que las tasas son mayores durante los años 0 y 1. En la Figura 65 se ilustran los rendimientos por recluta posibles con distintas edades de ingreso a la pesquería. Los resultados de este análisis son similares a aquellos obtenidos con los análisis previos, los cuales indican que se podría aumentar a más del doble los rendimientos por recluta si se aumentara la edad de ingreso a la pesquería.

***Causas posibles de las escasas capturas recientes de aleta azul en el Océano Pacífico oriental***

Las escasas capturas de 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 1987-1993. 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 talla, 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 la 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 32) 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 menores, que anteriormente habían sido responsables de la mayoría de las capturas de aletas azules en el OPO. En el Informe Anual de la CIAT de 1992, página 233, 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 los 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 radicados 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 radicados 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 aquellas 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 32). 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 del norte 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 empezó su viaje de regreso al Pacífico occidental antes del comienzo de la temporada de 1983.

Las mayores capturas de aleta azul en el OPO en años recientes fueron aquellas de 1985 y 1986 (Tabla 31), y consistieron principalmente de peces de 2 años de edad, es decir, peces de la clase anual de 1983 en 1985 y de la clase anual de 1984 en 1986 (Tabla 32). 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 supiera 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 éste 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 mediante 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 por lo tanto no brindan mucho apoyo a la hipótesis de subpoblaciones. Indican que para peces de 1 año de edad la tendencia a migrar al OPO fue fuerte para la clase anual de 1981 y mucho más débil para las demás, y que para los peces de 2 años de edad la tendencia a migrar fue más fuerte para los peces de las clases anuales de 1983 y 1984, intermedia para aquellos de la clase anual de 1979, y más débil para las clases anuales de 1980-1982 y 1985.

Datos de la composición por edad (Tabla 32) proporcionan información adicional pertinente a la quinta posibilidad. Se calcularon coeficientes de correlación para 12 parejas de datos (Tabla 34, recuadro superior) de la Tabla 32. Cinco de las 12 pruebas fueron significativas al nivel de 5%. El número de peces de edad 2 en el Pacífico oriental y occidental está correlacionado negativamente (Prueba 6), lo cual indica que las capturas pobres en el OPO podrían ser debidas, al menos parcialmente, a que una proporción de la población total 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 ese 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%; ésto 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 34, Prueba 2). A pesar de que esta relación no es significativa al nivel de 5%, es posible que indique que la captura de peces de edad 2 en el OPO esté vinculada al reclutamiento de dos años antes, suponiendo que la captura de peces de edad 0 en el Pacífico occidental sea un índice válido del reclutamiento. Ya que la captura de peces de edad 2 en el OPO parece estar 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 55.6% ( $0.746^2 \times 100$ ) de la variación de las capturas de peces de edad 2 en el OPO es explicado por (1) una relación positiva al reclutamiento en el Pacífico occidental y (2) una relación negativa a la captura 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.

### **Investigaciones futuras**

La información arriba presentada sugiere varios tipos de investigación que se deberían llevar a cabo.

En primer lugar, se debería recopilar para análisis toda la información disponible sobre las capturas de aletas azules en el Pacífico occidental y central por área, período, y talla, y sobre el esfuerzo de pesca ejercido en esas áreas para capturarlos. Se debería enfocar el análisis en los peces de 2 a 4 años de edad, particularmente los *meji* (atunes, bonitos, caballas, etc. pequeños mixtos). Un científico del NRIFSF usó datos de las proporciones de aletas azules, aletas amarillas, y patudos mayores capturados para estimar las proporciones de estas especies en las capturas de *meji* durante 1966-1986. Aunque las estimaciones obtenidas de ese análisis son útiles, un muestreo de las capturas de *meji* para determinar la composición por especie produciría probablemente estimaciones más confiables. Se descarga el *meji* en muchos puertos, pero es posible que datos tomados en algunos puertos principales a intervalos de aproximadamente una semana entre julio y septiembre producirían estimaciones razonables de la composición por especie de los *meji*. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la información sobre las capturas de peces mayores, ya que son necesarios para la evaluación de los stocks datos sobre peces de todas las edades. Es posible que datos de la CPUE calculados a partir de la información reunida sirvan como índices insesgados, o casi insesgados, de la abundancia del aleta azul en el Pacífico occidental y oriental. La información sobre la abundancia del aleta azul sería usada para la evaluación de los stocks y para estudios de las migraciones y desplazamientos de los peces, incluidos los efectos de las condiciones oceanográficas sobre las migraciones, descritos a continuación. Datos sobre las capturas de aletas azules por barcos palangreros (Figura 27) ya han demostrado que los aletas azules maduros se encuentran distribuidos más hacia el oeste en la primavera y más hacia el este en el otoño.

En segundo lugar, se deberían llevar a cabo investigaciones para determinar dónde y cuándo empiezan y terminan las migraciones transpacíficas, cuáles proporciones de la población migran, y porqué estas proporciones varían entre años. Una posibilidad sería recopilar datos de CPUE de peces de los distintos grupos de edad, particularmente los más jóvenes, en el mayor número de áreas posible y a intervalos frecuentes a lo largo del año, a fin de detectar desplazamientos de los peces. Los datos del Pacífico occidental serían de importancia particular, ya que las migraciones altamente variables al este empiezan en ese área. Los datos del Pacífico central serían también de gran importancia, ya que quizás permitirían determinar si algunos de los peces que emprenden migraciones transpacíficas se vuelven antes de llegar a su destino original. Otra opción sería marcar los peces con marcas externas regulares en el Pacífico central o con marcas de archivo en el Pacífico occidental y oriental. Las marcas de archivo registran y almacenan continuamente datos de luz, temperatura, y presión, y cuando se recuperan se puede examinar los datos para determinar dónde estuvo el pez a intervalos de tiempo frecuentes entre la fecha de liberación y la fecha de recaptura. (Desgraciadamente, las marcas de archivo han estado disponibles comercialmente desde hace muy poco tiempo, y cada una cuesta centenares de dólares, por lo cual no han sido usadas en aletas azules del norte en el Océano Pacífico ni en el Atlántico.) Una tercera opción sería un análisis químico de los microconstituyentes de los otolitos del aleta azul. Esta opción se basa en que diferentes áreas oceánicas poseen características químicas, físicas, y biológicas diferentes que afectan la composición química de los otolitos. Por lo tanto, un análisis de los otolitos de un pez individual podría revelar cuáles áreas oceánicas había ocupado el pez en distintas etapas de su vida, y análisis de los otolitos de muestras de peces tomadas cada año en el Océano Pacífico occidental y oriental proporcionarían mucha más información sobre la migración transpacífica que el marcado con marcas convencionales.

En tercer lugar, se deberían hacer esfuerzos por determinar cuáles condiciones oceanográficas influyen sobre la migración de peces del Pacífico occidental al oriental y viceversa. Además, si los estudios arriba descritos indicaran que algunos de los peces se vuelven antes de completar una migración transpacífica, se deberían hacer esfuerzos por determinar cuáles condiciones oceanográficas podrían causar este comportamiento. Presuntamente estudios de este tipo serían realizados conjuntamente por oceanógrafos y biólogos del Japón y de la CIAT. El primer paso en un estudio tal sería recopilar datos de CPUE de peces de los distintos grupos de edad, particularmente los más jóvenes, en todas las áreas posibles y a intervalos frecuentes a lo largo del año. El segundo paso sería comparar datos oceanográficos y de los desplazamientos de los peces para ver cuáles estaban correlacionados. Finalmente, se procuraría determinar cuáles condiciones oceanográficas realmente afectan las migraciones de los peces.

Finalmente, más estudios de la estructura de las poblaciones de aleta azul son también apropiados. Hace falta una investigación más a fondo de la conclusión tentativa de que existe una sola población principal, porciones variables de la cual migran al OPO en diferentes años (Boletín de la CIAT, 20 (1): 87). Sería también de interés saber si los aletas azules criados en el Mar de Japón son genéticamente distintos de los que se crían al sur del Japón. Se podría obtener posiblemente mayor información sobre la estructura de las poblaciones de estudios genéticos bioquímicos.

## **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 (Tabla 4). 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 peces destinados al mercado

de pescado fresco, el patudo forma un componente muy importante de las capturas mundiales de atunes. Entre 1983 y 1987, del 25 al 36% de la captura mundial de patudo provino del Océano Pacífico oriental (OPO).

En la Tabla 35 se presentan datos sobre las capturas de patudo en el Océano Pacífico. Las capturas de esta especie en el OPO por todas las artes en años recientes fueron similares a las de barrilete, pero marcadamente inferiores a las de aleta amarilla (Tabla 29). Se captura el patudo principalmente con palangre. Al principio de los años 50 se practicaba muy poca pesca con palangre en el OPO, y las capturas eran por consiguiente bajas. Sin embargo, a mediados de la misma década, barcos japoneses comenzaron a pescar en esta zona, las capturas de patudo aumentaron y, por lo tanto, desde principios de los años 60 los investigadores de la CIAT han prestado mayor atención a la especie. Entre 1963 y 1991 cinco científicos japoneses del National Research Institute of Far Seas Fisheries (NRIFSF; antes el Far Seas Fisheries Research Laboratory) han venido a La Jolla a colaborar con científicos de la CIAT en estudios de la pesca palangrera japonesa del patudo y especies afines en el OPO.

Las capturas estimadas de patudo con artes de superficie en el OPO aumentaron hacia fines de los años 60 y en los 70, y disminuyeron a partir de 1981 (Tabla 35). El aumento en las capturas se debió aparentemente a dos factores. En primer lugar, en 1966-1979 regían reglamentaciones para el aleta amarilla, pero no para el patudo, lo cual pudo haber causado un aumento en las capturas reales, ya que los pescadores habrían preferido en algunos casos pescar esta especie y no el aleta amarilla. Simultáneamente, la pericia de los pescadores en capturar patudo probablemente mejoró. En segundo lugar, las estadísticas recopiladas a partir de mediados de los años 60 son más precisas. Se paga el mismo precio a los pescadores por el patudo y el aleta amarilla capturados con artes de superficie, y por lo tanto las capturas de patudo han sido registradas frecuentemente como capturas de aleta amarilla. No obstante, desde que se impusieron las reglamentaciones se registran con más frecuencia las dos especies por separado, y en las localidades donde no se hace así se ha aumentado la cobertura de descargas por empleados de la CIAT, quienes estiman las proporciones de las dos especies en descargas mixtas. Una investigación reciente (Informe Anual de la CIAT de 1991: 212-213) indica que no se identificaron erróneamente los patudos como aletas amarillas durante el período de 1987 a 1989.

Los estudios de los investigadores de la CIAT sobre el patudo capturado por artes de superficie han consistido principalmente en anotar y procesar los datos de captura y esfuerzo basados en los cuadernos de bitácora y la información sobre el peso descargado, la toma de datos de frecuencia de talla en las plantas enlatadoras, y el análisis de estos datos (Calif. Fish Game, 51 (4): 252-258; Boletín de la CIAT, 20 (8)). Además, durante el período de 1959-1978 se marcaron 611 patudos capturados con artes de superficie, y se han devuelto 15 de éstos.

En la Figura 66 se presentan las distribuciones trimestrales de la captura de superficie de patudo en el OPO, promediadas para el período de 1981 a 1987. La información proviene de datos de bitácora recopilados por el personal de la CIAT. Las capturas mayores fueron logradas frente al norte de Sudamérica y en alta mar al oeste de América Central y del Sur. Durante el tercer trimestre se capturó patudo frente a Baja y Alta California.

En la Figura 21 se presentan datos de frecuencia de talla de patudos capturados por barcos cerqueros en el OPO entre 1988 y 1993 y medidos por empleados de la CIAT. Aproximadamente la mitad de la captura, por peso, consiste de peces de talla inferior a los 100 cm.

Los investigadores del NRIFSF y la CIAT terminaron recientemente un análisis de la pesca de superficie de patudo en el OPO (Boletín de la CIAT, 20 (8)). Se descubrió que existe una sobreposición considerable en las tallas de patudos capturados por la pesca palangrera y de super-

ficie. Un 62% de la captura de patudo se obtiene en cardúmenes no asociados, un 33% en cardúmenes asociados con objetos flotantes, y un 5% en cardúmenes asociados con ballenas, tiburones, o delfines. Durante el período de 1971 a 1991, la captura promedio de patudo por lance positivo fue 23 toneladas (22, 28, y 17 toneladas en cardúmenes no asociados, asociados con objetos flotantes, y asociados con ballenas, tiburones, o delfines, respectivamente).

Estudios de la pesquería japonesa con palangre realizados conjuntamente por científicos japoneses y de la CIAT (Boletín de la CIAT, 9 (6), 11 (2), 11 (3), 13 (2), 16 (2), 19 (1), y 20 (5)) incluyen análisis de datos sobre las tendencias en el esfuerzo y las capturas, las distribuciones horizontales, verticales, y temporales de las capturas, las tendencias en la abundancia aparente, la composición por talla, y la madurez del patudo.

En la Figura 67 se presentan las distribuciones de la captura de patudo por unidad de esfuerzo (CPUE; número de peces capturado por 100 anzuelos) de palangreros japoneses en el OPO, promediadas para el período de 1981 a 1987. Las CPUE fueron elevadas en la mayor parte del OPO, excepto en el área al norte de 5°N y al este de 125°W. Las CPUE más elevadas fueron registradas (1) entre 120°W y el Ecuador desde 10°S hasta 5°N durante todo el año, (2) al nordeste de Hawaii entre 20°N y 33°N desde 122°W hasta 140°W durante el primer y cuarto trimestre, y (3) frente al sur del Perú y el norte de Chile entre 18°S y 25°S desde 80°W hasta 90°W durante el tercer y cuarto trimestre.

En la región ecuatorial del norte, entre la línea ecuatorial y 8°N, donde se ejerció un fuerte esfuerzo de pesca, las CPUE fueron relativamente bajas durante el segundo semestre del año, especialmente en la parte occidental de esta región. En cambio, en la región ecuatorial del sur, entre la línea ecuatorial y 15°S, las CPUE fueron relativamente elevadas en la parte occidental de la región durante todo el año.

La distribución del esfuerzo no coincide bien con las áreas con las CPUE de patudo más elevadas, a pesar de que fue la especie más importante capturada por los palangreros japoneses. Por ejemplo, es aparente una fuerte concentración de esfuerzo en aguas ecuatoriales (8°N a 15°S y al oeste de 110°W), pero las CPUE de patudo en esta zona no fueron particularmente elevadas. Además, aunque las CPUE fueron bastante elevadas al nordeste de Hawaii y frente al sur del Perú y el norte de Chile, no se ejerció mucho esfuerzo en esas zonas. Puede ser que esto se deba a que en la región ecuatorial se pudo capturar el patudo durante todo el año y los peces fueron generalmente grandes, mientras que más al norte y más al sur la presencia del patudo fue más estacional, y los peces solían ser más pequeños.

Se completó recientemente un estudio usando modelos lineales generalizados para estandarizar las CPUE de patudo en el OPO (Boletín de la CIAT, 20 (4)). Se consideraron los efectos de año, temporada, área, y profundidad de pesca, y se descubrió que todos ejercían un efecto significativo sobre las CPUE.

Se presentan en la Figura 69 los datos de frecuencia de talla del patudo capturado con palangre durante 1981-1987 en la zona delineada en la Figura 68. La mayoría de los peces capturados medían entre unos 90 y 170 cm. La composición de talla varió considerablemente de año a año. Las proporciones de peces más pequeños alcanzaron un máximo durante 1982 y 1986, y aquellas de peces más grandes durante 1983 y 1984.

### ***Evaluación de los stocks***

En general, se usan dos métodos para analizar los efectos de la pesca sobre una población de peces: el modelo con estructura de edades y el modelo de producción. Se describieron estos modelos en detalle en la sección de este informe que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla.

### ***Modelos con estructura de edades***

El modelo de rendimiento por recluta (un tipo de modelo con estructura de edades) proporciona información sobre el rendimiento por recluta esperado con distintas combinaciones de esfuerzo de pesca y tallas de ingreso. El modelo se basa en datos sobre la talla a edad o el peso a edad y la mortalidad natural. Ambos, especialmente la mortalidad natural, son difíciles de estimar. Se calculó no obstante el rendimiento por recluta de patudo correspondiente a varias combinaciones de esfuerzo de pesca ( $F$ ) y talla de ingreso. Los datos sobre la talla a edad se obtuvieron con una ecuación de crecimiento de patudo presentada en el Boletín de la CIAT, Vol. 11, N° 2. Se usaron valores anuales experimentales del coeficiente de mortalidad natural ( $M$ ) de 0.4 y 0.6. El valor de 0.4 es aproximadamente igual a la estimación de 0.361 publicada en el Informe del Laboratorio Regional de Investigaciones Pesqueras de Nankai, N° 25, páginas 91-103. El valor de 0.6 es algo superior a la estimación de 0.477 derivada con el método descrito en el Journal du Conseil, Vol. 39, N° 2, páginas 175-192. En la Figura 70 se presentan los resultados, con tallas de ingreso de 40 cm (2 kg/4 libras), 60 cm (5 kg/12 libras), 90 cm (17 kg/38 libras), 120 cm (40 kg/87 libras), y 150 cm (76 kg/167 libras) y valores de  $F$  de 0.0 a 1.6. En ambos casos, el rendimiento por recluta fue mínimo con una talla de ingreso de 150 cm, así que se limitará la discusión a los otros cuatro valores, 40, 60, 90, y 120 cm. A partir de las Figuras 21 y 69, parece que la mayoría del patudo capturado con red de cerco y palangre es reclutado a una talla de unos 60 a 90 cm y 90 a 120 cm, respectivamente. (Sin embargo, existe una variación interanual considerable en la composición de frecuencia de talla de los peces capturados con artes de superficie, y en 1980 y 1982-1984 se capturaron en la pesquería cerquera grandes cantidades de patudo de entre 40 y 60 cm.) Con un valor de  $M$  de 0.4, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual para todas las tallas de ingreso con valores de  $F$  hasta 0.4. Con valores de  $F$  de 0.6 o más, el rendimiento por recluta es menor para una talla de ingreso de 40 cm, y con valores de  $F$  de 0.8 o más es menor para una talla de ingreso de 60 cm. Con un valor de  $M$  de 0.6, el rendimiento por recluta es aproximadamente igual con todos los valores de  $F$  para tallas de ingreso de 60, 90, y 120 cm. Es asimismo aproximadamente igual para una talla de ingreso de 40 cm con valores de  $F$  hasta 0.6, pero con valores mayores de  $F$  el rendimiento por recluta es menor. En general, se obtienen los rendimientos por recluta mayores con tallas de ingreso intermedias (90 y 120 cm). Esto significa que, en la mayoría de los casos, la talla de ingreso promedio de la pesquería de superficie es inferior, y aquella de la pesquería palangrera superior, a aquella que maximizaría el rendimiento por recluta. Sin embargo, se recalca que estas estimaciones se basan en datos inadecuados, así que es posible que no sean confiables.

### ***Modelos de producción***

Los modelos de producción pueden ser aplicados solamente a peces de poblaciones separadas; en consecuencia, sólo se pueden usar para el patudo del OPO si hay relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de las zonas más al oeste. En la Tabla 36 se detallan los desplazamientos de patudos marcados en el Océano Pacífico por varias organizaciones y que permanecieron en libertad durante períodos largos. Las distancias recorridas son inferiores a aquellas registradas para las otras especies de atunes de importancia comercial, pero no se debe exagerar el significado de este fenómeno, dada la escasez de las devoluciones.

En la Figura 71 se presentan los datos de esfuerzo, captura, y CPUE de 1954-1987, correspondientes a la parte del OPO delineada en la Figura 68. Se escogió esta zona porque incluye las áreas principales de pesca de patudo, y se creía que la inclusión de datos de áreas con grandes cantidades de esfuerzo y pocas capturas de patudo ocultaría la posible relación entre el esfuerzo y la captura de patudo. Durante 1954-1960 el esfuerzo y la captura fueron bajos, y la CPUE ele-

vada; de 1961 a 1964 el esfuerzo y la captura fueron mucho mayores que en 1954-1960. En 1961 la CPUE fue ligeramente inferior a 3 peces por 100 anzuelos, y se redujo a menos de 1.5 peces por 100 anzuelos en 1964. De 1964 a 1985 el esfuerzo fluctuó entre 50 y 130 millones de anzuelos, y la captura entre 0.4 y 1.3 millones de peces, pero las CPUE permanecieron aproximadamente constantes, cerca de 1 pez por 100 anzuelos. El esfuerzo aumentó a unos 145 millones de anzuelos en 1986 y 170 millones en 1987, mientras que la CPUE permaneció alrededor de 1 pez por 100 anzuelos. Es normal que la CPUE disminuya al aumentar el esfuerzo, y una pequeña reducción no indica necesariamente una pesca excesiva (desde el punto de vista de reducir el rendimiento promedio máximo sostenible (RPMS), tal como se informa en la sección de este informe que trata de la evaluación del stock de aleta amarilla). Sin embargo, la reducción de la CPUE a menos de la mitad de lo que era cuando el esfuerzo era bajo podría señalar una reducción de la población a un nivel inferior a aquel necesario para producir el RPMS.

Podría resultar significativo el hecho de que las capturas se hayan más que triplicado en el período de 1965-1987, mientras que las CPUE permanecieron casi iguales. Una explicación posible sería que aquellos individuos especialmente vulnerables a las artes palangreras hayan sido extraídos selectivamente de la población durante los primeros años de la pesquería, reduciendo así las CPUE más que la abundancia de los peces. Otra posibilidad es que, debido al precio elevado del patudo, los pescadores dirigieron su esfuerzo más hacia esa especie en los últimos años. Por ejemplo, es posible que cambios en la distribución geográfica y temporal del esfuerzo de pesca, junto con la adopción de artes palangreras de profundidad a fines de los años setenta, haya mantenido la CPUE del patudo al mismo nivel mientras se reducía su abundancia. Una tercera posibilidad sería que hay aumentado el reclutamiento del patudo, permitiendo así CPUE constantes mientras aumentaban las capturas. La incertidumbre sobre los niveles de intercambio de peces entre el área analizada y las áreas adyacentes contribuye también a la incertidumbre en la interpretación de los datos.

### **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 los datos de bitácora de los barcos, de datos sobre los pesos de peces descargados en las enlatadoras, de estómagos, gónadas, y medidas de peces tomadas en las enlatadoras, 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 actuales en el Laboratorio de Achotines de la CIAT.

En la Tabla 1 se presentan datos sobre las descargas de barrilete negro por barcos atuneros de 1961 a 1993. Estos datos incluyen solamente el pescado descargado; 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 desechadas al mar por barcos cerqueros durante el período de 1986-1993 varían de unas 4 a unas 11 mil toneladas por año. Además, la especie es capturada por barcos pequeños basados en Latinoamérica, de los cuales no se obtienen datos. Las capturas reales son así superiores a las indicadas en la tabla. En la Figura 72 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-talla del barrilete negro. En un crucero de marcado realizado en 1981 se hicieron algunas observaciones sobre la habilidad natatoria, la temperatura del cuerpo, y el tiempo requerido para la evacuación gástrica; el análisis de los resultados fue publicado en una revista científica en 1984. En total han sido marcados 1,502 barriletes negros, 107 de los cuales han sido 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.

Se publicaron en el Boletín de la CIAT, Vol. 19, Nº 2, datos sobre las áreas y la duración del desove, la talla de madurez sexual, la proporción de sexos, la fecundidad, y la frecuencia del desove del barrilete negro. El cálculo del potencial reproductivo 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 sobrevivencia durante los primeros estadios del ciclo vital, los estudios de este tipo pueden producir información de valor potencial para realizar pronósticos. Además, se han capturado grandes cantidades de larvas y juveniles de barrilete negro y de otras especies de escómbridos (atunes y caballas), en particular frente a Centroamérica y cerca de la desembocadura del Mar de Cortez.

Los datos sobre la ocurrencia de larvas y juveniles, junto con los datos de marcado y de bitácara, proporcionan índices de abundancia del barrilete negro en 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.

Actualmente se están realizando estudios extensos del barrilete negro en el laboratorio de la CIAT en la Bahía de Achotines, (República de Panamá) y en La Jolla. Se describen dichos estudios en este informe y en Informes Anuales de la CIAT previos.

**APPENDIX 1—ANEXO 1****STAFF\*—PERSONAL\*****DIRECTOR**

James Joseph, Ph.D. (University of Washington)

**SCIENTIFIC—CIENTIFICO****Chief Scientists—Científicos Dirigentes**

Richard B. Deriso, Ph.D. (University of Washington)  
Tuna-billfish Program —Programa Atún-picudo

Martín A. Hall, Ph.D. (University of Washington)  
Tuna-dolphin Program —Programa Atún-delfin

**Senior Scientists—Científicos Principales**

Pablo R. Arenas, Ph.D. (University of Washington)  
Biology —Biología

William H. Bayliff, Ph.D. (University of Washington)  
Biology —Biología

David A. Bratten, B.S. (San Diego State University)  
Biology —Biología

Michael G. Hinton, M.S. (University of Washington)  
Biology: statistics —Biología: estadística

Daniel Margulies, Ph.D. (University of Maryland)  
Biology —Biología

Robert J. Olson, Ph.D. (University of Wisconsin)  
Biology —Biología

Michael D. Scott, Ph.D. (University of California at Los Angeles)  
Biology —Biología

Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt State University)  
Biology: population dynamics —Biología: dinámica de poblaciones

Alexander Wild, Ph.D. (University of British Columbia)  
Biology —Biología

**Associate Scientists—Científicos Asociados**

Ernesto Altamirano Nieto, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
Biology —Biología

Alejandro A. Anganuzzi, Lic. (Universidad Nacional de Mar del Plata)  
Biology: population dynamics —Biología: dinámica de poblaciones

Thomas P. Calkins, B.S. (University of Washington)  
Biology —Biología

Edward H. Everett, B.A. (San Jose State University)		
Biology: statistics		—Biología: estadística
Marco A. García, Lic. (Universidad de Oriente)		
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
Ashley J. Mullen, Ph.D. (University of London)		
Biology: mathematics		—Biología: matemática
Richard G. Punsly, M.S. (University of Washington)		
Biology: population dynamics		—Biología: dinámica de poblaciones
Robert E. Sarazen, B.S. (California State University, Long Beach)		
Data base management		—Administración de base de datos
(from March 22		—desde el 22 de marzo)
Kurt M. Schaefer, M.S. (San Diego State University)		
Biology		—Biología
Vernon P. Scholey, B.S. (University of Washington)		
Biology		—Biología (Achetines, Panamá)
John H. Stadler, M.S. (University of Washington)		
Biology		—Biología
(to November 15		—hasta el 15 de Noviembre)
		(Achetines, Panamá)
Gayle Ver Steeg, B.S. (Iowa State University)		
Data base management		—Administración de base de datos
(to May 28		—hasta el 28 de mayo)
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)
- Felipe Galván-Mangaña, M.S. (Instituto Politécnico Nacional)  
Biology —Biología
- Leonardo García, Lic. (Universidad de Guayaquil)  
Biology: statistics —Biología: estadística  
(Manta, Ecuador)
- Pablo X. Guerrero Verduga, Lic. (Universidad de Guayaquil)  
Biology: statistics —Biología: estadística  
(Manta, Ecuador)
- Manuel R. Inclan, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California Sur)  
Biology: statistics —Biología: estadística  
(Ensenada, México)
- José Manuel Lutt M., B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
Biology —Biología  
(Ensenada, México)
- Alberto Morales Yañez, B.S. (Universidad Autónoma de Baja California)  
Biology —Biología  
(Ensenada, México)
- 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  
(from March 15 —desde el 15 de marzo)  
(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
- Oswaldo 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

G. Jay Walker, B.A. (Boston College)  
 Computer programmer —Programador de computadoras  
 (from December 1 —desde 1 de diciembre)

**TECHNICAL—TECNICO**

Javier Barandiarán, B.A.C (Universidad de Puerto Rico)  
 Waterfront contact: laboratory technician —Representante en el muelle: técnico de laboratorio

Kevin T. Bentler, B.S. (University of California at San Diego)  
 Laboratory technician —Técnico de laboratorio

Sharon A. Booker  
 Data secretary —Secretaria de datos

Joanne E. Boster  
 Statistical technician —Técnica en estadística

Laura J. Bowling  
 Data secretary —Secretaria de datos

Jesús Mario Budria Gracia  
 Maintenance supervisor —Supervisor de mantenimiento  
 (Achetines, Panamá)

Nannette Y. Clark  
 Statistical technician —Técnica en estadística

Yolanda Covington  
 Data assistant —Asistente de datos

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.)

**ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO**

Lily Blatt  
 Bilingual secretary —Secretaria bilingüe  
 (from November 1 —desde 1 de noviembre)

Marisa Chocano  
 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

Kristin M. Reichardt, B.A. (College of the Holy Cross)  
Translator  
(to September 10)

—hasta el 10 de septiembre)

- \* All staff members at La Jolla unless otherwise noted
- \* Todos en La Jolla, a menos que se indique lo contrario

## APPENDIX 2—ANEXO 2

**RESOLUTIONS AND DECLARATION PASSED AT INTERGOVERNMENTAL MEETING  
OF JUNE 9-10, 1993—RESOLUCIONES Y DECLARACION APROBADAS  
EN LA REUNION INTERGUBERNAMENTAL DEL 9-10 DE JUNIO DE 1993**

## RESOLUTION

*The Intergovernmental Meeting on the Conservation of Tunas and Dolphins in the eastern Pacific Ocean, held on June 9 and 10, 1993, in Port Vila, Vanuatu,*

*Recalling paragraph 4 of the 1992 La Jolla Agreement, by which a vessel not using its assigned 1993 Dolphin Mortality Limit (DML) by June 1, 1993, would forfeit the DML for the remainder of the year, and*

*Noting that, in some cases, the reason for not using the DML may be force majeure,*

*Agrees that, in the first year of the Agreement only, where the International Review Panel is satisfied that a vessel has at any time during 1992 set on dolphins and that it has not utilized its DML during the first 5 months of 1993 due to its being laid up for repair or maintenance, the vessel shall be deemed not to have lost its DML in accordance with paragraph 4 of the Agreement.*

## RESOLUCION

*La Reunión Intergubernamental sobre la Conservación de Atunes y Delfines en el Océano Pacífico oriental, celebrada el 9 y 10 de junio de 1993 en Port Vila, Vanuatu,*

*Teniendo en cuenta el párrafo 4 del Acuerdo de La Jolla de 1992, según el cual un barco que no use su Límite de Mortalidad de Delfines (LMD) asignado para 1993 antes del 1 de junio de 1993, perdería el LMD para el resto del año, y*

*Notando que, en algunos casos, la razón por no usar el LMD puede ser de fuerza mayor,*

*Acuerda que, en el primer año del Acuerdo solamente, en los casos en que el Panel Internacional de Revisión esté satisfecho de que un barco hizo al menos un lance sobre delfines en cualquier momento en 1992 y que no ha utilizado su LMD durante los cinco primeros meses de 1993 porque estuvo inactivo a causa de reparaciones o mantenimiento, se considerará que ese barco no ha perdido su LMD de acuerdo con lo previsto en el párrafo 4 del Acuerdo.*

---

**INTERGOVERNMENTAL RESOLUTION ON ISSUES ASSOCIATED WITH  
THE INTERNATIONAL REVIEW PANEL**

*Recalling the Intergovernmental Agreement for the Conservation of Dolphins in the eastern Pacific Ocean (EPO), which has the objectives of:*

- (1) progressively reducing dolphin mortality in the EPO fishery to levels approaching zero through the setting of annual limits, and
- (2) with a goal of eliminating dolphin mortality in this fishery, seeking ecologically-sound means of capturing large yellowfin tunas not in association with dolphins while maintaining the population of yellowfin tuna in the EPO at a level which will permit maximum sustained catches year after year, and to limit and, if possible, eliminate the mortality of dolphins in the fishery of the EPO;

*Being aware* that the program during its first year of implementation is proving even more successful in reducing dolphin mortality than expected, and

*Noting* that adjustments to the program may be called for in order to take advantage of the better-than-expected progress,

*The Governments of Colombia, Costa Rica, Mexico, Panama, the United States of America, Vanuatu, and Venezuela* agree as follows:

1. To accept and ratify the Rules of Procedure adopted by the International Review Panel (IRP), including Rule III, which calls for the appointment of alternate members for non-governmental representatives.
2. To request the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) and the national programs not to assign an observer to any vessel unless the captain and owner of said vessel have signed the data release form appended hereto as Appendix II.
3. To revise the schedule of global annual dolphin mortality limits (DMLs) downward. For this purpose, a working group shall be convened in order to consider technical issues associated with the revision of the schedule. The precise extent of the downward revision will be determined at an intergovernmental meeting to be held at a place and at a time to be determined after consultation with the Director of the IATTC, provided that the meeting shall be held before 15 December 1993.
4. To consider at the meeting referred to above measures to limit dolphin mortality, including a provision prohibiting a DML for an individual vessel for any year from exceeding the DML assigned to that vessel in the previous year.
5. To accept the recommendations of the IRP with respect to the standardization of infractions and sanctions and to recommend to Governments party to the La Jolla Agreement that they develop legislation, regulations, and policy statements as soon as possible that include the infractions listed in Appendix III and to set as goals the establishment of the sanctions set out in such Appendix.
6. To accept the recommendations of the IRP with respect to the four options for action with respect to nations not party to the Agreement, as set out in Appendix IV.
7. To acknowledge the importance of the proposals of the IRP, set out in Appendix V, regarding actions which might be pursued in the event that any Party or non-party does not take corrective action, and to instruct the IRP to continue its deliberations on these issues.
8. To consider further a supplemental instrument to enhance the compliance aspects of the La Jolla Agreement, including the provision of a mechanism for resolving disputes.
9. To delegate to the IRP authority to consider the following matters:
  - (a) the development of public education programs;
  - (b) the development of a certificate of origin regime for yellowfin tuna.
10. To accept that all other matters raised by the IRP, listed in Appendix VI, are outside the scope of its authority.
11. To accept the criteria for issuing DMLs set out in Appendix VII.

**Appendix II.**

**Form of Release of Vessel Captain**

The undersigned fishing captain hereby authorizes the release of information on the fishing activities of any purse seiner of the international tuna fleet under his command that is collected by observers from either the Inter-American Tropical Tuna Commission's (IATTC) international dolphin program, or a national dolphin program. The data can be released to any of the following:

- 1) The IATTC's dolphin program.
- 2) The national dolphin program, if applicable.
- 3) The government that has jurisdiction over the vessel(s).

The IATTC may provide information to the International Review Panel for verification of compliance with the mortality limits set forth by the multilateral program adopted in 1992, and with national regulations for the protection of marine mammals.

This authorization will remain in effect until revoked in writing to the IATTC.

Fishing Captain signature: \_\_\_\_\_

Print full name: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

**Form of Release of Vessel Owner/Manager**

The undersigned vessel manager hereby authorizes the release of information on the fishing activities of the vessel(s) named below that is collected by observers from either the Inter-American Tropical Tuna Commission's (IATTC) international dolphin program, or a national dolphin program. The data can be released to any of the following:

- 1) The IATTC's dolphin program.
- 2) The national dolphin program, if applicable.
- 3) The government that has jurisdiction over the vessel(s).

The IATTC may provide information to the International Review Panel for verification of compliance with the mortality limits set forth by the multilateral program adopted in 1992, and with national regulations for the protection of marine mammals.

This authorization will remain in effect until revoked in writing to the IATTC, or until the ownership of the vessel(s) changes.

Name(s) of vessel(s): \_\_\_\_\_

Vessel manager signature: \_\_\_\_\_

Print full name: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

**Appendix III.****INFRACTIONS AND SANCTIONS****MAJOR INFRACTIONS FOR INDIVIDUAL OPERATORS, OWNERS AND OBSERVERS**

	<u>Fines in US\$</u>	<u>Suspension of license</u>	<u>Loss of DML</u>
1) Fishing without an observer:			
captain responsible	100,000	3 years	
owner responsible	100,000		3 years
2) Fishing on dolphins without a DML assigned (regardless of boat capacity, e.g. Class 5): (captain)	250,000	5 years	
3) Making intentional sets after reaching DML			
1st set (captain)	50,000	2 years	
each additional set (captain)	30,000	6 months	
4) Making intentional sets on banned stock or school types prohibited under Agreement or current regulations: (captain)	50,000	2 years	
5) Serious interference with observer duties (bribe offers, threats):			
by captain	50,000	2 years	
by owner	50,000		2 years
6) False reporting by observer: additional sanctions by nations (felony, misdemeanor)	no pay	dismissal	
7) Hiring a captain without a national license, or whose license has been suspended, for a vessel with a DML: (fine for owner)	100,000		
captain additional suspension		2 years	
8) Departing or fishing on dolphins without a dolphin safety panel:			
captain	100,000	2 years	
owner	100,000	2 years	
9) No backdown (each occurrence):	100,000		
10) Intentional sack up or brailing of live dolphins:	50,000		

**OTHER INFRACTIONS<sup>1</sup>:**

1) Night set (each occurrence):	20,000
2) Use of explosives for dolphin sets (e.o):	20,000
3) Minor interference with observer duties (e.o):	5,000
4) Failure to deploy crew as hand rescuers (e.o):	10,000
5) Departing or fishing without the required equipment (DML vessels):	
Raft in operable condition	10,000
All speedboats with towing bridles	10,000
Floodlight in operable condition	10,000
Two diving masks and snorkels	20,000

<sup>1</sup>Captain's responsibility in all cases as well as owner's responsibility for (5).

**Appendix IV.****Guiding Principles respecting relationships between States both Party and Non-Party to the Agreement**

The Parties to the Agreement incorporate into the Agreement a guiding principle that no Party shall act in a manner that assists non-parties to avoid compliance with the objectives of the Agreement.

When a coastal state that is a Party issues a license to engage in fishing in its Exclusive Economic Zone portion of the eastern Pacific Ocean (EPO), either directly or through a licensing agreement, to a vessel of a non-party, the license should be subject to the provisions of the Agreement.

The Parties should consider prohibiting persons under their jurisdiction from assisting in any way vessels of non-complying Parties or non-parties operating in the fishery.

Any state whose vessels are conducting purse-seine tuna-fishing operations in the EPO should be invited to join the Agreement. The Parties should draw the attention of any state that is not a party to the Agreement to any activity undertaken by its nationals or vessels which, in the opinion of the Parties, affects the implementation of the objectives of the Agreement.

**Appendix V.****A. Options for Action With Respect to Nations Party to the Agreement**

Diplomatic actions:

- \* Collective representation to the non-complying nation. This would constitute a communication emanating from plenary meeting of the participating nations after consultation with the non-complying nation.
- \* Diplomatic communication. Each participating nation, acting individually or in concert with other nations, would undertake a diplomatic demarche to the non-complying nation.

Public opinion actions:

- \* Dissemination of information regarding the non-compliance of the nation to the public through appropriate media, *e.g.*, a press conference.

Operational restrictions:

- \* Denial of access to the Exclusive Economic Zones of nations party to the agreement for fishing operations by tuna fishing vessels of the non-complying nation. The scope of this action would have to be determined by the International Review Panel (IRP) by defining what constitutes a tuna-fishing vessel, *i.e.*, vessels covered by the Agreement, or other tuna-fishing vessels as well. This action should not restrict freedom of navigation or other rights of vessels under international law.
- \* Restriction of access to ports and port servicing facilities for tuna fishing vessels of the non-complying nation. This would not apply to vessels in distress.
- \* Refusal of logistical support and/or supplies to tuna-fishing vessels of the non-complying nation.
- \* Reduction of Dolphin Mortality Limits (DMLs) to all vessels of the non-complying Party by specified percentages. DMLs would be restored immediately upon a determination that the nation is in compliance.

**Economic sanctions:**

- \* Trade measures. The Working Group discussed at length trade measures against non-complying nations. These might include embargoes or other restrictions on the imports of, for example, tuna, other fish products, other marine products, or other products.
- \* The consideration of such measures was recognized to be an extremely delicate and evolving policy issue for which few guidelines exist in international law. The Working Group noted ongoing discussions concerning this issue in other international fora. In light of these considerations, the Working Group agreed that trade measures should receive further review by the Parties prior to making any recommendation in this respect.
- \* Fines (monetary penalties). The Working Group considered that the IRP should identify procedures for imposing fines, including defining the value of the fines (this could be based on a percentage of the amount of the commercial value of the catch), and the destination of the fines (e.g., an international trust fund) as issues that the Parties should discuss. The Working Group noted that there apparently is no precedent for such fines.

**B. Options for Action With Respect to Nations Not Party to the Agreement****Diplomatic actions:**

- \* Collective representation to the non-party. This would constitute a communication emanating from a plenary meeting of the participating nations after consultations with the non-party.
- \* Diplomatic communication. Each participating nation, acting individually or in concert with other nations, would undertake a diplomatic demarche to the non-party.

**Public opinion actions:**

- \* Dissemination of information regarding the non-compliance of the non-party to the public through appropriate media, e.g., a press conference.

**Operational restrictions:**

- \* Restriction of access to ports and port servicing facilities for tuna-fishing vessels of the non-party. The scope of this action would have to be determined by the IRP by defining what constitutes a tuna-fishing vessel, *i.e.*, solely vessels covered by the Agreement, or other tuna-fishing vessels as well. This action should not restrict freedom of navigation and other rights of vessels under international law, and particularly would not apply to vessels in distress.
- \* Refusal of logistical support and/or supplies to tuna fishing vessels of the non-party nation.
- \* Prohibiting nationals from assisting in any way vessels of the non-party operating in the fishery.

**Economic sanctions:**

- \* The Working Group noted that economic sanctions with respect to non-parties call into consideration all the issues raised above with respect to the imposition of such sanctions on Parties, and noted that the imposition of such sanctions with respect to non-parties involves additional complex legal considerations. The Working Group recommends that the Parties consider whether such sanctions against non-parties are an appropriate means of promoting compliance with the objectives of the Agreement and whether they are consistent with international law.

**Appendix VI.****Actions Outside the Scope of the Authority of the International Review Panel**

1. The nature of the legal instrument that will embody the compliance mechanisms discussed herein;
2. Identification of the composition and functions of the bodies to be established under the Agreement;
3. The development of a mechanism for resolving disputes, to include consultants, expert missions, etc.;
4. Establishment of a financial mechanism, such as an international trust fund;
5. Procedures for the accession of non-parties to the Agreement.

**Appendix VII.****Criteria for issuing Dolphin Mortality Limits for 1994**

The Intergovernmental Meeting recommends that the following be adopted as criteria for determining which vessels will be considered qualified to receive a Dolphin Mortality Limit (DML) for 1994. The intent of the Meeting in making these recommendations is to discourage, to the extent possible, the issuance of DMLs to vessels that will not fish for tuna in the eastern Pacific Ocean (EPO), using the practice of setting on dolphins. The criteria recommended by the International Review Panel are:

- a) DMLs will be assigned only to vessels flying the flag of nations that are party to the Agreement or members of the IATTC.
- b) A DML will be assigned only in those cases where the flag state has certified that the vessel requesting a DML is in possession of the proper gear and equipment for fishing on dolphins called for under the Agreement and that the fishing captain and crew have received the appropriate training in dolphin-rescue techniques.
- c) Each vessel requesting a DML shall submit to its government a statement expressing its intent to fish in the EPO, using the practice of setting on dolphins on at least one trip.
- d) Any vessel that had no DML for the previous year or that had a DML but did not fish in the EPO during the previous year will be required to post a "Commitment Bond" in the amount of US\$250,000.<sup>1</sup> The bond will be forfeited if the vessel does not fish in the EPO during the fishing year for which the bond was posted. The proceeds of forfeited bonds will be used to support research under a funding mechanism to be agreed. Any vessel operating under the flag of a nation that is a member of the Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC) and is a party to both the La Jolla Agreement of June 1992 and the Vanuatu Resolution of June 1993, and at the time of the Vanuatu resolution had no tuna purse-seine vessels fishing in the EPO and which fishes for the first time under the flag of that nation, shall be exempt from the provisions requiring the posting of a bond. This provision shall remain in force only until June 30, 1995.
- e) Each Party is encouraged not to submit a request for a DML for any vessel that such Party has determined is not complying with the terms and spirit of the Agreement.
- f) Each vessel requesting a DML shall pay in advance to the IATTC the amount of US\$10.00 per short ton of capacity to cover observer costs.

<sup>1</sup>The figure of US\$250,000 shall be the initial amount for the bond and may be revised by future intergovernmental agreement taking into account further study on the practical aspects of obtaining such a bond.

In addition to the criteria listed above, the IGM recognizes that additional criteria may be necessary to address the issue of DMLs requested by vessels fishing in the EPO using exclusively dolphin-safe fishing methods. The IGM agreed that addressing this situation should be given a high priority in future deliberations.

### **RESOLUCION INTERGUBERNAMENTAL SOBRE ASUNTOS RELACIONADOS CON EL PANEL INTERNACIONAL DE REVISION**

*Teniendo en cuenta* el Acuerdo Intergubernamental para la Conservación de los Delfines en el Océano Pacífico oriental (OPO), cuyos objetivos son:

- (1) reducir progresivamente la mortalidad de delfines en la pesquería del OPO a niveles cercanos a cero mediante el establecimiento de límites anuales, y
- (2) con el objetivo de eliminar la mortalidad de delfines en esta pesquería, buscar métodos ecológicamente razonables de capturar atunes aleta amarilla no asociados con delfines y al mismo tiempo mantener la población de atún aleta amarilla en el OPO a un nivel que permita capturas máximas sostenibles año tras año, y de limitar y, en caso posible, eliminar la mortalidad de delfines en la pesquería del OPO.

*Conscientes* de que el programa durante su primer año está logrando un éxito en la reducir mortalidad de delfines todavía mayor que lo esperado, y

*Notando* que podrían ser necesarios ajustes al programa para aprovechar estos avances inesperados,

*Los Gobiernos de Colombia, Costa Rica, los Estados Unidos de América, México, Panamá, Vanuatu, y Venezuela acuerdan* lo siguiente:

1. Aceptar y ratificar las Reglas de Procedimiento adoptadas por el Panel Internacional de Revisión (PIR), incluyendo la Regla III, que se refiere al nombramiento de miembros suplentes para representantes no gubernamentales.
2. Pedir a la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) y a los programas nacionales no asignar un observador a un barco a menos de que el capitán y el armador del mismo hayan firmado la autorización de divulgación de datos adjunta como Anexo II.
3. Revisar el cronograma de límites de mortalidad de delfines globales anuales (LMD), reduciéndolos. Con este propósito, se convocará un Grupo de Trabajo a fines de proveer respuestas a temas técnicos asociados con la revisión del cronograma. La magnitud precisa de las reducciones será determinada en una reunión intergubernamental a celebrarse en un lugar y fecha a fijar tras consultas con el Director de la CIAT, pero de todos modos antes del 15 de diciembre de 1993.
4. Considerar en la reunión referida arriba medidas para limitar la mortalidad de delfines, incluyendo una estipulación que prohíba que el LMD de un barco individual para un año exceda el LMD asignado al mismo el año anterior.
5. Aceptar las recomendaciones del PIR con respecto a la estandarización de infracciones y sanciones y recomendar a los gobiernos partes del Acuerdo de La Jolla desarrollar a la brevedad posible legislación, reglamentos, y políticas que incluyan las infracciones detalladas en el Anexo III y que se fijen como objetivo la puesta en vigencia de las sanciones delineadas en dicho Anexo.

6. Aceptar las recomendaciones del PIR con respecto a las cuatro opciones referentes a acciones con respecto a naciones no partes del Acuerdo, delineadas en el Anexo IV.
7. Reconocer la importancia de las propuestas del PIR, detalladas en el Anexo V, con respecto a acciones que se podrán tomar en el caso de que cualquier nación parte o no parte del Acuerdo no tome las acciones correctivas apropiadas, e instruir al PIR a continuar sus deliberaciones sobre estos temas.
8. Profundizar la cuestión de un instrumento suplementario para perfeccionar los aspectos de cumplimiento del Acuerdo de La Jolla, incluyendo la provisión de un mecanismo de resolución de disputas.
9. Delegar al PIR autoridad para considerar los temas siguientes:
  - (a) El desarrollo de programas de educación pública;
  - (b) El desarrollo de un régimen de certificados de origen para atún aleta amarilla.
10. Aceptar que todos los otros temas planteados por el PIR detallados en el Anexo VI están fuera del alcance de su autoridad.
11. Aceptar los criterios para asignar los LMD detallados en el Anexo VII.

**Anexo II.**

**Autorización de Divulgación de Datos para Capitanes de Pesca**

El capitán de pesca abajo firmante autoriza la divulgación de información sobre las actividades pesqueras de cualquier barco atunero de cerco de la flota internacional bajo su comando, colectada por el programa internacional de observadores de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), o por un programa nacional. Los datos pueden ser facilitados a las siguientes entidades:

- 1) El programa atún-delfin de la CIAT.
- 2) El programa nacional correspondiente, en caso de ser aplicable.
- 3) El gobierno que tenga jurisdicción sobre el barco.

La CIAT puede proporcionar la información al Panel Internacional de Revisión para la verificación del cumplimiento de los límites de mortalidad determinados por el programa multilateral establecido en 1992, así como los reglamentos nacionales para la protección de mamíferos marinos.

Esta autorización permanecerá en vigencia hasta ser revocada por escrito a la CIAT.

Firma del Capitán de Pesca: \_\_\_\_\_

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Autorización de Divulgación de Datos para Armadores de Barcos**

El armador abajo firmante autoriza la divulgación de la información de las actividades pesqueras de los barcos abajo detallados colectada por el programa internacional de observadores de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), o por un programa nacional. Los datos pueden ser facilitados a las siguientes entidades:

- 1) El programa atún-delfin de la CIAT.
- 2) El programa nacional correspondiente, en caso de ser aplicable.
- 3) El gobierno que tiene jurisdicción sobre los barcos.

La CIAT puede proporcionar la información al Panel Internacional de Revisión para la verificación del cumplimiento con los límites de mortalidad determinados por el programa multilateral establecido en 1992, así como con las regulaciones nacionales para la protección de mamíferos marinos.

Esta autorización permanecerá en vigencia hasta ser revocada por escrito a la CIAT, o hasta que los barcos cambien de armador.

Nombre(s) de barco(s): \_\_\_\_\_  
 Firma del armador: \_\_\_\_\_  
 Nombre completo: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

### Anexo III.

#### INFRACCIONES Y SANCIONES

#### INFRACCIONES MAYORES PARA OPERADORES, ARMADORES, Y OBSERVADORES INDIVIDUALES

	Multa en US\$	Suspensión de permiso de pesca	Retiro del LMD
1) Pescar sin observador: capitán responsable	100,000	3 años	
armador responsable	100,000		3 años
2) Pescar sobre delfines sin un LMD asignado (para barcos de cualquier capacidad, por ejemplo, Clase 5): (capitán)	250,000	5 años	
3) Efectuar lances intencionales sobre delfines después de alcanzar el LMD: primer lance (capitán)	50,000	2 años	
cada lance adicional (capitán)	30,000	6 meses	
4) Efectuar lances intencionales sobre un stock o tipo de manada prohibidos bajo el Acuerdo o normas existentes: (capitán)	50,000	2 años	
5) Entrometimiento grave con las tareas del observador (sobornos o amenazas): por el capitán	50,000	2 años	
por el armador del barco	50,000		2 años
6) Reportes falsos por el observador: sanciones adicionales por naciones (delito mayor o menor)	no pago	despido	
7) Emplear un capitán sin permiso de pesca nacional, o cuyo permiso ha sido suspendido, para un barco con un LMD: (multa para el armador)	100,000		
suspensión adicional del capitán		2 años	
8) Zarpar o pescar sobre delfines sin paño de protección de delfines: capitán	100,000	2 años	
armador	100,000		2 años
9) No efectuar retroceso (cada lance):	100,000		
10) Embolsar o salabardear intencionalmente delfines vivos:	50,000		

**OTRAS INFRACCIONES<sup>1</sup>:**

1) Lance nocturno (cada lance):	20,000 <sup>1</sup>
2) Uso de explosivos en lances sobre delfines (c.l.):	20,000
3) Entrometimiento menor con las tareas del observador (c.l.)	20,000
4) No efectuar maniobras de rescate adicionales (c.l.)	10,000
5) Zarpar o pescar sin el equipo requerido (barcos con LMD):	
Balsa en buenas condiciones	10,000
Todas las lanchas con bridas de remolque	10,000
Reflector en buenas condiciones	10,000
Dos máscaras de buceo y esnórqueles	20,000

**Anexo IV.****Principios Dirigentes con respecto a relaciones entre Naciones Partes y no Partes del Acuerdo**

Las Partes del Acuerdo incorporan en el mismo un principio director que ninguna Parte actuará de forma que ayude a naciones no partes a evitar cumplir con los objetivos del Acuerdo.

Cuando una nación costera parte del Acuerdo emita una licencia para pescar en la parte del Océano Pacífico oriental (OPO) abarcada por su Zona Económica Exclusiva, ya sea directamente o a través de un acuerdo de licenciamiento, a un barco de una nación no parte, dicha licencia debe ser sujeta a las disposiciones del Acuerdo.

Las Partes considerarán prohibir a las personas bajo su jurisdicción ayudar de cualquier forma a barcos de Partes en incumplimiento o de naciones no partes faenando en la pesquería.

Toda nación cuyos barcos estén pescando atunes con redes de cerco en el OPO deberían ser invitados a unirse al Acuerdo. Las Partes deberían llamar la atención de toda nación no parte del Acuerdo a cualquier actividad emprendida por sus nacionales o barcos que, a juicio de las Partes, afecte la ejecución de los objetivos del Acuerdo.

**Anexo V.****A. Opciones de Acción con respecto a Naciones Partes del Acuerdo**

Acciones diplomáticas:

- \* Representación colectiva a la nación acusada de incumplimiento. Esto consistiría de una comunicación procedente de una reunión plenaria de las naciones participantes tras consultas con la nación en incumplimiento.
- \* Comunicación diplomática. Cada nación participante, actuando individualmente o en concierto con otras naciones, iniciaría una gestión diplomática a la nación en incumplimiento.

Acciones de opinión pública:

- \* Difusión de información sobre el incumplimiento por parte de la nación al público por los medios apropiados, por ejemplo, una rueda de prensa.

Restricciones operacionales:

- \* Denegación de acceso a las Zona Económica Exclusiva de naciones partes del Acuerdo para operaciones de pesca por barcos atuneros de la nación en incumplimiento. El alcance de esta acción tendría que ser determinado por el Panel Internacional de Revisión (PIR) mediante la definición de un barco atunero, es decir, barcos abarcados por el Acuerdo, u otros barcos atuneros también. Esta acción no debería limitar la libertad de navegación u otros derechos de barcos bajo el derecho internacional.

<sup>1</sup> Responsabilidad del capitán en todos casos; en el 5) el armador es también responsable.

- \* Restricción de acceso a puertos y servicios portuarios para barcos atuneros de la nación en incumplimiento. Se exceptuarían barcos en peligro.
- \* Denegación de apoyo logístico y/o suministros a barcos atuneros de la nación en incumplimiento.
- \* Reducción del Límite de Mortalidad de Delfines (LMD) de todos los barcos de la Parte en incumplimiento por un porcentaje determinado. Los LMD serían restablecidos inmediatamente al determinarse que la nación estaba en cumplimiento.

Sanciones económicas: \*

- \* Medidas comerciales. El Grupo de Trabajo discutió detalladamente medidas comerciales contra naciones en incumplimiento. Estas podrían incluir embargos u otras restricciones sobre las importaciones de (por ejemplo) atún, otros productos pesqueros, otros productos marinos, u otros productos.
- \* Se reconoció que la cuestión de medidas de este tipo es altamente delicada que está todavía en desarrollo y para la cual existen pocas pautas en el derecho internacional. El Grupo de Trabajo notó que se está discutiendo el tema en la actualidad en otros foros internacionales. En vista de estas consideraciones, el Grupo de Trabajo acordó que las medidas comerciales deberían ser consideradas más detalladamente por las Partes antes de formar recomendaciones al respecto.
- \* Multas. El Grupo de Trabajo consideró que el PIR debería identificar procedimientos para la imposición de multas, incluyendo la definición del nivel de las multas (que podría basarse en un porcentaje del valor comercial de la captura), y el destino de las multas (por ejemplo, un fondo internacional de fideicomiso), como temas que las Partes deberían discutir. Notó que aparentemente no existe ningún precedente para multas de este tipo.

**B. Opciones de Acción con respecto a Naciones no Partes del Acuerdo**

Acciones diplomáticas:

- \* Representación colectiva a la nación no parte. Esto consistiría de una comunicación procedente de una reunión plenaria de las naciones participantes tras consultas con la nación no parte.
- \* Comunicación diplomática. Cada nación participante, actuando individualmente o en concierto con otras naciones, iniciaría una gestión diplomática a la nación no parte.

Acciones de opinión pública:

- \* Difusión de información sobre el incumplimiento por parte de la nación al público por los medios apropiados, por ejemplo, una rueda de prensa.

Restricciones operacionales:

- \* Restricción de acceso a los puertos y servicios portuarios por barcos atuneros de la nación no parte. El alcance de esta acción tendría que ser determinado por el PIR mediante la definición de un barco atunero, es decir, barcos abarcados por el Acuerdo, u otros barcos atuneros también. Esta acción no debería limitar la libertad de navegación u otros derechos de barcos bajo el derecho internacional, y particularmente se exceptuarían barcos en peligro.
- \* Denegación de apoyo logístico y/o suministros a barcos atuneros de la nación en incumplimiento.

- \* Prohibición a los nacionales de ayudar de cualquier forma a los barcos de la nación no parte faenando en la pesquería.

#### Sanciones económicas

- \* El Grupo de Trabajo notó que sanciones económicas contra naciones no partes dan lugar a las mismas consideraciones arriba detalladas con respecto a la imposición de sanciones sobre las naciones partes del Acuerdo, y notó que la imposición de sanciones de este tipo sobre naciones no partes del Acuerdo comprende consideraciones legales complejas adicionales. El Grupo de Trabajo recomienda que las Partes consideren si sanciones contra naciones no partes son un método apropiado de fomentar el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo y si son consistentes con el derecho internacional.

#### **Anexo VI.**

##### **Acciones fuera del Alcance de la Autoridad del Panel Internacional de Revisión**

1. El tipo de instrumento legal que incorporará los mecanismos de cumplimiento aquí comentados;
2. La identificación de la composición y funciones de las entidades a ser establecidas bajo el Acuerdo;
3. El desarrollo de un mecanismo de resolución de disputas, a incluir consultas, misiones de expertos, etc.;
4. El establecimiento de un mecanismo financiero, como por ejemplo un fideicomiso internacional;
5. Procedimientos para la adhesión al Acuerdo de naciones no partes.

#### **Anexo VII.**

##### **Criterios para la asignación de Límites de Mortalidad de Delfines para 1994**

La Reunión Intergubernamental recomienda que se adopten los criterios siguientes para determinar cuáles barcos serán considerados como calificados para recibir un Límite de Mortalidad de Delfines (LMD) para 1994. La intención de la Reunión al hacer estas recomendaciones es reducir al mínimo posible la asignación de LMD a barcos que no pescarán atunes en el Océano Pacífico oriental (OPO) usando la técnica de lances sobre delfines. Los criterios recomendados por el Panel Internacional de Revisión son:

- a) Se asignarán LMD solamente a barcos faenando bajo bandera de naciones partes del Acuerdo o miembros de la CIAT.
- b) Se asignará un LMD solamente en aquellos casos en que la nación bajo cuya bandera faena el barco certifique que el barco solicitando el LMD esté dotado del equipo adecuado para la pesca sobre delfines estipulado por el Acuerdo y que el capitán y la tripulación hayan recibido la capacitación apropiada en las técnicas de rescate de delfines.
- c) Cada barco que solicite un LMD remitirá a su gobierno una declaración expresando su intención de pescar en el OPO, usando la técnica de lances sobre delfines en por lo menos un viaje de pesca.

- d) Se exigirá de todo barco que no tuvo un LMD para el año previo o que tuvo un LMD pero no pescó en el OPO durante el año previo una "Fianza de Compromiso" en la cantidad de US\$ 250,000<sup>1</sup>. La fianza será perdida si el barco no pesca en el OPO durante el año pesquero para el cual se depositó la fianza. Los ingresos de fianzas perdidas serán usados para apoyar la investigación mediante un mecanismo a determinar. Cualquier barco faenando bajo la bandera de una nación que sea miembro de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT), parte del acuerdo de La Jolla de junio de 1992 y de la Resolución de Vanuatu de junio de 1993, y que al momento de la aprobación de esta última resolución no tenía barcos atuneros cerqueros pescando en el Océano Pacífico oriental, y que pesque por primera vez bajo la bandera de esa nación, estará exento del pago de la fianza antes mencionada. Esta provisión permanecerá en vigencia hasta el 30 de junio de 1995.
- e) Se insta a todas las Partes a no presentar solicitudes de LMD para barcos que la Parte haya determinado no cumplan con las disposiciones ni intenciones del Acuerdo.
- f) Cada barco que solicite un LMD pagará por adelantado a la CIAT la cantidad de US\$ 10.00 por tonelada corta de capacidad para cubrir los gastos del programa de observadores.

Además de los criterios arriba detallados, la Reunión Intergubernamental reconoce que podrían ser necesarios criterios adicionales para resolver la cuestión de LMD solicitados por barcos que pescan en el OPO usando métodos de pesca "sin delfines" exclusivamente. La Reunión acordó que se debería otorgar una alta prioridad a la resolución de esta cuestión en las deliberaciones futuras.

<sup>1</sup>La cifra de US\$250,000 será la cantidad inicial para la fianza y puede ser revisada por futuros acuerdos intergubernamentales que tomen en cuenta estudios adicionales sobre los aspectos prácticos de obtener tales fianzas.

---

#### JOINT DECLARATION

The Governments of Colombia, Costa Rica, Mexico, Panama, Vanuatu, and Venezuela urge the Government of the United States of America to inform the corresponding authorities, including the United States Congress, about the agreements reached in these meetings and previous meetings, and in that sense, we exhort the Government of the United States to take into consideration these achievements, and the success achieved by the International Agreement for the Conservation of Dolphins, created under the framework of the Inter-American Tropical Tuna Commission, to obtain the lifting of the commercial embargoes imposed on tuna under the framework of the Marine Mammal Protection Act.

#### DECLARACION CONJUNTA

Los Gobiernos de Colombia, Costa Rica, México, Panamá, Vanuatu, and Venezuela instan al gobierno de los Estados Unidos a que haga del conocimiento de las autoridades competentes, incluyendo al Congreso estadounidense, sobre los acuerdos alcanzados en estas reuniones y otras anteriores, y en tal sentido exhortamos a que el gobierno estadounidense tome en consideración estos logros, y el éxito alcanzado por el Acuerdo Internacional para la Protección de Delfines, creado bajo el marco de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, para lograr el levantamiento de los embargos comerciales al atún impuestos bajo el marco de la ley de protección de mamíferos marinos.

## APPENDIX 3—ANEXO 3

**RESOLUTIONS PASSED AT INTERGOVERNMENTAL MEETING  
OF OCTOBER 26-27, 1993—  
RESOLUCIONES APROBADAS EN LA REUNION  
INTERGUBERNAMENTAL DEL 26-27 DE OCTUBRE DE 1993**

**RESOLUTION ON DOLPHIN MORTALITY LIMITS FOR 1994**

*Recognizing* the significant progress achieved by the Parties to the 1992 La Jolla Agreement (the Agreement) in reducing dolphin mortalities in the eastern Pacific Ocean (EPO), and in accordance with the decision made by the Parties in Vanuatu in June 1993 to review the schedule for dolphin mortality reductions prescribed in the Agreement,

*The Parties have agreed*, while maintaining the schedule prescribed in the Agreement, to reduce the permissible limit beyond the commitment made in the schedule for the year 1994, by adopting a limit of 9,300 (nine thousand three hundred) for total dolphin mortalities in the EPO in 1994. This represents a reduction of 40 percent from the existing mortality limit of 15,500 (fifteen thousand five hundred). In accordance with this decision, the Parties direct the International Review Panel to assign Dolphin Mortality Limits (DMLs) for 1994 to individual vessels based on the total EPO limit of 9,300.

*Further*, the Parties have agreed that, in each successive year covered by the schedule in the Agreement, they will review the schedule for future years, with the objective of determining whether reductions in that schedule can be achieved.

**RESOLUCION SOBRE LOS LIMITES DE MORTALIDAD DE DELFINES EN 1994**

*Reconociendo* los avances significativos logrados por las Partes del Acuerdo de La Jolla de 1992 (el Acuerdo) en reducir la mortalidad de delfines en el Océano Pacífico oriental (OPO), y de acuerdo con la decisión tomada por las Partes en Vanuatu en junio de 1993 de examinar el programa de reducción de mortalidad de delfines previsto en el Acuerdo,

*Las Partes han acordado*, al mismo tiempo que mantienen el programa previsto en el Acuerdo, reducir el límite permisible más allá del compromiso decidido en el programa para el año 1994, mediante la adopción de un límite de 9,300 (nueve mil trescientos) para la mortalidad total de delfines en el OPO en 1994. Esto representa una reducción de 40 por ciento con respecto al límite existente de 15,500 (quince mil quinientos). En conformidad con esta decisión, las Partes encargan al Panel Internacional de Revisión asignar Límites de Mortalidad de Delfines (LMD) a barcos individuales para 1994 con base en el límite total del OPO de 9,300.

*Además*, las Partes han acordado que, en cada año sucesivo cubierto por el programa en el Acuerdo, examinarán el programa para años futuros, con el objetivo de determinar si son factibles reducciones en dicho programa.

---

**RESOLUTION**

The governments of Colombia, Costa Rica, Mexico, Panama, Vanuatu, and Venezuela, have decided on the following:

"Encourage all Parties to the 1992 La Jolla Intergovernmental Agreement to establish an international standard for labelling tuna and tuna products caught in the eastern Pacific Ocean (EPO) with a label and/or certificate which states "Dolphin Friendly," to be reserved for tuna that is caught by a vessel that has complied with the conditions of the International Dolphin Conservation Program, as documented by an accompanying certificate issued by one of the observer programs recognized by the governments party to the abovementioned Agreement."

**RESOLUCION**

Los gobiernos de Colombia, Costa Rica, México, Panama, Vanuatu, y Venezuela, han decidido lo siguiente:

"Instar a todas las Partes del Acuerdo Intergubernamental de La Jolla de 1992 establecer una norma internacional para etiquetar el atún y sus productos, que sean capturados en el Océano Pacífico oriental (OPO), con una etiqueta y/o certificado que diga "Amigo del Delfín," que será reservada para atún capturado por barcos que hayan cumplido con las disposiciones del Programa Internacional de Protección de Delfines, hecho que documentará un certificado acompañante expedido por uno de los programas de observadores reconocidos por los gobiernos partes del mencionado Acuerdo."

---

**RESOLUTION**

The Parties to the 1992 La Jolla Intergovernmental Agreement express their willingness to hold such consultations and/or extraordinary meetings as may be necessary whenever the individual circumstances and/or positions of the Parties indicate that progress can be achieved in attaining the objectives of the Agreement.

**RESOLUCION**

Las Partes del Acuerdo Intergubernamental de La Jolla de 1992 expresan su disposición para realizar las consultas y reuniones extraordinarias necesarias cuando las circunstancias y/o posiciones individuales de las Partes indiquen que se pueden lograr avances en la consecución de los objetivos del Acuerdo.

APPENDIX 4—ANEXO 4

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

Balance Sheet, September 30, 1993

Balance General, 30 de Septiembre de 1993

<i>Assets—Activo</i>	
Current assets—Activo circulante	
Cash and cash equivalents—Efectivo y equivalentes	\$ 1,197,069
Accounts receivable—Cuentas por cobrar	2,873
Employee advances—Anticipos a los empleados	186,120
Deposits—Depósitos	<u>7,021</u>
Total current assets—Activo total circulante	1,393,083
Real property, at cost—Propiedad raíz, al costo	<u>325,775</u>
	<u>\$ 1,718,858</u>
 <i>Liabilities and fund balances—Pasivo y balances de los fondos</i>	
Current liabilities—Pasivo circulante	
Accounts payable—Cuentas por pagar	70,129
Accrued expenses and other liabilities—Gastos acumulados y otro pasivo	<u>296,988</u>
Total current liabilities—Pasivo total circulante	<u>367,117</u>
Fund balances—Balances de los fondos	
General fund—Fondo general	943,846
Real property fund—Fondo propiedad raíz	325,775
Restricted fund—Fondo restringido	<u>82,120</u>
Total fund balance—Balance totales de los fondos	<u>1,351,741</u>
	<u>\$ 1,718,858</u>

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statements of Revenue and Expenses for the Year Ended September 30, 1993**  
**Declaración de Ingresos y Gastos Correspondiente al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1993**

*Revenue—Ingresos*

Government contributions for joint expenses—Aportes de los gobiernos a los gastos combinados	
United States of America—Estados Unidos de América	\$ 2,734,000
Japan—Japón	253,728
France—Francia	28,453
Panama—Panamá	500
Costa Rica	-
Nicaragua	-
Vanuatu	-
Venezuela	-
	<hr/>
Total government contributions—Total de aportes por los gobiernos	3,016,231
Contract revenue—Ingresos por contrato	705,168
Interest income—Ingresos por interes	37,234
Other revenues—Otros ingresos	31,339
	<hr/>
Total revenues—Ingreso total	3,789,972

*Expenditures—Gastos*

Salaries—Sueldos	1,851,578
Observer costs—Gastos para los observadores	673,205
Contract expenditures—Gastos para los contratos	325,315
Employee benefits—Beneficios laborales	331,516
Materials and supplies—Materiales y suministros	303,816
Travel—Viajes	246,785
Rent and utilities—Alquiler y servicios públicos	91,459
Printing and postage—Imprenta y franqueo	59,070
Insurance and taxes—Seguros e impuestos	25,168
Legal and professional—Legales y profesionales	15,017
Miscellaneous-Misceláneos	17,916
	<hr/>
Total expenditures—Gastos totales	3,940,845
Deficiency of revenues over expenditures—Deficiencia de ingresos sobre gastos	\$ (150,873)

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statements of Changes in Fund Balances for the Year Ended September 30, 1993**  
**Declaración de Cambios en el Balance de los Fondos Correspondiente al**  
**Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1993**

	<u>General fund— Fondo general</u>	<u>Real property fund— Fondo propiedad raíz</u>	<u>Restricted fund— Fondo restringido</u>	<u>Total</u>
Balance at September 30, 1991 Balance hasta el 30 de septiembre de 1991	\$ 520,325	325,775	91,406	937,506
Excess (deficiency) of expenditures over revenues Exceso (deficiencia) de gastos sobre ingresos	<u>574,394</u>	<u>-</u>	<u>(9,286)</u>	<u>565,108</u>
Balance at September 30, 1992 Balance hasta el 30 de septiembre de 1992	1,094,719	325,775	82,120	1,502,614
Deficiency of revenues over expenditures Deficiencia de ingresos sobre gastos	<u>(150,873)</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>(150,873)</u>
Balance at September 30, 1993 Balance al 30 de septiembre de 1993	<u>\$ 943,846</u>	<u>325,775</u>	<u>82,120</u>	<u>1,351,741</u>

**INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION—COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL**  
**Statement of Cash Flow for the Year Ended September 30, 1993**  
**Declaración de Flujo de Fondos Correspondiente al Año Fiscal que Termina el 30 de Septiembre de 1993**

Deficiency of revenues over expenditures—Deficiencia de ingresos sobre gastos	\$ (150,873)
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:	
Decrease in accounts receivable—Reducción de cuentas por cobrar	9,490
Decrease in employee advances—Reducción en anticipos a los empleados	5,163
Decrease in accounts payable—Reducción en cuentas por pagar	(24,007)
Increase in accrued expenses and other liabilities—Aumento de gastos acumulados y otro pasivo	<u>25,949</u>
Net cash provided by operating activities—Efectivo neto proveido por actividades de operación	<u>(134,278)</u>
Cash and cash equivalents at beginning of year—Efectivo y equivalentes al principio de año	<u>1,331,347</u>
Cash and cash equivalents at end of year—Efectivo y equivalentes al fin de año	<u>\$ 1,197,069</u>

## APPENDIX 5—ANEXO 5

CONTRIBUTIONS BY IATTC STAFF MEMBERS PUBLISHED DURING 1993  
CONTRIBUCIONES POR PERSONAL DE CIAT PUBLICADAS DURANTE 1993**Annual report—Informe anual**

1992

**Bulletins—Boletines**

Wexler, Jeanne B. Validation of daily growth increments and estimation of growth rates of larval and early juvenile black skipjack, *Euthynnus lineatus*, using otoliths—Validación de incrementos diarios de crecimiento y estimación de tasas de crecimiento de barriletes negros larvales y juveniles tempranos, *Euthynnus lineatus*, usando otolitos, Vol. 20, No. 7;

Calkins, Thomas P., Mineo Yamaguchi, and Naozumi Miyabe. Some observations on bigeye tuna (*Thunnus obesus*) caught by the surface and longline fisheries for tunas in the eastern Pacific Ocean—Observaciones sobre el atún patudo (*Thunnus obesus*) capturado por las pesquerías atuneras palangrera y de superficie en el Océano Pacífico oriental, Vol. 20, No. 8;

Bayliff, William H. Growth and age composition of northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, caught in the eastern Pacific Ocean, as estimated from length-frequency data, with comments on trans-Pacific migrations—Crecimiento y composición por edad del atún aleta azul del norte, *Thunnus thynnus*, capturado en el Océano Pacífico oriental, estimados a partir de datos de frecuencia de talla, con comentarios sobre migraciones transpacíficas, Vol. 20, No. 9.

**Special Report—Informe Especial**

Bayliff, William H. (compiler). An indexed bibliography of papers on tagging of tunas and billfishes, No. 8. (Funds for printing and distributing this bibliography were obtained from the FAO program, Cooperative Research on Interactions of Pacific Tuna Fisheries.—Los gastos de imprenta y distribución de esta bibliografía fueron sufragados por el programa de la FAO, Investigación Cooperativa de las Interacciones de las Pesquerías Atuneras del Pacífico.)

**Internal Report—Informe Interno**

Bayliff, William H. Abundance of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the eastern Pacific Ocean, No. 23.

**Outside journals—Revistas externas**

Margulies, D. 1993. Assessment of the nutritional condition of larval and early juvenile tuna and Spanish mackerel (Pisces: Scombridae) in the Panama Bight. *Mar. Biol.*, 115 (2): 317-330.

Scott, Michael. 1993. Tracking study of dolphins and tuna. *Tuna Newsletter* (U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Southwest Fish. Sci. Center, La Jolla), 108: 4-5.

Deriso, Richard B. 1993. [letter to the editor]. *Hawaii Fishing News*, January 1993: 27.

Deriso, Richard, and Alejandro Anganuzzi. 1993. [letter to the editor]. *Hawaii Fishing News*, March 1993: 27.

Joseph, James. 1993. Recent trends in the tuna fishery in the eastern Pacific Ocean. *Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Mem.*, 48, Supplement 3: 385-398.

- Joseph, James. 1993. Conclusiones y recomendaciones concernientes a pesca industrial. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Mem., 48, Supplement 3: 535.
- Rensink, Gary M., and Forrest R. Miller. 1993. Summary of the 1992 North Pacific albacore fisheries data. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Admin. Rep., LJ- 93-12: iii, 32 pp.;
- Joseph, J. 1993. An overview of the world fishery for tunas. First East-West Fisheries Conference, St. Petersburg, Russia, May 20-22, 1993 (published by Agri Europe (London) Ltd.): 33-54;
- Anganuzzi, Alejandro A. 1993. A comparison of tests for detecting trends in abundance indices of dolphins. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 91 (2): 183-194;
- Joseph, James. 1993. Man and tunas. Citizen's Marine Summit in Search of the Connection between Human Beings and Marine Life: 33-38.
- Anganuzzi, Alejandro A., and Stephen T. Buckland. 1993. Post-stratification as a bias reduction technique. Jour. Wild. Manag., 57 (4): 827-834.
- Scoles, Daniel R., and John E. Graves. 1993. Genetic analysis of the population structure of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Pacific Ocean. U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull., 91 (4): 690-698.
- Read, A. J., R. S. Wells, A. A. Hohn, and M. D. Scott. 1993. Patterns of growth in wild bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. Jour. Zool. London, 231 ( ): 107-123.
- Hall, M. A., and C. Lennert. 1993. Estimates of incidental mortality of dolphins in the eastern Pacific Ocean tuna fishery in 1991. Inter. Whaling Comm., Rep., 43: 397-399.
- Anganuzzi, A. A., S. T. Buckland, and K. L. Cattanach. 1993. Relative abundance of dolphins associated with tuna in the eastern Pacific Ocean: analysis of 1991 data. Inter. Whaling Comm., Rep., 43: 459-465.
- Dzhozef, Dz. [Joseph, J.], F. F. Litvinov, M. E. Grudtsev, and V. I. Tsukalov. 1993. Promysel tuntsa v vostochnoi chasti Tikhogo okeana [The tuna fishery in the eastern Pacific Ocean]. Rybnoe Khozyaistvo, 6: 36-39.
- Hall, Martín A. 1993. IATTC: watching out for dolphins. The Pilot, No. 8: 8-9.
- Dickson, K. A. 1993. Minimum size for endothermy in tunas [abstract]. Amer. Zool., 33 (5): 41A.